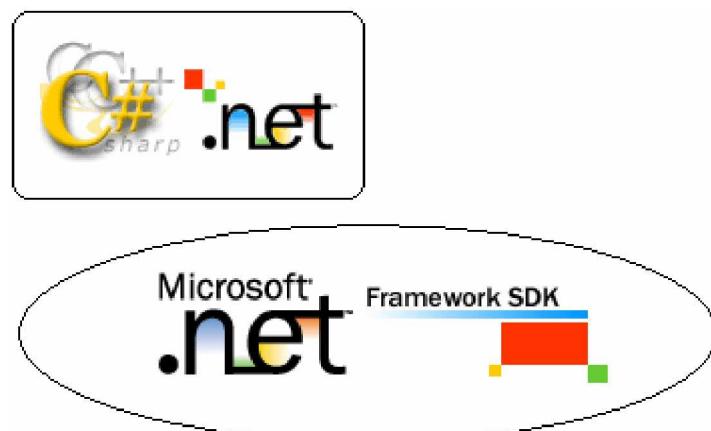




---

# Les premiers pas dans .Net Framework avec le langage C# version 2.0

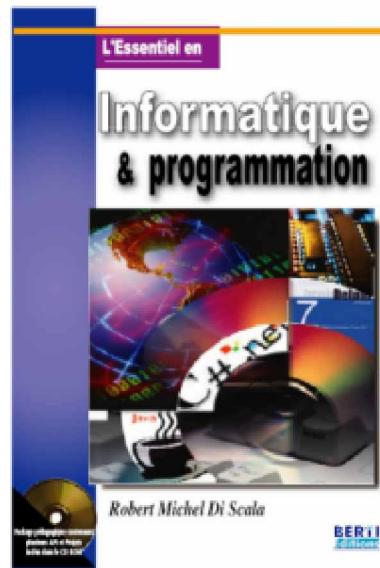


551 pages de cours + 97 pages d'exercices corrigés

Le contenu de ce livre pdf de cours d'initiation à C#, est inclus dans un ouvrage papier de 1372 pages édité en Novembre 2004 par les éditions Berti à Alger.

<http://www.berti-editions.com>

L'ouvrage est accompagné d'un CD-ROM contenant les assistants du package pédagogique.



**Rm di Scala**

Mise à jour du 26.11.05

Pour les mises à jour et les autres cours pdf du même auteur,  
consultez le site suivant : <http://www.discala.net>

# SOMMAIRE

## Types, opérateurs, instructions

Introduction .....	P.3
Les outils élémentaires .....	P.4
Les éléments de base .....	P.12
Les opérateurs + exemples .....	P.22
Les instructions .....	P.36
Les conditions .....	P.41
Les itérations .....	P.47
Les ruptures de séquence .....	P.51
Classes avec méthodes static .....	P.55

## Structures de données de base

Classe String .....	P.72
Tableaux, matrices .....	P.80
Collections, piles, files, listes .....	P.92

## C# est orienté objet

Classes, objets et méthodes .....	P.102
Polymorphisme d'objet .....	P.136
Polymorphisme de méthode .....	P.148
Polymorphisme d'interfaces .....	P.172
Classe de délégation .....	P.196
Traitement des exceptions .....	P.211
Processus et multi-threading .....	P.234

## IHM avec C#

Événements et IHM .....	P.264
Les événements en C # .....	P.288
Propriétés et indexeurs .....	P.307
Fenêtres et ressources mémoires .....	P.332
Contrôles dans les formulaires .....	P.368
Exceptions comparées à Delphi et java .....	P.392
Données simples flux et fichiers .....	P.396
Principes des bases de données relationnelles .....	P.396
ADO données relationnelles de .Net .....	P.458

## Eléments principaux de la version C# 2.0

Les generics .....	P.472
Les types partiels .....	P.483
Les méthodes anonymes .....	P.491

<b>TAD de liste, pile, file et classes génériques</b>	.....	<b>P.502</b>
<b>TAD d'arbre binaire et classes génériques</b>	.....	<b>P.520</b>

<b>Bibliographie</b>	.....	<b>p.551</b>
<b>Exercices</b>	.....	<b>p.552</b>
<b>94 pages d'exercices avec solutions</b>		

*Pour pouvoir s'initier à C# avec ce cours et à peu de frais dans un premier temps, il faut télécharger gratuitement sur le site de Borland, l'environnement Borland studio Delphi 2005 édition personnelle, ou aller sur le site de Microsoft et télécharger gratuitement Visual C# express 2005 bêta2 (qui devrait être bientôt payant)*

### **Remerciements : (pour les corrections d'erreurs)**

*A tous ceux qui m'ont envoyé un petit mail me signalant une erreur, une omission ...*

A mon épouse Dominique pour son soutien et sa patience qui me permettent de consacrer de nombreuses heures à la construction du package et des cours inclus et surtout qui a eu la constance de relire entièrement toutes les pages de l'ouvrage, alors que l'informatique n'est pas sa tasse de thé.

A michel Veuillerot ex-Manager européen Information Technology and Telecom Architecture and Delivery Services chez Eastman Kodak, qui a relu attentivement l'ensemble de l'ouvrage et testé tous les exemples.

### **Remerciements : (diffusion de la connaissance)**

- A l'université de Tours qui supporte et donne accès à la partie Internet du package pédagogique à partir de sa rubrique "cours en ligne", à partir duquel ce document a été élaboré.
- Au club des développeurs francophones qui héberge gratuitement un site miroir du précédent et qui recommande le package pédagogique (<http://rmdiscala.developpez.com/cours/>) à ses visiteurs débutants.

*Cette édition a été optimisée en nombre de pages papier imprimables.*

### **Remerciements : (anticipés)**

Aux lecteurs qui trouveront nécessairement encore des erreurs, des oublis, et autres imperfections et qui voudront bien les signaler à l'auteur afin d'améliorer le cours, e-mail : [csharplivre@discala.net](mailto:csharplivre@discala.net)

**Site de consultation et de téléchargement des autres ouvrages en pdf ( Bases de l'informatique, Java 2 ) :**  
<http://www.discala.net>

# Introduction à



💡 Une stratégie différente de répartition de l'information et de son traitement est proposée depuis 2001 par Microsoft, elle porte le nom de **.NET** (ou en anglais **dot net**). La conception de cette nouvelle architecture s'appuie sur quelques idées fondatrices que nous énonçons ci-dessous :

- ❑ Une disparition progressive des différences entre les applications et l'Internet, les serveurs ne fourniront plus seulement des pages HTML, mais des services à des applications distantes.
- ❑ Les informations au lieu de rester concentrées sur un seul serveur pourront être réparties sur plusieurs machines qui proposeront chacune un service adapté aux informations qu'elles détiennent.
- ❑ A la place d'une seule application, l'utilisateur aura accès à une fédération d'applications distantes ou locales capables de coopérer entre elles pour divers usages de traitement.
- ❑ L'utilisateur n'aurait plus la nécessité d'acheter un logiciel, il louerait plutôt les services d'une action spécifique.
- ❑ Le micro-ordinateur reste l'intermédiaire incontournable de cette stratégie, il dispose en plus de la capacité de terminal intelligent pour consulter et traiter les informations de l'utilisateur à travers Internet où qu'elles se trouvent.
- ❑ Offrir aux développeurs d'applications .NET un vaste ensemble de composants afin de faire de la programmation par composant unifiée au sens des protocoles (comme l'utilisation du protocole SOAP) et diversifiée quant aux lieux où se trouvent les composants.

Afin de mettre en place cette nouvelle stratégie, microsoft procède par étapes. Les fondations de l'architecture .NET sont posées par l'introduction d'un environnement de développement et d'exécution des applications .NET. Cet environnement en version stabilisée depuis 2002 avec une révision majeure en 2005, porte la dénomination de **.NET Framework**, il est distribué gratuitement par microsoft sur toutes les versions de Windows (98, Me,..., Xp,...) et devient dès 2006 une brique de base de Windows.

L'outil Visual Studio .NET contient l'environnement RAD de développement pour l'architecture .NET. Visual Studio .NET permet le développement d'applications classiques Windows ou Internet.

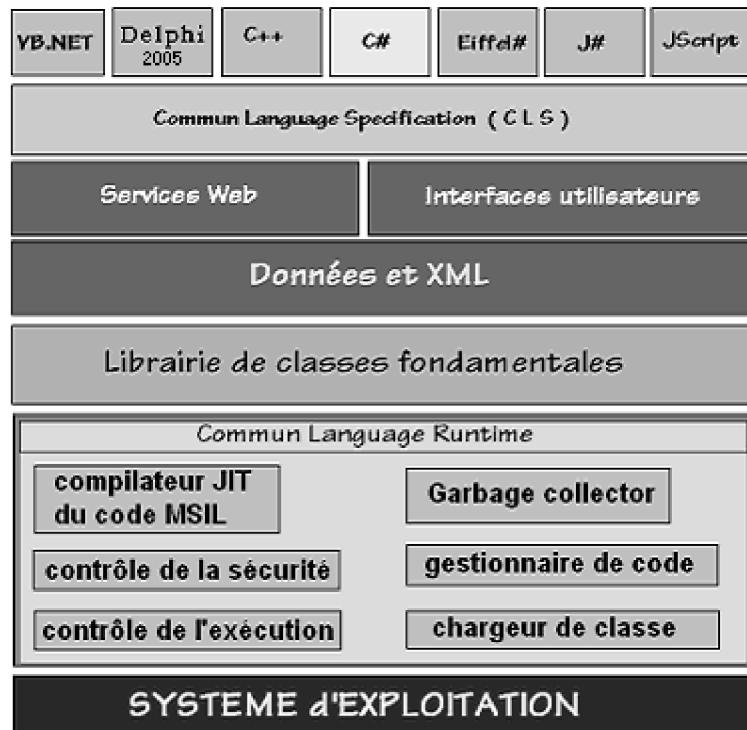
Dans ce document nous comparons souvent C# à ses deux parents Java et Delphi afin d'en signaler les apports et surtout les différences.

# Les outils élémentaires



## 1. La plate forme .NET Framework

Elle comporte plusieurs couches les unes abstraites, les autres en code exécutable :



■ **La première couche** CLS est composée des spécifications communes communes à tous les langages qui veulent produire des applications .NET qui soient exécutables dans cet environnement et les langages eux-même. Le CLS est une sorte de sous-ensemble minimal de spécifications autorisant une interopérabilité complète entre tous les langages de .NET les règles minimales (il y en a en fait 41 ) sont :

- Les langages de ..NET doivent savoir utiliser tous les composants du CLS
- Les langages de .NET peuvent construire de nouvelles classes, de nouveaux composants conformes au CLS



Le C# est le langage de base de .NET, il correspond à une synthèse entre Delphi et Java (le concepteur principal de .NET, et de C# est l'ancien chef de projet Turbo pascal puis Delphi de Borland).

Afin de rendre Visual Basic interopérable sur .NET, il a été entièrement reconstruit par microsoft et devient un langage orienté objet dénommé VB.NET.

■ **La seconde couche** est un ensemble de composants graphiques disponibles dans Visual Studio .NET qui permettent de construire des interfaces homme-machine orientées Web (services Web) ou bien orientées applications classiques avec IHM.



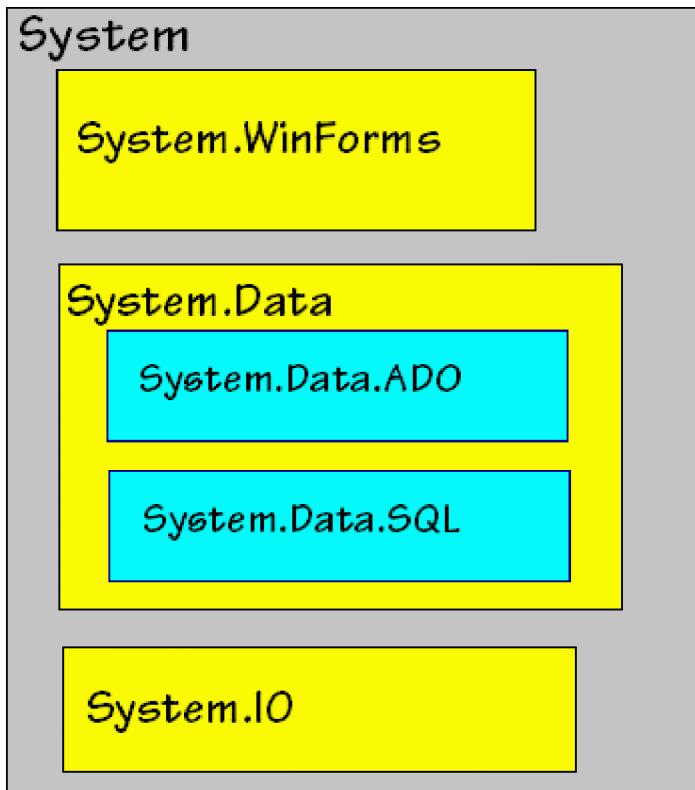
Les données sont accédées dans le cas des services Web à travers les protocoles qui sont des standards de l'industrie : HTTP, XML et SOAP.

■ **La troisième couche** est constituée d'une vaste librairie de plusieurs centaines de classes :

Librairie de classes fondamentales

Toutes ces classes sont accessibles telles quelles à tous les langages de .NET et cette librairie peut être étendue par adjonction de nouvelles classes. Cette librairie a la même fonction que la bibliothèque des classes de Java.

La librairie de classe de **.NET Framework** est organisée en nom d'espace hiérarchisés, exemple ci-dessous de quelques espaces de nom de la hiérarchie System :



Un nom complet de classe comporte le "chemin" hiérarchique de son espace de nom et se termine par le nom de la classe exemples :

- La classe **DataSet** qui se trouve dans l'espace de noms "**System.Data.ADO**" se déclare comme "**System.Data.ADO.Dataset**".
- La classe **Console** qui se trouve dans l'espace de noms "**System**" se déclare comme "**System.Console**".

⌚ **La quatrième couche** forme l'environnement d'exécution commun (**CLR** ou **Common Language Runtime**) de tous les programmes s'exécutant dans l'environnement .NET. Le **CLR** exécute un bytecode écrit dans un langage intermédiaire (**MSIL** ou **MicroSoft Intermediate Language**)

Rappelons qu'un ordinateur ne sait exécuter que des programmes écrits en instructions machines compréhensibles par son processeur central. C# comme pascal, C etc... fait partie de la famille des langages évolués (ou langages de haut niveau) qui ne sont pas compréhensibles immédiatement par le processeur de l'ordinateur. Il est donc nécessaire d'effectuer une "**traduction**" d'un programme écrit en langage évolué afin que le processeur puisse l'exécuter.

Les deux voies utilisées pour exécuter un programme évolué sont la **compilation** ou **l'interprétation** :

**Un compilateur du langage X pour un processeur P, est un logiciel qui traduit un programme source écrit en X en un programme cible écrit en instructions machines exécutables par le processeur P.**

**Un interpréteur du langage X pour le processeur P, est un logiciel qui ne produit pas de programme cible mais qui effectue lui-même immédiatement les opérations spécifiées par le programme source.**

### *Un compromis assurant la portabilité d'un langage : une pseudo-machine*

Lorsque le processeur P n'est pas une machine qui existe physiquement mais un logiciel simulant (ou interprétant) une machine on appelle cette machine **pseudo-machine** ou **p-machine**. Le programme source est alors traduit par le compilateur en **instructions de la pseudo-machine** et se dénomme **pseudo-code**. La p-machine standard peut ainsi être implantée dans n'importe quel ordinateur physique à travers un logiciel qui simule son comportement; un tel logiciel est appelé **interpréteur de la p-machine**.

La première p-machine d'un langage évolué a été construite pour le langage **pascal** assurant ainsi une large diffusion de ce langage et de sa version UCSD dans la mesure où le seul effort d'implementation pour un ordinateur donné était d'écrire l'interpréteur de p-machine pascal, le reste de l'environnement de développement (éditeurs, compilateurs,...) étant écrit en pascal était fourni et fonctionnait dès que la p-machine était opérationnelle sur la plate-forme cible.

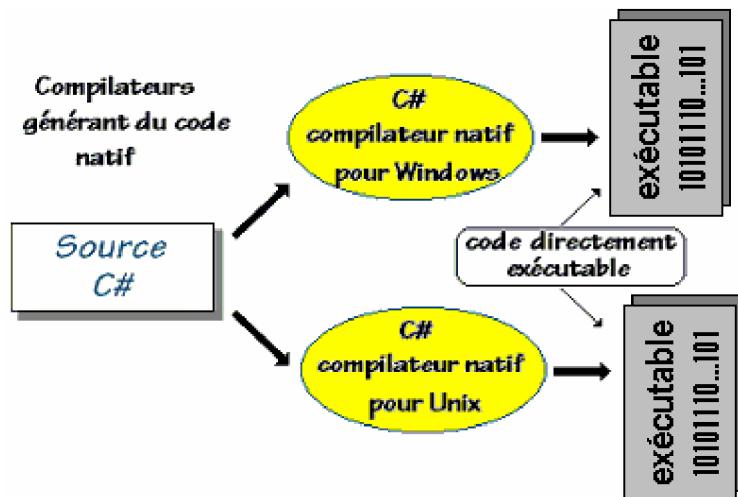
**Donc dans le cas d'une p-machine le programme source est compilé, mais le programme cible est exécuté par l'interpréteur de la p-machine.**

Beaucoup de langages possèdent pour une plate-forme fixée des interpréteurs ou des compilateurs, moins possèdent une p-machine, Java de Sun est l'un de ces langages. Tous les langages de la plateforme .NET fonctionnent selon ce principe, **C# conçu par microsoft en est le dernier**, un programme C# compilé en p-code, s'exécute sur la p-machine virtuelle incluse dans le CLR.

Nous décrivons ci-dessous le mode opératoire en C#.

## **Compilation native**

La compilation native consiste en la traduction du source C# (éventuellement préalablement traduit instantanément en code intermédiaire) en langage binaire exécutable sur la plate-forme concernée. Ce genre de compilation est équivalent à n'importe quelle compilation d'un langage dépendant de la plate-forme, **l'avantage est la rapidité d'exécution des instructions machines par le processeur central**. La stratégie de développement multi-plateforme de .Net, fait que Microsoft ne fournit pas pour l'instant, de compilateur C# natif, il faut aller voir sur le net les entreprises vendant ce type de produit.



Programme source C# : xxx.cs

Programme exécutable sous Windows : xxx.exe (code natif processeur)

## Bytecode ou langage intermédiaire

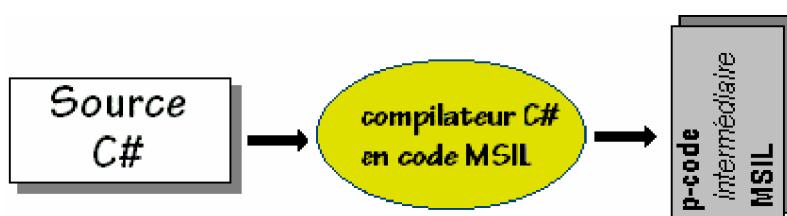
La compilation en bytecode (ou pseudo-code ou p-code ou code intermédiaire) est semblable à l'idée du p-code de N.Wirth pour obtenir un portage multi plate-formes du pascal. Le compilateur C# de **.NET Framework** traduit le programme source xxx.cs en un code intermédiaire indépendant de toute machine physique et non exécutable directement, le fichier obtenu se dénomme PE (portable executable) et prend la forme : xxx.exe.

Seule une p-machine (dénommée **machine virtuelle .NET**) est capable d'exécuter ce bytecode. Le bytecode est aussi dénommé **MSIL**. En fait le bytecode MSIL est pris en charge par le CLR et n'est pas interprété par celui-ci mais traduit en code natif du processeur et exécuté par le processeur sous contrôle du CLR..

## ATTENTION

Bien que se terminant par le suffixe **exe**, un programme issu d'une compilation sous **.NET** n'est pas un exécutable en code natif, mais un bytecode en **MSIL**; ce qui veut dire que **vous ne pourrez pas faire exécuter directement** sur un ordinateur qui n'aurait pas la machine virtuelle **.NET**, un programme **PE "xxx.exe"** ainsi construit .

Ci-dessous le schéma d'un programme source **Exemple.cs** traduit par le compilateur C# sous **.NET** en un programme cible écrit en bytecode nommé **Exemple.exe**



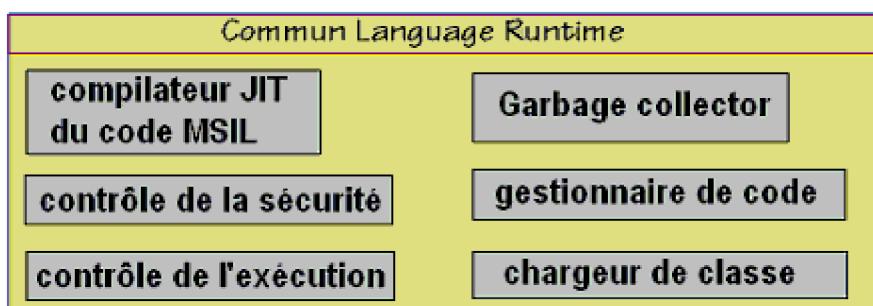
Programme source C# : Exemple.cs

Programme exécutable sous .NET : Exemple.exe (code portable IL)

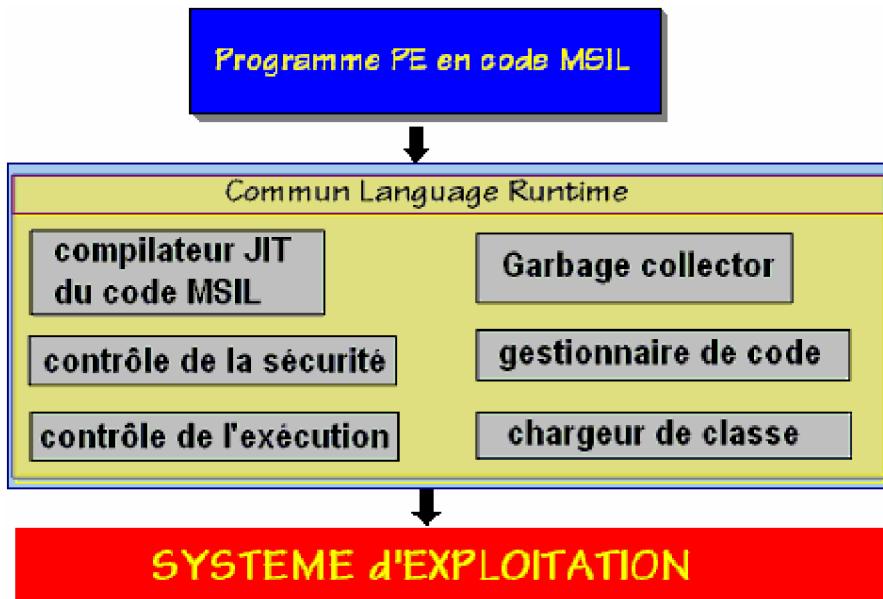
## 2. L'environnement d'exécution du CLR

Rappelons que le **CLR** (Common Language Runtime) est un environnement complet d'exécution semblable au JRE de Sun pour Java, il est indépendant de l'architecture machine sous-jacente. Le **CLR** prend en charge essentiellement :

- le chargement des classes,
- les vérifications de types,
- la gestion de la mémoire, des exceptions, de la sécurité,
- la traduction à la volée du code MSIL en code natif (compilateur interne JIT),
- à travers le CTS (Common Type System) qui implémente le CLS (Common Language Specification), le CLR assure la sécurité de compatibilité des types connus mais syntaxiquement différents selon les langages utilisés.



Une fois le programme source C# traduit en bytecode **MSIL**, la machine virtuelle du **CLR** se charge de l'exécuter sur la machine physique à travers son système d'exploitation (Windows, Unix,...)



Le CLR intégré dans l'environnement .NET est distribué gratuitement.

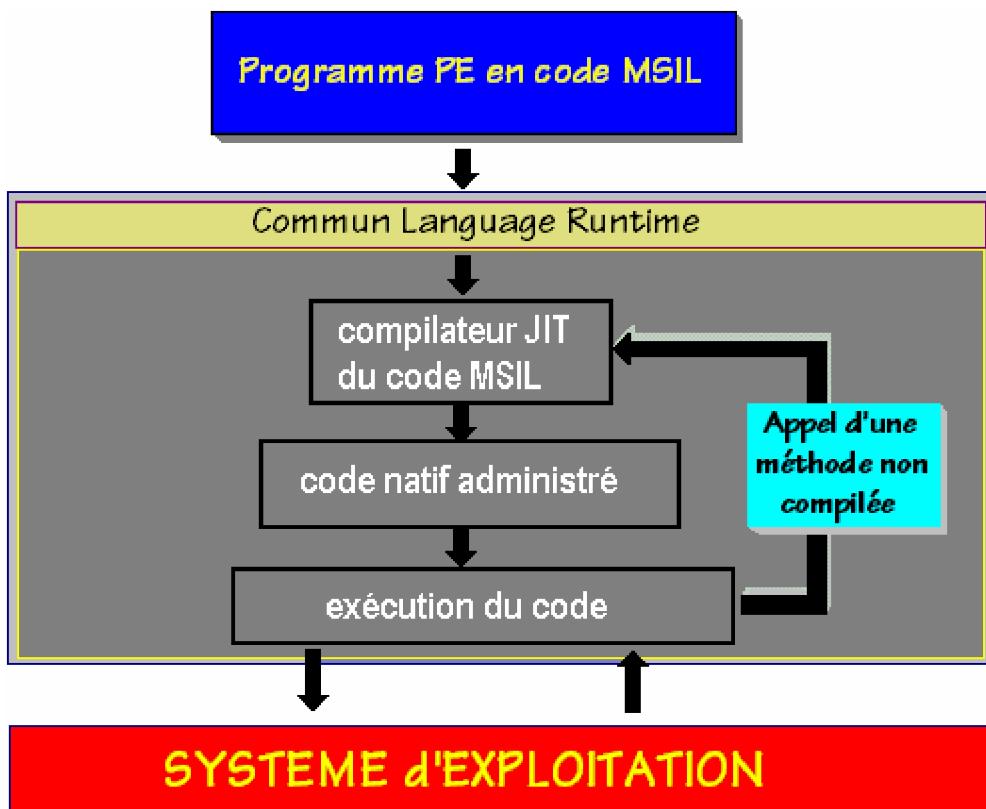
## La compilation JIT progressive

L'interprétation et l'exécution du bytecode ligne par ligne pourrait prendre beaucoup de temps et cela a été semble-t-il le souci de microsoft qui a adopté une stratégie d'optimisation de la vitesse d'exécution du code MSIL en utilisant la technique **Just-in-time**.

**JIT (Just-in-time)** est une technique de **traduction dynamique durant l'interprétation**. La machine virtuelle CLR contient un compilateur optimiseur qui **recompile localement le bytecode MSIL** afin de n'avoir plus qu'à faire exécuter des instructions machines de base. Le compilateur **JIT** du CLR compile une méthode en code natif dès qu'elle est appelée dans le code MSIL, le processus recommence à chaque fois qu'un appel de méthode a lieu sur une méthode non déjà compilée en code natif.

On peut mentalement considérer qu'avec cette technique vous obtenez un programme C# cible compilé en deux passages :

- le premier passage est dû à l'utilisation du compilateur C# produisant exécutable portable ( **PE** ) en bytecode **MSIL**,
- le second passage étant le compilateur **JIT** lui-même qui optimise et traduit localement à la volée et à chaque appel de méthode, le bytecode **MSIL** en instructions du processeur de la plate-forme. Ce qui donne au bout d'un temps très bref, un code totalement traduit en instruction du processeur de la plateforme, selon le schéma ci-après :



## La compilation AOT

Toujours à des fins d'optimisation de la vitesse d'exécution du code MSIL, la technique **AOT** **Ahead-Of-Time** est employée dans les versions récentes de .Net depuis 2005.

**AOT** (*ahead-of-time*) est une technique de **compilation locale de tout le bytecode MSIL** avant exécution (semblable à la compilation native). Le compilateur AOT du CLR compile, avant une quelconque exécution et en une seule fois, toutes les lignes de code MSIL et génère des images d'exécutables à destination du CLR.

# Les éléments de base



Tout est objet dans C#, en outre C# est un langage fortement typé. Comme en Delphi et en Java vous devez déclarer un objet C# ou une variable C# avec son type avant de l'utiliser. C# dispose de **types valeurs intrinsèques** qui sont définis à partir des types de base du CLS (Common Language Specification).

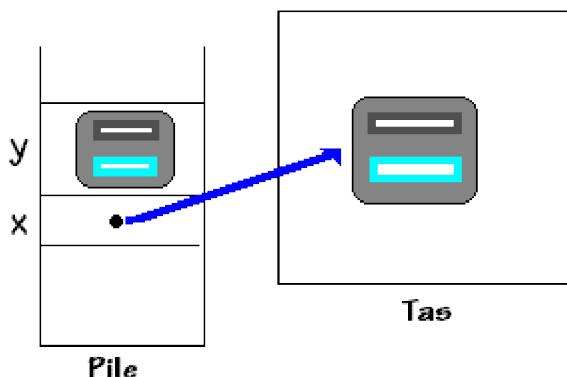
## 1. Les types valeurs du CLS dans .NET Framework

### Struct

Les classes encapsulant les types élémentaires dans **.NET Framework** sont des classes de **type valeur** du genre **structures**. Dans le CLS une classe de **type valeur** est telle que les allocations d'objets de cette classe se font directement dans la pile et non dans le tas, il n'y a donc pas de référence pour un objet de **type valeur** et lorsqu'un objet de type valeur est passé comme paramètre il est **passé par valeur**.

Dans **.NET Framework** les classes-structures de **type valeur** sont déclarées comme structures et ne sont pas dérivables, les classes de type référence sont déclarées comme des classes classiques et sont dérivables.

Afin d'éclairer le lecteur prenons par exemple un objet x instancié à partir d'une classe de type référence et un objet y instancié à partir d'un classe de type valeur contenant les mêmes membres que la classe par référence. Ci-dessous le schéma d'allocation de chacun des deux objets :



En C# on aurait le genre de syntaxe suivant :

<b>Déclaration de classe-structure :</b>	<b>instanciation :</b>
<pre>struct StructAmoi {     int b;     void meth(int a){         b = 1000+a;     } }</pre>	<pre>StructAmoi y = new StructAmoi();</pre>
<b>Déclaration de classe :</b>	<b>instanciation :</b>
<pre>class ClassAmoi {     int b;     void meth(int a) {         b = 1000+a;     } }</pre>	<pre>ClassAmoi x = new ClassAmoi();</pre>

Les classes-structures de **type valeur** peuvent comme les autres classes posséder un constructeur explicite, qui comme pour toute classe C# doit porter le même nom que celui de la classe-structure.

Exemple ci-dessous d'une classe-structure dénommée Menulang:

```
public struct Menulang
{
    public String MenuTexte;
    public String Filtre;
    public Menulang(String M, String s)
    {
        MenuTexte = M;
        Filtre = s;
    }
}
```

On instancie alors un objet de type valeur comme un objet de type référence.

En reprenant l'exemple de la classe précédente on instancie et on utilise un objet Rec :

```
Menulang Rec = new Menulang( Nomlang , FiltreLang );
Rec.MenuTexte = "Entrez" ;
Rec.Filtre = "*.*" ;
```

<i>Classe-structure</i>	<i>intervalle de variation</i>	<i>nombre de bits</i>
<b>Boolean</b>	<b>false , true</b>	1 bit

<b>SByte</b>	octet signé -128 ... +127	8 bits
<b>Byte</b>	octet non signé 0 ... 255	8 bits
<b>Char</b>	caractères unicode (valeurs de 0 à 65535)	16 bits
<b>Double</b>	Virgule flottante double précision ~ 15 décimales	64 bits
<b>Single</b>	Virgule flottante simple précision ~ 7 décimales	32 bits
<b>Int16</b>	entier signé court [ -2 <sup>15</sup> ... +2 <sup>15</sup> -1 ]	16 bits
<b>Int32</b>	entier signé [ -2 <sup>31</sup> ... +2 <sup>31</sup> -1 ]	32 bits
<b>Int64</b>	entier signé long [ -2 <sup>63</sup> ... +2 <sup>63</sup> -1 ]	64 bits
<b>UInt16</b>	entier non signé court 0...2 <sup>16</sup> -1	16 bits
<b>UInt32</b>	entier non signé 0...2 <sup>32</sup> -1	32 bits
<b>UInt64</b>	entier non signé long 0...2 <sup>64</sup> -1	64 bits
<b>Decimal</b>	réel = entier* 10 <sup>n</sup> (au maximum 28 décimales exactes)	128 bits

### Compatibilité des types de .NET Framework

Le type **System.Int32** qui le [type valeur](#) entier signé sur 32 bits dans le CLS.

Voici selon 4 langages de **.NET Framework** ( VB, C#, C++, J# ) la déclaration syntaxique du type **Int32** :

[Visual Basic]

**Public Structure** Int32

**Implements** IComparable, IFormattable, IConvertible

[C#]

**public struct** Int32 : IComparable, IFormattable, IConvertible

[C++]

**public \_\_value struct** Int32 : **public** IComparable, IFormattable,  
IConvertible

[J#]

**public class** Int32 **extends** System.ValueType **implements** System.IComparable,  
System.IFormattable, System.IConvertible

Les trois premières déclarations comportent syntaxiquement le mot clef **struct ou Structure**

indiquant le mode de gestion **par valeur** donc sur la pile des objets de ce type. La dernière déclaration en J# compatible syntaxiquement avec Java, utilise une classe qui gère ses objets **par référence** dans le tas. C'est le CLR qui va se charger de maintenir une cohérence interne entre ces différentes variantes; ici on peut raisonnablement supposer que grâce au mécanisme d'emboîtage (Boxing) le CLR allouera un objet par référence encapsulant l'objet par valeur, mais cet objet encapsulé sera marqué comme objet-valeur.

## enum

Un type **enum** est un type valeur qui permet de déclarer un ensemble de constantes de base comme en pascal. En C#, chaque énumération de type **enum**, possède un type sous-jacent, qui peut être de n'importe quel type entier : byte, sbyte, short, ushort, int, uint, long ou ulong.

Le type **int** est le type sous-jacent par défaut des éléments de l'énumération. Par défaut, le premier énumérateur a la valeur 0, et l'énumérateur de rang **n** a la valeur **n-1**.

Soit par exemple un type énuméré **jour** :

```
enum jour { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche}  
par défaut : rang de lundi=0, rang de mardi=1, ... , rang de dimanche=6
```

1°) Il est possible de déclarer classiquement une variable du type **jour** comme un objet de type **jour**, de l'instancier et de l'affecter :

```
jour unJour = new jour ();  
unJour = jour.lundi ;  
int rang = (int)unJour; // rang de la constante dans le type énuméré  
System.Console.WriteLine("unJour = "+unJour.ToString()+" , place = "+rang);
```

*Résultat de ces 3 lignes de code affiché sur la console :*  
**unJour = lundi , place = 0**

2°) Il est possible de déclarer d'une manière plus courte la même variable du type **jour** et de l'affecter :

```
jour unJour ;  
unJour = jour.lundi ;  
  
int rang = (int)unJour;  
System.Console.WriteLine("unJour = "+unJour.ToString()+" , place = "+rang);
```

*Résultat de ces 3 lignes de code affiché sur la console :*  
**unJour = lundi , place = 0**

### Remarque

C# accepte que des énumérations aient des noms de constantes d'énumérations identiques :

```
enum jour { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche}
enum weekEnd { vendredi, samedi, dimanche}
```

Dans cette éventualité faire attention, la comparaison de deux variables de deux types différents, affectées chacune à une valeur de constante identique dans les deux types, ne conduit pas à l'égalité de ces variables (c'est en fait le rang dans le type énuméré qui est testé). L'exemple ci-dessous illustre cette remarque :

```
enum jour { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche}
enum weekEnd { vendredi, samedi, dimanche}
jour unJour ;
weekEnd repos ;
unJour = jour.samedi ;
repos = weekEnd.samedi;
if (jour)repos == unJour ) // il faut transtyper l'un des deux si l'on veut les comparer
    System.Console.WriteLine("Le même jour");
else
    System.Console.WriteLine("Jours différents");
```

*Résultat de ces lignes de code affiché sur la console :*

Jours différents

## 2. Syntaxe des types valeurs de C# et transtypage

Les types servent à déterminer la nature du contenu d'une variable, du résultat d'une opération, d'un retour de résultat de fonction.

Ci-dessous le tableau de correspondance syntaxique entre les types élémentaires du C# et les classes de .NET Framework (table appelée aussi, table des alias) :

<i>Types valeurs C#</i>	<i>Classe-structure de .NET Framework</i>	<i>nombre de bits</i>
<b>bool</b>	Boolean	1 bit
<b>sbyte</b>	SByte	8 bits
<b>byte</b>	Byte	8 bits

<b>char</b>	Char	16 bits
<b>double</b>	Double	64 bits
<b>float</b>	Single	32 bits
<b>short</b>	Int16	16 bits
<b>int</b>	Int32	32 bits
<b>long</b>	Int64	64 bits
<b>ushort</b>	UInt16	16 bits
<b>uint</b>	UInt32	32 bits
<b>ulong</b>	UInt64	64 bits
<b>decimal</b>	Decimal	128 bits

Rappelons qu'en C# toute variable qui sert de conteneur à une valeur d'un type élémentaire précis doit préalablement avoir été déclarée sous ce type.

### Remarque importante

**Une variable de type élémentaire en C# est (pour des raisons de compatibilité CLS) automatiquement un objet de type valeur (Par exemple une variable de type **float** peut être considérée comme un objet de classe **Single**).**

Il est possible d'indiquer au compilateur le type d'une valeur numérique en utilisant un suffixe :

- **I** ou **L** pour désigner un entier du type long
- **f** ou **F** pour désigner un réel du type float
- **d** ou **D** pour désigner un réel du type double
- **m** ou **M** pour désigner un réel du type decimal

*Exemples :*

45I ou 45L représente la valeur 45 en entier signé sur 64 bits.  
 45f ou 45F représente la valeur 45 en virgule flottante simple précision sur 32 bits.  
 45d ou 45D représente la valeur 45 en virgule flottante double précision sur 64 bits.

5.27e-2f ou 5.27e-2F représente la valeur 0.0527 en virgule flottante simple précision sur 32 bits.

## Transtypage opérateur ( )

Les conversions de type en C# sont identiques pour les types numériques aux conversions utilisées dans un langage fortement typé comme Delphi par exemple. Toutefois C# pratique la **conversion implicite** lorsque celle-ci est possible. Si vous voulez malgré tout, convertir explicitement une valeur immédiate ou une valeur contenue dans une variable il faut utiliser l'opérateur de transtypage noté ( ). Nous nous sommes déjà servi de la fonctionnalité de transtypage explicite au paragraphe précédent dans l'instruction : **int rang = (int)unJour;** et dans l'instruction **if (jour)repos == unJour ...**

### Transtypage implicite en C# :

- **int n = 1234;**
- **float x1 = n ;**
- **double x2 = n ;**
- **double x3 = x1 ;**
- **long p = n ;**
- .....

### Transtypage explicite en C# :

**int x;**

x = (**int**) y ; signifie que vous demandez de **transtyper** la valeur contenue dans la variable y en un entier signé 32 bits avant de la mettre dans la variable x.

- Tous les types élémentaires peuvent être transtypés à l'exception du type **bool** qui ne peut pas être converti en un autre type (différence avec le C).
- Les conversions peuvent être restrictives quant au résultat; par exemple le transtypage du réel 5.27e-2 en entier ( x = (**int**)5.27e-2) mettra l'entier zéro dans x.

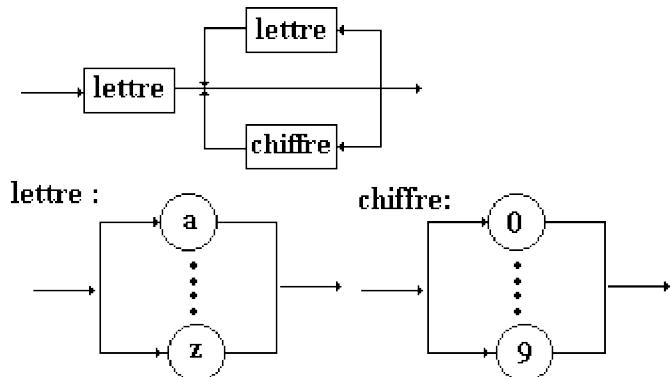
## 3. Variables, valeurs, constantes en C#

Comme en Java, une variable C# peut contenir soit une valeur d'un type élémentaire, soit une référence à un objet. Les variables jouent le même rôle que dans les langages de programmation classiques impératifs, leur visibilité est étudié dans le prochain chapitre.

Les identificateurs de variables en C# se décrivent comme ceux de tous les langages de

programmation :

## Identificateur C# :



Attention C# fait une différence entre majuscules et minuscules, c'est à dire que la variable **BonJour** n'est pas la même que la variable **bonjour** ou encore la variable **Bonjour**. En plus des lettres, les caractères suivants sont autorisés pour construire une identificateur C# : "\$" , "\_" , "μ" et les lettres accentuées.

### Exemples de déclaration de variables :

```
int Bonjour ; int μEnumération_fin$;  
float Valeur ;  
char UnCar ;  
bool Test ;
```

etc ...

Exemples d'affectation de valeurs à ces variables :

Affectation	Déclaration avec initialisation
Bonjour = 2587 ; Valeur = -123.5687 UnCar = 'K' ; Test = false ;	int Bonjour = 2587 ; float Valeur = -123.5687 char UnCar = 'K' ; bool Test = false ;

### Exemple avec transtypage :

```
int Valeur ;  
char car = '8' ;  
Valeur = (int)car - (int)'0';
```

#### fonctionnement de l'exemple :

Lorsque la variable **car** est l'un des caractères '0', '1', ... , '9', la variable **Valeur** est égale à la valeur numérique associée (il s'agit d'une conversion **car** = '0' ---> **Valeur** = 0, **car** = '1' ---> **Valeur** = 1, ...)

, car = '9' ---> Valeur = 9).

## Les constantes en C#

C# dispose de deux mots clefs pour qualifier des variables dont le contenu ne peut pas être modifié : **const** et **readonly** sont des qualificateurs de déclaration qui se rajoutent devant les autres qualificateurs de déclaration..

- Les constantes qualifiées par **const** doivent être initialisées lors de leur déclaration. Une **variable membre de classe** ou une **variable locale** à une méthode peut être qualifiée en constante **const**. Lorsque de telles variables sont déclarées comme variables membre de classe, elles sont considérées comme des **variables de classe statiques** :

- **const int x ;** // erreur , le compilateur n'accepte pas une constante non initialisée.
- **const int x = 1000 ;** // x est déclarée comme constante entière initialisée à 1000.
- **x = 8 ;** <----- provoquera une erreur de compilation interdisant la modification de la valeur de x.

- Les constantes qualifiées par **readonly** sont uniquement des **variables membre de classes**, elles peuvent être initialisées dans le constructeur de la classe (et uniquement dans le constructeur) :

- **readonly int x ;** // correct.
- **readonly int x = 100 ;** // correct.

-Rappelons enfin pour mémoire les constantes de base d'un type énuméré ( cf. enum )

## Base de représentation des entiers

C# peut représenter les entiers dans 2 bases de numération différentes : décimale (base 10), hexadécimale (base 16). La détermination de la base de représentation d'une valeur est d'ordre syntaxique grâce à un préfixe :

- pas de préfixe ----> base = 10 **décimal**.
- préfixe **0x** ----> base = 16 **hexadécimal**

# Les opérateurs



## 1. Priorité d'opérateurs en C#

Les opérateurs du C# sont très semblables à ceux de Java et donc de C++, ils sont détaillés par famille, plus loin . Ils sont utilisés comme dans tous les langages impératifs pour **manipuler**, **séparer**, **comparer** ou **stocker** des valeurs. Les opérateurs ont soit un seul opérande, soit deux opérandes, il n'existe en C# qu'un seul opérateur à trois opérandes (comme en Java) l'opérateur conditionnel " **? :** ".

Dans le tableau ci-dessous les opérateurs de C# sont classés par ordre de priorité croissante (0 est le plus haut niveau, 13 le plus bas niveau). Ceci sert lorsqu'une expression contient plusieurs opérateurs à **indiquer l'ordre dans lequel s'effectueront les opérations**.

- Par exemple sur les entiers l'expression `2+3*4` vaut 14 car l'opérateur `*` est plus prioritaire que l'opérateur `+`, donc l'opérateur `*` est effectué en premier.
- Lorsqu'une expression contient des opérateurs de **même priorité alors C# effectue les évaluations de gauche à droite**. Par exemple l'expression `12/3*2` vaut 8 car C# effectue le parenthésage automatique de gauche à droite `((12/3)*2)`.

## Tableau général de toutes les priorités

priorité	tous les opérateurs de C#
0	<code>() [ ] . new</code>
1	<code>! ~ ++ --</code>
2	<code>* / %</code>
3	<code>+ -</code>
4	<code>&lt;&lt; &gt;&gt;</code>
5	<code>&lt; &lt;= &gt; &gt;= is</code>

6	<code>== !=</code>
7	<code>&amp;</code>
8	<code>^</code>
9	<code> </code>
10	<code>&amp;&amp;</code>
11	<code>  </code>
12	<code>? :</code>
13	<code>= *= /= %= += -= ^= &amp;= &lt;&lt;= &gt;&gt;= &gt;&gt;&gt;=  =</code>

## 2. Les opérateurs arithmétiques en C#

Les opérateurs d'affectation seront mentionnés plus loin comme cas particulier de l'instruction d'affectation.

*opérateurs travaillant avec des opérandes à valeur immédiate ou variable*

Opérateur	priorité	action	exemples
<code>+</code>	1	signe positif	<code>+a; +(a-b); +7</code> (unaire)
<code>-</code>	1	signe négatif	<code>-a; -(a-b); -7</code> (unaire)
<code>*</code>	2	multiplication	<code>5*4; 12.7*(-8.31); 5*2.6</code>
<code>/</code>	2	division	<code>5 / 2; 5.0 / 2; 5.0 / 2.0</code>
<code>%</code>	2	reste	<code>5 % 2; 5.0 % 2; 5.0 % 2.0</code>
<code>+</code>	3	addition	<code>a+b; -8.53 + 10; 2+3</code>
<code>-</code>	3	soustraction	<code>a-b; -8.53 - 10; 2-3</code>

Ces opérateurs sont binaires (à deux opérandes) exceptés les opérateurs de signe positif ou négatif. Ils travaillent tous avec des opérandes de types entiers ou réels. Le résultat de l'opération est converti automatiquement en valeur du type des opérandes.

L'opérateur " `%` " de reste n'est intéressant que pour des calculs sur les entiers longs, courts, signés ou non signés : il renvoie le reste de la division euclidienne de 2 entiers.

*Exemples d'utilisation de l'opérateur de division selon les types des opérandes et du résultat :*

programme C#	résultat obtenu	commentaire
<code>int x = 5 , y ;</code>	<code>x = 5 , y =???</code>	<i>déclaration</i>
<code>float a , b = 5 ;</code>	<code>b = 5 , a =???</code>	<i>déclaration</i>
<code>y = x / 2 ;</code>	<code>y = 2 // type int</code>	<code>int x et int 2</code> <code>résultat : int</code>
<code>y = b / 2 ;</code>	<i>erreur de conversion : interdit</i>	<i>conversion implicite impossible (float b --&gt; int y)</i>
<code>y = b / 2.0 ;</code>	<i>erreur de conversion: interdit</i>	<i>conversion implicite impossible (float b --&gt; int y)</i>
<code>a = b / 2 ;</code>	<code>a = 2.5 // type float</code>	<code>float b et int 2</code> <code>résultat : float</code>
<code>a = x / 2 ;</code>	<code>a = 2.0 // type float</code>	<code>int x et int 2</code> <code>résultat : int</code> <i>conversion automatique int 2 --&gt; float 2.0</i>
<code>a = x / 2f ;</code>	<code>a = 2.5 // type float</code>	<code>int x et float 2f</code> <code>résultat : float</code>

Pour l'instruction précédente " `y = b / 2` " engendrant une erreur de conversion voici deux corrections possibles utilisant le transtypage explicite :

`y = (int)b / 2 ; // b est converti en int avant la division qui s'effectue sur deux int.`  
`y = (int)(b / 2) ; // c'est le résultat de la division qui est converti en int.`

#### *opérateurs travaillant avec une **unique** variable comme opérande*

Opérateur	priorité	action	exemples
<code>++</code>	1	post ou pré incréméntation : incrément de 1 son opérande numérique : short, int, long, char, float, double.	<code>++a; a++;</code> (unaire)
<code>--</code>	1	post ou pré décréméntation : décrément de 1 son opérande numérique : short, int, long, char, float, double.	<code>--a; a--;</code> (unaire)

L'objectif de ces opérateurs est l'optimisation de la vitesse d'exécution du bytecode MSIL dans le CLR (cette optimisation n'est pas effective dans la version actuelle du MSIL) mais surtout la reprise syntaxique aisée de code source Java et C++.

## **post-incrémentation : k++**

la valeur de k est d'abord utilisée telle quelle dans l'instruction, puis elle est augmentée de un à la fin. Etudiez bien les exemples ci-après qui vont vous permettre de bien comprendre le fonctionnement de cet opérateur.

Nous avons mis à côté de l'instruction C# les résultats des contenus des variables après exécution de l'instruction de déclaration et de la post incrémentation.

### **Exemple 1 :**

<b>int k = 5 , n ;</b> <b>n = k++ ;</b>	<b>n = 5</b>	<b>k = 6</b>
--	--------------	--------------

### **Exemple 2 :**

<b>int k = 5 , n ;</b> <b>n = k++ - k ;</b>	<b>n = -1</b>	<b>k = 6</b>
--	---------------	--------------

Dans l'instruction  $k++ - k$  nous avons le calcul suivant : la valeur de k ( $k=5$ ) est utilisée comme premier opérande de la soustraction, puis elle est incrémentée ( $k=6$ ), la nouvelle valeur de k est maintenant utilisée comme second opérande de la soustraction ce qui revient à calculer  $n = 5-6$  et donne  $n = -1$  et  $k = 6$ .

### **Exemple 3 :**

<b>int k = 5 , n ;</b> <b>n = k - k++ ;</b>	<b>n = 0</b>	<b>k = 6</b>
--	--------------	--------------

Dans l'instruction  $k - k++$  nous avons le calcul suivant : la valeur de k ( $k=5$ ) est utilisée comme premier opérande de la soustraction, le second opérande de la soustraction est  $k++$  c'est la valeur actuelle de k qui est utilisée ( $k=5$ ) avant incrémentation de k, ce qui revient à calculer  $n = 5-5$  et donne  $n = 0$  et  $k = 6$ .

**Exemple 4 :** Utilisation de l'opérateur de post-incrémentation en combinaison avec un autre opérateur unaire.

**int nbr1, z , t , u , v ;**

<b>nbr1 = 10 ;</b> <b>v = nbr1++</b>	<b>v = 10</b>	<b>nbr1 = 11</b>
<b>nbr1 = 10 ;</b> <b>z = ~ nbr1 ;</b>	<b>z = -11</b>	<b>nbr1 = 10</b>
<b>nbr1 = 10 ;</b> <b>t = ~ nbr1 ++ ;</b>	<b>t = -11</b>	<b>nbr1 = 11</b>
<b>nbr1 = 10 ;</b> <b>u = ~ (nbr1++) ;</b>	<b>u = -11</b>	<b>nbr1 = 11</b>

La notation "`(~ nbr1) ++`" est refusée par C# comme pour Java.

remarquons que les expressions "`~nbr1 ++`" et "`~(nbr1 ++)`" produisent les mêmes effets, ce qui est logique puisque lorsque deux opérateurs (ici `~` et `++`) ont la même priorité, l'évaluation a lieu de gauche à droite.

### pré-incrémantation : `++k`

la valeur de k est d'abord augmentée de un ensuite utilisée dans l'instruction.

*Exemple1 :*

`int k = 5, n ;`

<code>n = ++k ;</code>	<code>n = 6</code>	<code>k = 6</code>
------------------------	--------------------	--------------------

*Exemple 2 :*

<code>int k = 5, n ;</code> <code>n = ++k - k ;</code>	<code>n = 0</code>	<code>k = 6</code>
---	--------------------	--------------------

Dans l'instruction `++k - k` nous avons le calcul suivant : le premier opérande de la soustraction étant `++k` c'est donc la valeur incrémentée de k ( $k=6$ ) qui est utilisée, cette même valeur sert de second opérande à la soustraction ce qui revient à calculer  $n = 6-6$  et donne  $n = 0$  et  $k = 6$ .

*Exemple 3 :*

<code>int k = 5, n ;</code> <code>n = k - ++k ;</code>	<code>n = -1</code>	<code>k = 6</code>
---	---------------------	--------------------

Dans l'instruction `k - ++k` nous avons le calcul suivant : le premier opérande de la soustraction est `k` ( $k=5$ ), le second opérande de la soustraction est `++k`, k est immédiatement incrémenté ( $k=6$ ) et c'est sa nouvelle valeur incrémentée qui est utilisée, ce qui revient à calculer  $n = 5-6$  et donne  $n = -1$  et  $k = 6$ .

### post-décrémantation : `k--`

la valeur de k est d'abord utilisée telle quelle dans l'instruction, puis elle est diminuée de un à la fin.

*Exemple1 :*

`int k = 5, n ;`

<code>n = k-- ;</code>	<code>n = 5</code>	<code>k = 4</code>
------------------------	--------------------	--------------------

## pré-décrémentation : --k

la valeur de k est d'abord diminuée de un, puis utilisée avec sa nouvelle valeur.

*Exemple 1 :*

`int k = 5 , n ;`

<b>n = --k ;</b>	<b>n = 4</b>	<b>k = 4</b>
------------------	--------------	--------------

*Reprenez avec l'opérateur - - des exemples semblables à ceux fournis pour l'opérateur ++ afin d'étudier le fonctionnement de cet opérateur (étudiez (- -k - k) et (k - - -k)).*

## 3. Opérateurs de comparaison

Ces opérateurs employés dans une expression renvoient un résultat de type booléen (**false** ou **true**). Nous en donnons la liste sans autre commentaire car ils sont strictement identiques à tous les opérateurs classiques de comparaison de n'importe quel langage algorithmique (C, pascal, etc...). Ce sont des opérateurs à deux opérandes.

Opérateur	priorité	action	exemples
<	5	strictement inférieur	$5 < 2 ; x+1 < 3 ; y-2 < x*4$
$\leq$	5	inférieur ou égal	$-5 \leq 2 ; x+1 \leq 3 ; \text{etc...}$
>	5	strictement supérieur	$5 > 2 ; x+1 > 3 ; \text{etc...}$
$\geq$	5	supérieur ou égal	$5 \geq 2 ; \text{etc...}$
$= =$	6	égal	$5 == 2 ; x+1 == 3 ; \text{etc...}$
$\neq$	6	different	$5 \neq 2 ; x+1 \neq 3 ; \text{etc...}$
<b>is</b>	5	Teste le type de l'objet	<b>X is int ; if ( x is Object ) etc...</b>

## 4. Opérateurs booléens

Ce sont les opérateurs classiques de l'algèbre de boole  $\{ \{ V, F \} , !, \&, | \}$  où  $\{ V, F \}$  représente l'ensemble {Vrai,Faux}. Les connecteurs logiques ont pour syntaxe en C# : **!, &, |, ^**:

**&** :  $\{ V, F \} \times \{ V, F \} \rightarrow \{ V, F \}$  (*opérateur binaire qui se lit "et "*)

**|** :  $\{ V, F \} \times \{ V, F \} \rightarrow \{ V, F \}$  (*opérateur binaire qui se lit "ou "*)

**^** :  $\{ V, F \} \times \{ V, F \} \rightarrow \{ V, F \}$  (*opérateur binaire qui se lit "ou exclusif "*)

**!** :  $\{ V, F \} \rightarrow \{ V, F \}$  (*opérateur unaire qui se lit "non "*)

Table de vérité des opérateurs (*p* et *q* étant des expressions booléennes)

<b>p</b>	<b>q</b>	<b>! p</b>	<b>p &amp; q</b>	<b>p ^ q</b>	<b>p   q</b>
V	V	F	V	F	V
V	F	F	F	V	V
F	V	V	F	V	V
F	F	V	F	F	F

*Remarque :*

$\forall p \in \{ V, F \}, \forall q \in \{ V, F \}$ ,  $p \& q$  est toujours évalué en entier (*p* et *q* sont toujours évalués).  
 $\forall p \in \{ V, F \}, \forall q \in \{ V, F \}$ ,  $p | q$  est toujours évalué en entier (*p* et *q* sont toujours évalués).

C# dispose de 2 clones des opérateurs binaires **&** et **|**. Ce sont les opérateurs **&&** et **||** qui se diffèrentent de leurs originaux **&** et **|** par leur mode d'exécution optimisé (application de théorèmes de l'algèbre de boole) :

L'opérateur **et** optimisé : **&&**

*Théorème*

$$\forall q \in \{ V, F \}, F \& q = F$$

Donc si *p* est faux (*p* = **F**) , il est inutile d'évaluer *q* car l'expression *p & q* est fausse (*p & q* = **F**), comme l'opérateur **&** évalue toujours l'expression *q*, C# à des fins d'optimisation de la vitesse d'exécution du bytecode MSIL dans le CLR , propose un opérateur « et » noté **&&** qui a la même table de vérité que l'opérateur **&** mais qui applique ce théorème.

$$\forall p \in \{ V, F \}, \forall q \in \{ V, F \}, p \&\& q = p \& q$$

Mais dans **p&&q** , *q* n'est évalué que si *p* = **V**.

L'opérateur **ou** optimisé : **||**

*Théorème*

$$\forall q \in \{ V, F \}, V | q = V$$

Donc si *p* est vrai (*p* = **V**) , il est inutile d'évaluer *q* car l'expression *p | q* est vraie (*p | q* = **V**), comme l'opérateur **|** évalue toujours l'expression *q*, C# à des fins d'optimisation de la vitesse d'exécution du bytecode dans la machine virtuelle C#, propose un opérateur ou noté **||** qui

applique ce théorème et qui a la même table de vérité que l'opérateur **|**.

$$\forall p \in \{ V, F \}, \forall q \in \{ V, F \}, p \parallel q = p | q$$

Mais dans **p||q**, **q** n'est évalué que si **p = F**.

**En résumé:**

Opérateur	priorité	action	exemples
!	1	<b>non</b> booléen	$!(5 < 2); !(x+1 < 3);$ etc...
&	7	<b>et</b> booléen complet	$(5 == 2) \& (x+1 < 3);$ etc...
	9	<b>ou</b> booléen complet	$(5 != 2)   (x+1 >= 3);$ etc...
&&	10	<b>et</b> booléen optimisé	$(5 == 2) \&& (x+1 < 3);$ etc...
	11	<b>ou</b> booléen optimisé	$(5 != 2)    (x+1 >= 3);$ etc...

Nous allons voir ci-après une autre utilisation des opérateurs **&** et **|** sur des variables ou des valeurs immédiates en tant qu'opérateur bit-level.

## 5. Opérateurs bits level

Ce sont des opérateurs de bas niveau en C# dont les opérandes sont exclusivement l'un des types entiers ou caractère de C# (**short**, **int**, **long**, **char**, **byte**). Ils permettent de manipuler directement les bits du mot mémoire associé à la donnée.

Opérateur	priorité	action	exemples
~	1	<b>complément</b> les bits	$\sim a; \sim(a-b); \sim 7$ (unaire)
<<	4	<b>décalage</b> gauche	$x << 3; (a+2) << k; -5 << 2;$
>>	4	<b>décalage</b> droite avec signe	$x >> 3; (a+2) >> k; -5 >> 2;$
&	7	<b>et</b> booléen bit à bit	$x & 3; (a+2) \& k; -5 \& 2;$
^	8	<b>ou</b> exclusif xor bit à bit	$x ^ 3; (a+2) ^ k; -5 ^ 2;$
	9	<b>ou</b> booléen bit à bit	$x   3; (a+2)   k; -5   2;$

Les tables de vérités des opérateurs "**&**", "**|**" et celle du ou exclusif "**^**" au niveau du bit sont identiques aux tables de vérité booléennes (seule la valeur des constantes **V** et **F** change, **V** est remplacé par le bit **1** et **F** par le bit **0**).

*Table de vérité des opérateurs bit level*

p	q	$\sim p$	$p \& q$	$p   q$	$p ^ q$
1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0

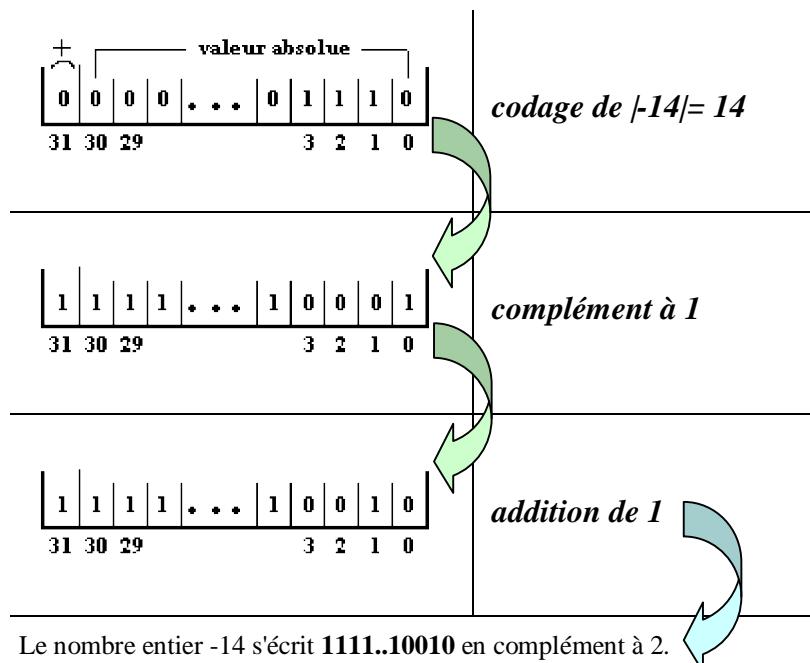
Afin de bien comprendre ces opérateurs, le lecteur doit bien connaître les différents codages des entiers en machine (binaire pur, binaire signé, complément à deux) car les entiers C# sont codés en complément à deux et la manipulation bit à bit nécessite une bonne compréhension de ce codage.

Afin que le lecteur se familiarise bien avec ces opérateurs de bas niveau nous détaillons un exemple pour **chacun d'entre eux**.

*Les exemples en 3 instructions C# sur la même mémoire :*

**Rappel :** int i = -14 ;

soit à représenter le nombre -14 dans la variable i de type **int** (entier signé sur 32 bits)



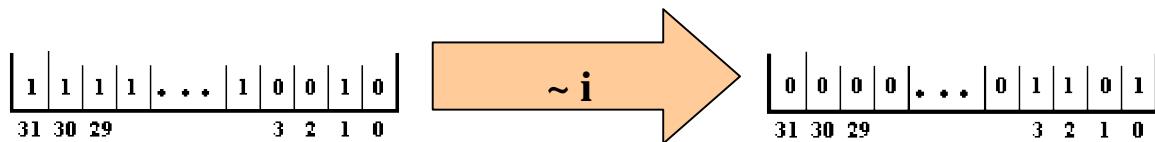
Soient la déclaration C# suivante :

```
int i = -14, j;
```

Etudions les effets de chaque opérateur bit level sur cette mémoire i.

- Etude de l'instruction :  $j = \sim i$

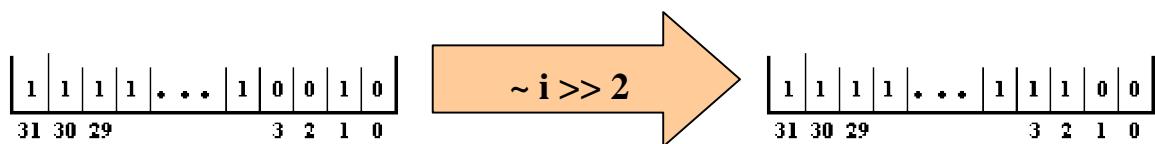
```
j = ~i; // complémentation des bits de i
```



Tous les bits 1 sont transformés en 0 et les bits 0 en 1, puis le résultat est stocké dans *j* qui contient la valeur 13 (car 000...01101 représente +13 en complément à deux).

- Etude de l'instruction :  $j = i >> 2$

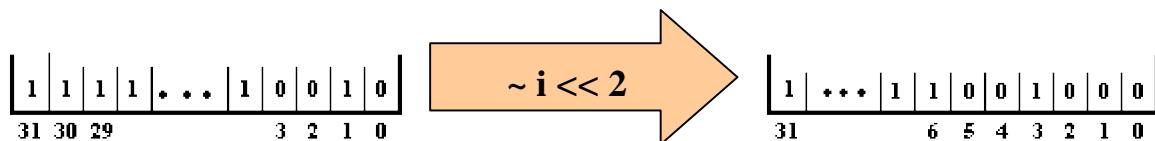
```
j = i >> 2; // décalage avec signe de 2 bits vers la droite
```



Tous les bits sont décalés de 2 positions vers la droite (vers le bit de poids faible), le bit de signe (ici 1) est recopié à partir de la gauche (à partir du bit de poids fort) dans les emplacements libérés (ici le bit 31 et le bit 30), puis le résultat est stocké dans *j* qui contient la valeur -4 (car 1111...1100 représente -4 en complément à deux).

- Etude de l'instruction :  $j = i << 2$

```
j = i << 2; // décalage de 2 bits vers la gauche
```



Tous les bits sont décalés de 2 positions vers la gauche (vers le bit de poids fort), des 0 sont introduits à partir de la droite (à partir du bit de poids faible) dans les emplacements libérés (ici le bit 0 et le bit 1), puis le résultat est stocké dans *j* qui contient la valeur -56 (car 11...1001000 représente -56 en complément à deux).

## Exemples opérateurs arithmétiques

```
using System;
namespace CsAlgorithmique
{
class AppliOperat_Arithme
{
    static void Main(string[ ] args)
    {
        int x = 4, y = 8, z = 3, t = 7, calcul ;
        calcul = x * y - z + t ;
        System.Console.WriteLine(" x * y - z + t = "+calcul);
        calcul = x * y - (z + t) ;
        System.Console.WriteLine(" x * y - (z + t) = "+calcul);
        calcul = x * y % z + t ;
        System.Console.WriteLine(" x * y % z + t = "+calcul);
        calcul = (( x * y ) % z ) + t ;
        System.Console.WriteLine("(( x * y ) % z ) + t = "+calcul);
        calcul = x * y % ( z + t ) ;
        System.Console.WriteLine(" x * y % ( z + t ) = "+calcul);
        calcul = x *(y % ( z + t ));
        System.Console.WriteLine(" x *( y % ( z + t )) = "+calcul);
    }
}
```

### Résultats d'exécution de ce programme :

```
x * y - z + t = 36
x * y - (z + t) = 22
x * y % z + t = 9
(( x * y ) % z ) + t = 9
x * y % ( z + t ) = 2
x *( y % ( z + t )) = 32
```

## Exemples opérateurs bit level

```
using System;
namespace CsAlgorithmique
{
class AppliOperat_BitBoole
{
    static void Main(String[ ] args)
    {
        int x, y, z ,t, calcul=0 ;
        x = 4; // 00000100
        y = -5; // 11111011
        z = 3; // 00000011
        t = 7; // 00000111
        calcul = x & y ;
        System.Console.WriteLine(" x & y = "+calcul);
        calcul = x & z ;
        System.Console.WriteLine(" x & z = "+calcul);
        calcul = x & t ;
        System.Console.WriteLine(" x & t = "+calcul);
        calcul = y & z ;
        System.Console.WriteLine(" y & z = "+calcul);
        calcul = x | y ;
        System.Console.WriteLine(" x | y = "+calcul);
        calcul = x | z ;
        System.Console.WriteLine(" x | z = "+calcul);
        calcul = x | t ;
        System.Console.WriteLine(" x | t = "+calcul);
        calcul = y | z ;
        System.Console.WriteLine(" y | z = "+calcul);
        calcul = z ^ t ;
        System.Console.WriteLine(" z ^ t = "+calcul);
        System.Console.WriteLine(" ~x = "+~x+", ~y = "+~y+", ~z = "+~z+", ~t = "+~t);
    }
}
```

### Résultats d'exécution de ce programme :

x & y = 0 x & z = 0 x & t = 4 y & z = 3 x   y = -1	x   z = 7 x   t = 7 y   z = -5 z ^ t = 4 ~x = -5, ~y = 4, ~z = -4, ~t = -8
--	--

## Exemples opérateurs bit level - Décalages

```
using System;
namespace CsAlgorithmique
{
class AppliOperat_BitDecalage
{
    static void Main(String[ ] args)
    {
        int x,y, calcul = 0 ;
        x = -14; // 1...11110010
        y = x;
        calcul = x 2; // 1...11111100
        System.Console.WriteLine(" x 2 = "+calcul);
        calcul = y <<2 ; // 1...11001000
        System.Console.WriteLine(" y <<2 = "+calcul);
        uint x1,y1, calcul1 = 0 ;
        x1 = 14; // 0...001110
        y1 = x1;
        calcul1 = x1 2; // 0...000011
        System.Console.WriteLine(" x1 2 = "+calcul1);
        calcul1 = y1 <<2 ; // 0...00111000
        System.Console.WriteLine(" y1 <<2 = "+calcul1);
    }
}
```

### Résultats d'exécution de ce programme :

```
x 2 = -4
y <<2 = -56
x1 2 = 3
y1 <<2 = 56
```

## Exemples opérateurs booléens

```
using System;
namespace CsAlgorithmique
{
class AppliOperat_Boole
{
static void Main(String[ ] args)
{
int x = 4, y = 8, z = 3, t = 7, calcul=0 ;
bool bool1 ;
bool1 = x < y;
System.Console.WriteLine(" x < y = "+bool1);
bool1 = (x < y) & (z == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) & (z == t) = "+bool1);
bool1 = (x < y) | (z == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) | (z == t) = "+bool1);
bool1 = (x < y) && (z == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) && (z == t) = "+bool1);
bool1 = (x < y) || (z == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) || (z == t) = "+bool1);
bool1 = (x < y) || ((calcul=z) == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) || ((calcul=z) == t) = "+bool1+" ** calcul = "+calcul);
bool1 = (x < y) | ((calcul=z) == t) ;
System.Console.WriteLine(" (x < y) | ((calcul=z) == t) = "+bool1+" ** calcul = "+calcul);
System.Console.Read();
}
}
}
```

### Résultats d'exécution de ce programme :

```
x < y = true
(x < y) & (z == t) = false
(x < y) | (z == t) = true
(x < y) && (z == t) = false
(x < y) || (z == t) = true
(x < y) || ((calcul=z) == t) = true ** calcul = 0
(x < y) | ((calcul=z) == t) = true ** calcul = 3
```

# Les instructions

## C#.net

Les instructions de base de C# sont identiques syntaxiquement et sémantiquement à celles de Java, le lecteur qui connaît déjà le fonctionnement des instructions en Java peut ignorer ces chapitres.

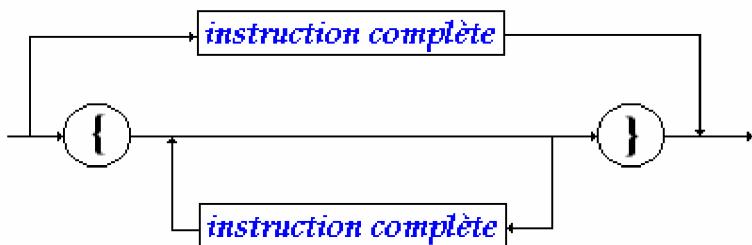
### 1 - les instructions de bloc

Une large partie de la norme ANSI du langage C est reprise dans C#, ainsi que la norme Delphi.

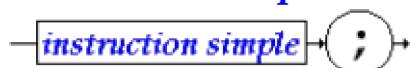
- Les commentaires sur une ligne débutent par //... comme en Delphi
- Les commentaires sur plusieurs lignes sont encadrés par /\* ... \*/

Ici, nous expliquons les instructions C# en les comparant à pascal-delphi. Voici la syntaxe d'une instruction en C#:

#### instruction :



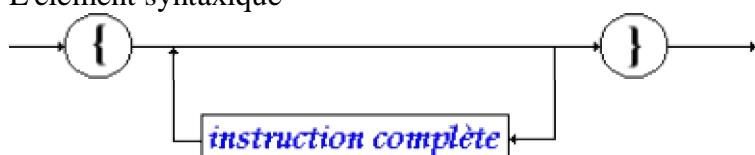
#### instruction complète :



Toutes les instructions se terminent donc en C# par un point-virgule " ; "

#### bloc - instruction composée :

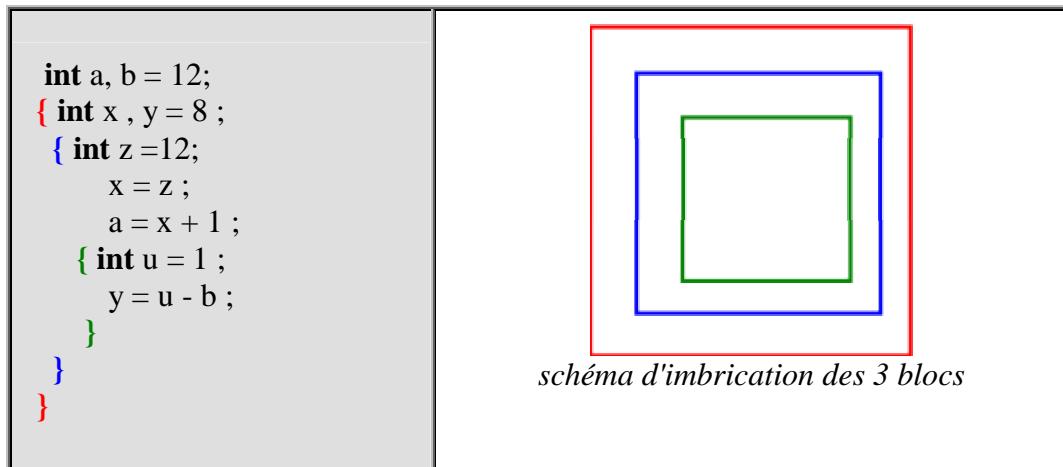
L'élément syntaxique



est aussi dénommé **bloc** ou **instruction composée** au sens de la **visibilité** des variables C#.

### visibilité dans un bloc - instruction :

*Exemple de déclarations licites et de visibilité dans 3 blocs instruction imbriqués :*



Nous examinons ci-dessous l'ensemble des **instructions simples** de C#.

## 2 - l'affectation

C# est un langage de la famille des langages hybrides, il possède la notion d'instruction d'affectation.

Le symbole d'affectation en C# est " = ", soit par exemple :

**x = y ;**  
*// x doit obligatoirement être un identificateur de variable.*

### Affectation simple

L'affectation peut être utilisée dans une expression :

*soient les instruction suivantes :*

<b>int a , b = 56 ;</b>
a = (b = 12)+8 ; <i>// b prend une nouvelle valeur dans l'expression</i>
a = b = c = d =8 ; <i>// affectation multiple</i>

*simulation d'exécution C# :*

instruction	valeur de a	valeur de b
<b>int a , b = 56 ;</b>	<b>a = ???</b>	<b>b = 56</b>
<b>a = (b = 12)+8 ;</b>	<b>a = 20</b>	<b>b = 12</b>

### 3 - Raccourcis et opérateurs d'affectation

Soit **op** un opérateur appartenant à l'ensemble des opérateurs suivant

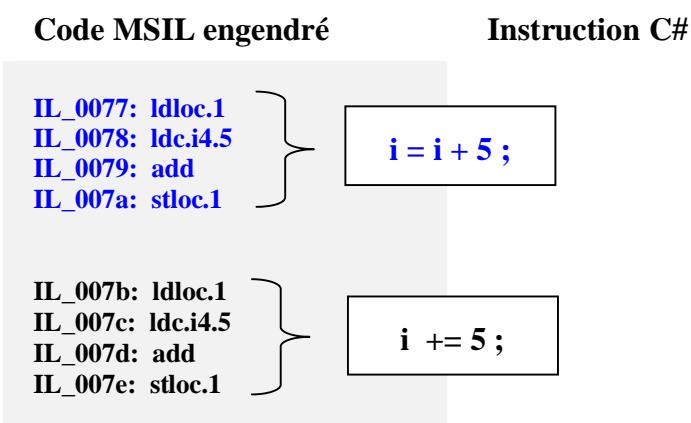
{ +, -, \*, /, %, <<, >>, >>>, &, |, ^ },

Il est possible d'utiliser sur une seule variable le nouvel opérateur **op=** construit avec l'opérateur **op**.

x **op=** y ;    signifie en fait : x = x **op** y

Il s'agit plus d'un **raccourci syntaxique** que d'un opérateur nouveau (sa traduction en MSIL est exactement la même : la traduction de a **op=** b devrait être plus courte en instructions p-code que a = a **op** b).

Ci-dessous le code MSIL engendré par i = i+5; et i +=5; est effectivement identique :



*Soient les instruction suivantes :*

<b>int a , b = 56 ;</b> a = -8 ; a += b ; <i>// équivalent à : a = a + b</i> b *= 3 ; <i>// équivalent à : b = b * 3</i>
---

*simulation d'exécution C# :*

instruction	valeur de a	valeur de b
int a , b = 56 ;	a = ???	b = 56
a = -8 ;	a = -8	b = 56
a += b ;	a = 48	b = 56
b *= 3 ;	a = 48	b = 168

**Remarques :**

- *Cas d'une optimisation intéressante dans l'instruction suivante :*  
table[ f(a) ] = table[ f(a) ] + x ; // où f(a) est un appel à la fonction f qui serait longue à calculer.
- *Si l'on réécrit l'instruction précédente avec l'opérateur += :*  
table[ f(a) ] += x ; // l'appel à f(a) n'est effectué qu'une seule fois

Ci-dessous le code MSIL engendré par "table[ f(i) ] = table[ f(i) ] +9 ;" et "table[ f(i) ] += 9 ;" n'est pas le même :

**Code MSIL engendré**

```

IL_0086: ldloc.3 // adr(table)
IL_0087: ldarg.0
IL_0088: ldloc.1 // adr(i)
IL_0089: call    instance int32 exemple.WinForm::f(int32)

IL_008e: ldloc.3
IL_008f: ldarg.0
IL_0090: ldloc.1
IL_0091: call    instance int32 exemple.WinForm::f(int32)

IL_0096: ldelem.i4
IL_0097: ldc.i4.s 9
IL_0099: add
IL_009a: stelem.i4
  
```

**Instruction C#**

table[ f(i) ] = table[ f(i) ] + 9 ;

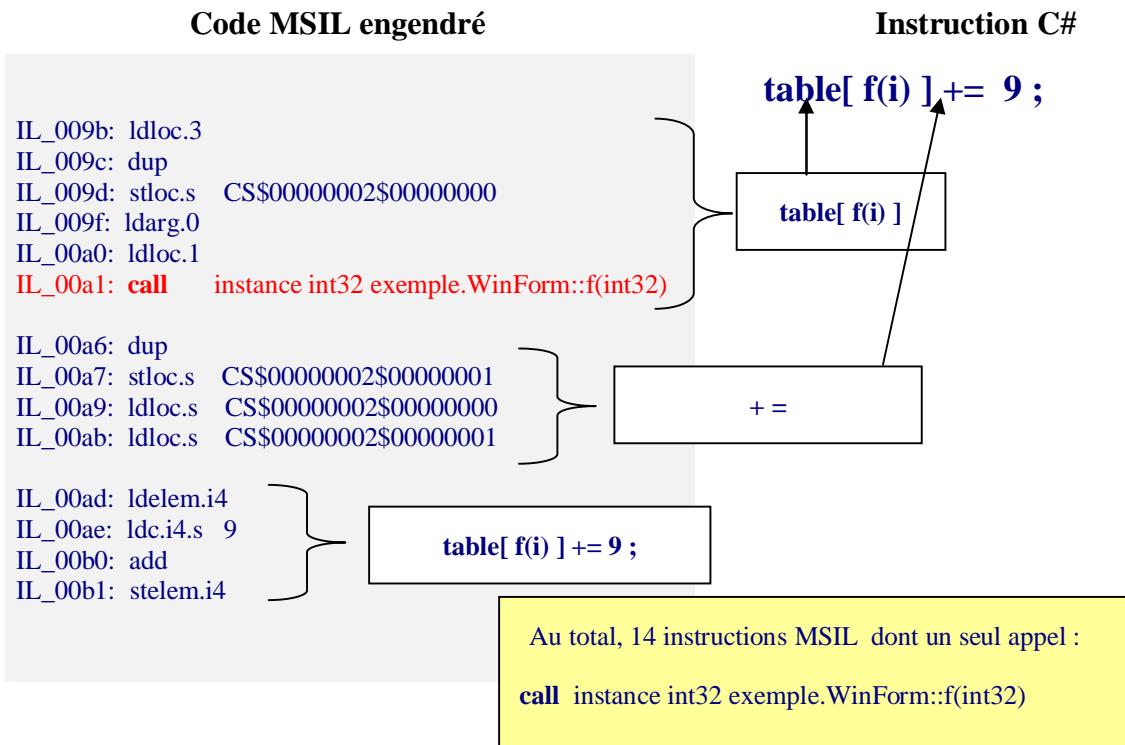
table[ f(i) ]

table[ f(i) ]

table[ f(i) ] = table[ f(i) ] + 9 ; (suite)

Au total, 12 instructions MSIL dont deux appels :

call instance int32 exemple.WinForm::f(int32)



Dans l'exemple qui précède, il y a réellement gain sur le temps d'exécution de l'instruction **table[ f(i) ] += 9**, si le temps d'exécution de l'appel à  $f(i)$  à travers l'instruction MSIL <**call instance int32 exemple.WinForm::f(int32)**>, est significativement long devant les temps d'exécution des opérations **ldloc** et **stloc**.

En fait d'une manière générale en C# comme dans les autres langages, il est préférable d'adopter l'attitude prise en Delphi qui consiste à encourager la lisibilité du code en ne cherchant pas à écrire du code le plus court possible. Dans notre exemple précédent, la simplicité consisterait à utiliser une variable locale **x** et à stocker la valeur de  $f(i)$  dans cette variable :

<b>table[ f(i) ] = table[ f(i) ] + 9 ;</b>	<b>x = f(i) ;</b> <b>table[ x ] = table[ x ] + 9 ;</b>
--	---

Ces deux écritures étant équivalentes seulement si  $f(i)$  ne contient aucun effet de bord !

#### Info MSIL :

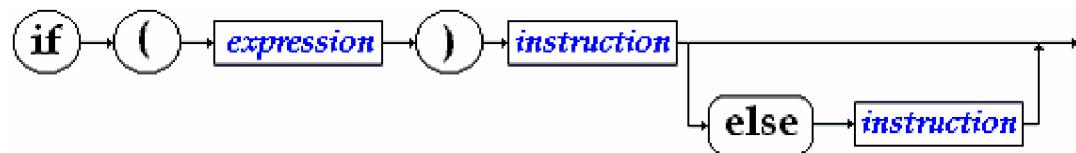
- | **ldloc** : Charge la variable locale à un index spécifique dans la pile d'évaluation.
- | **stloc** : Dépile la pile d'évaluation et la stocke dans la liste de variables locales à un index spécifié.

# Les instructions conditionnelles



## 1 - l'instruction conditionnelle

### Syntaxe :



Schématiquement les conditions sont de deux sortes :

- **if ( Expr ) Instr ;**
- **if ( Expr ) Instr ; else Instr ;**

La définition de l'instruction conditionnelle de C# est classiquement celle des langages algorithmiques; comme en pascal l'expression doit être de type booléen (différent du C), la notion d'instruction a été définie plus haut.

### Exemple d'utilisation du if..else (comparaison avec Delphi)

Pascal-Delphi	C#
<pre>var a , b , c : integer ; .... if b=0 then c := 1 else begin   c := a / b;   writeln("c = ",c); end; c := a*b ; if c &lt;&gt;0 then c:= c+b else c := a</pre>	<pre>int a , b , c ; ... if ( b == 0 ) c =1 ; else {   c = a / b;   System.Console.WriteLine ("c = " + c); } if ((c = a*b) != 0) c += b; else c = a;</pre>

## Remarques :

- L'instruction " **if** ((c = a\*b) != 0) c +=b; **else** c = a; " contient une affectation intégrée dans le test afin de vous montrer les possibilités de C# : la valeur de a\*b est rangée dans c avant d'effectuer le test sur c.
- Comme Delphi, C# contient le manque de fermeture des instructions conditionnelles ce qui engendre le classique problème du dandling **else** d'algol, c'est le compilateur qui résout l'ambiguïté par rattachement du **else** au dernier **if** rencontré (évaluation par la gauche).

L'instruction suivante est ambiguë :

```
if ( Expr1 ) if ( Expr2 ) InstrA ; else InstrB ;
```

Le compilateur résoud l'ambiguïté de cette instruction ainsi (rattachement du **else** au dernier **if**):

```
if ( Expr1 ) if ( Expr2 ) InstrA ; else InstrB ;
```

- Comme en pascal, si l'on veut que l'instruction **else InstrB** ; soit rattachée au premier **if**, il est nécessaire de parenthésier (introduire un bloc) le second **if** :

## Exemple de parenthésage du else pendant

Pascal-Delphi	C#
<pre>if Expr1 then begin   if Expr2 then InstrA end else InstrB</pre>	<pre>if ( Expr1 ) {   if ( Expr2 ) InstrA ; } else InstrB</pre>

## 2 - l'opérateur conditionnel

Il s'agit ici comme dans le cas des opérateurs d'affectation d'une sorte de raccourci entre l'opérateur conditionnel **if...else** et l'affectation. Le but étant encore d'optimiser le MSIL engendré.

### Syntaxe :



Où **expression** renvoie une valeur booléenne (le test), les deux termes **valeur** sont des expressions générales (variable, expression numérique, booléenne etc...) renvoyant une valeur de type quelconque.

### Sémantique :

*Exemple :*

```
| int a,b,c ;
| c = a == 0 ? b : a+1 ;
```

Si l'**expression** est **true** l'opérateur renvoie la première valeur, (dans l'exemple c vaut la valeur de b)

Si l'**expression** est **false** l'opérateur renvoie la seconde valeur (dans l'exemple c vaut la valeur de a+1).

Sémantique de l'exemple avec un **if..else** :

```
| if (a == 0) c = b; else c = a+1;
```

#### Code MSIL engendré

```
IL_0007: ldloc.0
IL_0008: brfalse.s IL_000f
IL_000a: ldloc.0
IL_000b: ldc.i4.1
IL_000c: add
IL_000d: br.s    IL_0010
IL_000f: ldloc.1
IL_0010: stloc.2
```

#### Instruction C#

Opérateur conditionnel :

**c = a == 0 ? b : a+1 ;**

une seule opération de stockage pour c :

**IL\_0010: stloc.2**

```
IL_0011: ldloc.0
IL_0012: brtrue.s IL_0018
IL_0014: ldloc.1
IL_0015: stloc.2
IL_0016: br.s    IL_001c
IL_0018: ldloc.0
IL_0019: ldc.i4.1
IL_001a: add
IL_001b: stloc.2
```

Instruction conditionnelle :

**if (a == 0) c = b; else c = a+1;**

deux opérations de stockage pour c :

**IL\_0015: stloc.2**

**IL\_001b: stloc.2**

Le code MSIL engendré a la même structure classique de code de test pour les deux instructions, la traduction de l'opérateur sera légèrement plus rapide que celle de l'instructions car, il n'y a pas besoin de stocker deux fois le résultat du test dans la variable c (qui ici, est représentée par l'instruction MSIL **stloc.2**)

**Question** : utiliser l'opérateur conditionnel pour calculer le plus grand de deux entiers.

**réponse** :

```
int a, b, c ; ...  
c = a>b ? a : b ;
```

**Question** : que fait ce morceau le programme ci-après ?

```
int a, b, c ; ....
```

```
c = a>b ? (b=a) : (a=b) ;
```

**réponse** :

*a,b,c contiennent après exécution le plus grand des deux entiers contenus au départ dans a et b.*

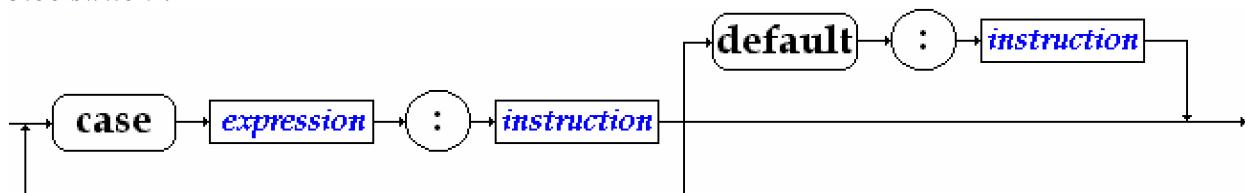
### 3 - l'opérateur switch...case

**Syntaxe** :

**switch** :



**bloc switch** :



**Sémantique** :

- La partie expression d'une instruction switch doit être une expression ou une variable du type **byte**, **char**, **int**, **short**, **string** ou bien **enum**.
- La partie expression d'un bloc switch doit être une constante ou une valeur immédiate du type **byte**, **char**, **int**, **short**, **string** ou bien **enum**.
- **switch <Epr1>** s'appelle la partie sélection de l'instruction : il y a évaluation de **<Epr1>** puis selon la valeur obtenue le programme s'exécute en séquence à partir du case contenant la valeur immédiate égale. Il s'agit donc d'un déroutement du programme, dès que **<Epr1>** est évaluée, vers l'instruction étiquetée par le case **<Epr1>** associé.

Cette instruction en C#, contrairement à Java, est structurée, elle doit **obligatoirement** être utilisée avec l'instruction **break** afin de simuler le comportement de l'instruction structurée **case..of** du pascal.

### Exemple de switch..case..break

Pascal-Delphi	C#
<pre>var x : char ; ... case x of   'a' : InstrA;   'b' : InstrB;   else InstrElse end;</pre>	<pre>char x ; ... switch (x) {   case 'a' : InstrA ; break;   case 'b' : InstrB ; break;   default : InstrElse; break; }</pre>

Dans ce cas le déroulement de l'instruction **switch** après déroutement vers le bon **case**, est interrompu par le **break** qui renvoie la suite de l'exécution après la fin du **bloc switch**. Une telle utilisation correspond à une utilisation de if..else imbriqués (donc une utilisation structurée) mais devient plus lisible que les **if ..else** imbriqués, elle est donc fortement conseillée dans ce cas.

### Exemples :

C# - source	Résultats de l'exécution
<pre>int x = 10;  switch (x+1) { case 11 : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 11");   break;   case 12 : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 12");   break;   default : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; default"));   break;  }</pre>	>> case 11
<pre>int x = 11;  switch (x+1) { case 11 : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 11");   break;   case 12 : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 12");   break;   default : System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; default"));   break;  }</pre>	>> case 12

Il est toujours possible d'utiliser des instructions **if ... else** imbriquées pour représenter un **switch** avec **break** :

*Programmes équivalents switch et if...else :*

C# - switch	C# - if...else
<pre>int x = 10;  switch (x+1) { case 11 :     System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 11");     break;      case 12 :     System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 12");     break;      default :     System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; default");     break; }</pre>	<pre>int x = 10;  if (x+1== 11)     System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 11");  else     if (x+1== 12)         System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; case 12");      else         System.Console.WriteLine ("&gt;&gt; default");</pre>

Bien que la syntaxe du **switch ...break** soit plus contraignante que celle du **case...of** de Delphi, le fait que cette instruction apporte comme le **case...of** une structuration du code, conduit à une amélioration du code et augmente sa lisibilité. Lorsque cela est possible, il est donc conseillé de l'utiliser d'une manière générale comme alternative à des **if...then...else** imbriqués.

# Les instructions itératives



## 1 - l'instruction while

### Syntaxe :



Où expression est une **expression** renvoyant une valeur booléenne (le test de l'itération).

### Sémantique :

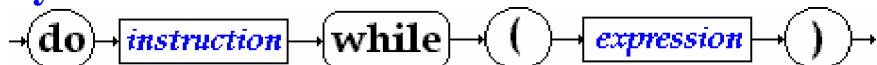
Identique à celle du pascal (instruction algorithmique **tantque .. faire .. ftant**) avec le même défaut de fermeture de la boucle.

### Exemple de boucle while

Pascal-Delphi	C#
<b>while</b> Expr <b>do</b> Instr	<b>while</b> ( Expr ) Instr ;
<b>while</b> Expr <b>do</b> <b>begin</b> InstrA ; InstrB ; ... <b>end</b>	<b>while</b> ( Expr ) { InstrA ; InstrB ; ... }

## 2 - l'instruction do ... while

### Syntaxe :



Où expression est une **expression** renvoyant une valeur booléenne (le test de l'itération).

### Sémantique :

L'instruction "do Instr while ( Expr )" fonctionne comme l'instruction algorithmique **répéter** Instr **jusqu'à non** Expr.

Sa sémantique peut aussi être expliquée à l'aide d'une autre instruction C#, le **while( )** :

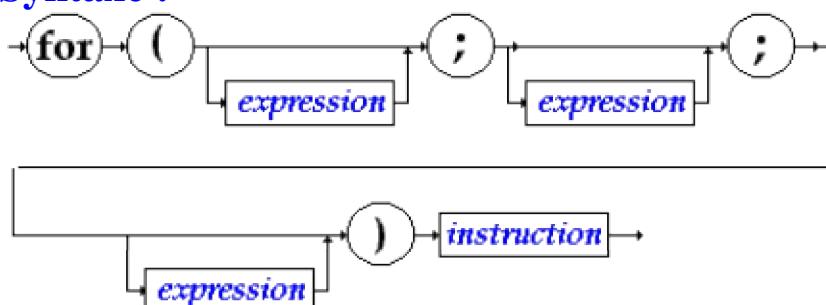
**do Instr while ( Expr ) <=> Instr ; while ( Expr ) Instr**

### *Exemple de boucle do...while*

Pascal-Delphi	C#
<b>repeat</b> InstrA ; InstrB ; ... <b>until not Expr</b>	<b>do</b> { InstrA ; InstrB ; ... } <b>while ( Expr )</b>

## 3 - l'instruction for(...)

### Syntaxe :



### Sémantique :

Une boucle **for** contient 3 expressions **for (Expr1 ; Expr2 ; Expr3) Instr**, d'une manière générale chacune de ces expressions joue un rôle différent dans l'instruction **for**. Une instruction for en C# (comme en C) est plus puissante et plus riche qu'une boucle **for** dans d'autres langages algorithmiques. Nous donnons ci-après une sémantique minimale :

- **Expr1** sert à initialiser une ou plusieurs variables (dont éventuellement la variable de contrôle de la boucle) sous forme d'une liste d'instructions d'initialisation séparées par des virgules.
- **Expr2** sert à donner la condition de rebouclage sous la forme d'une expression renvoyant une valeur booléenne (le test de l'itération).
- **Expr3** sert à réactualiser les variables (dont éventuellement la variable de contrôle de la boucle) sous forme d'une liste d'instructions séparées par des virgules.

L'instruction "for (**Expr1** ; **Expr2** ; **Expr3**) Instr" fonctionne au minimum comme l'instruction algorithmique **pour... fpour**, elle est toutefois plus puissante que cette dernière.

Sa sémantique peut aussi être approximativement(\*) expliquée à l'aide d'une autre instruction C# **while** :

<pre><b>for</b> (<b>Expr1</b> ; <b>Expr2</b> ; <b>Expr3</b>) Instr</pre>	<pre><b>Expr1</b> ; <b>while</b> (<b>Expr2</b>) {     Instr ;     <b>Expr3</b> }</pre>
--	--

(\*)Nous verrons au paragraphe consacré à l'instruction **continue** que si l'instruction **for** contient un **continue** cette définition sémantique n'est pas valide.

### *Exemples montrant la puissance du for*

Pascal-Delphi	C#
<pre><b>for</b> i:=1 <b>to</b> 10 <b>do</b> <b>begin</b>     InstrA ;     InstrB ; ... <b>end</b></pre>	<pre><b>for</b> ( <b>i = 1</b>; <b>i&lt;=10</b>; <b>i++</b> ) {     InstrA ;     InstrB ; ... }</pre>
<pre><b>i := 10;</b> <b>k := i;</b> <b>while</b> (<b>i&gt;450</b>) <b>do</b> <b>begin</b>     InstrA ;     InstrB ; ...     <b>k := k+i;</b>     <b>i := i-15;</b> <b>end</b></pre>	<pre><b>for</b> ( <b>i = 10</b>, <b>k = i</b> ;<b>i&gt;-450</b> ;<b>k += i</b> , <b>i -= 15</b>) {     InstrA ;     InstrB ; ... }</pre>
<pre><b>i := n;</b> <b>while</b> <b>i&lt;&gt;1</b> <b>do</b> <b>if</b> <b>i mod 2 = 0</b> <b>then</b> <b>i := i div 2</b> <b>else</b> <b>i := i+1</b></pre>	<pre><b>int i, j ;</b>  <b>for</b> ( <b>i = n</b>, <b>j = i % 2 == 0 ? i /2 : i++</b>);     // pas de corps de boucle !</pre>

- Le premier exemple montre une boucle for classique avec la variable de contrôle "i" (indice de boucle), sa borne initiale "i=1" et sa borne finale "10", le pas d'incrémentation séquentiel étant de 1.
- Le second exemple montre une boucle toujours contrôlée par une variable "i", mais dont le pas de décrémentation séquentiel est de -15.
- Le troisième exemple montre une boucle aussi contrôlée par une variable "i", mais dont la variation n'est pas séquentielle puisque la valeur de i est modifiée selon sa parité (**i % 2 == 0 ? i /2 : i++**).

Voici un exemple de boucle **for** dite **boucle infinie** :

**for ( ; ; );** est équivalente à **while (true);**

Voici une boucle ne possédant pas de variable de contrôle( $f(x)$ ) est une fonction déjà déclarée) :

**for (int n=0 ; Math.abs(x-y) < eps ; x = f(x) );**

Terminons par une boucle for possédant deux variables de contrôle :

*//inverse d'une suite de caractère dans un tableau par permutation des deux extrêmes*

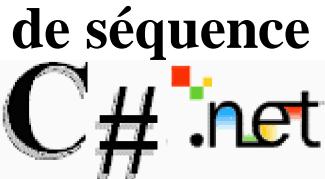
```
char [ ] Tablecar ={'a','b','c','d','e','f'} ;
for ( i = 0 , j = 5 ; i<j ; i++ , j-- )
{ char car ;
  car = Tablecar[i];
  Tablecar[i] = Tablecar[j];
  Tablecar[j] = car;
}
```

dans cette dernière boucle ce sont les variations de  $i$  et de  $j$  qui contrôlent la boucle.

### Remarques récapitulatives sur la boucle for en C# :

- rien n'oblige à incrémenter ou décrémenter la variable de contrôle,
- rien n'oblige à avoir une instruction à exécuter (corps de boucle),
- rien n'oblige à avoir une variable de contrôle,
- rien n'oblige à n'avoir qu'une seule variable de contrôle.

# Les instructions de rupture



## 1 - l'instruction d'interruption break

### Syntaxe :

→ **break** →

### Sémantique :

Une instruction **break** ne peut se situer qu'à l'intérieur du corps d'instruction d'un bloc **switch** ou de l'une des trois itérations **while**, **do..while**, **for**.

Lorsque **break** est présente dans l'une des trois itérations **while**, **do..while**, **for** :

    | **break** interrompt l'exécution de la boucle dans laquelle elle se trouve, l'exécution se poursuit après le corps d'instruction.

### Exemple d'utilisation du break dans un for :

(*recherche séquentielle dans un tableau*)

```
int [ ] table = {12,-5,7,8,-6,6,4,78};  
int elt = 4;  
for ( i = 0 ; i<8 ; i++ )  
    if (elt==table[i]) break ;  
    if (i == 8)System.out.println("valeur : "+elt+" pas trouvée.");  
    else System.out.println("valeur : "+elt+" trouvée au rang :" +i);
```

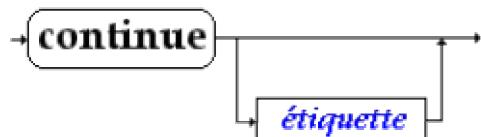
### Explications

Si la valeur de la variable elt est présente dans le tableau table, l'expression (elt==table[i]) est true et **break** est exécutée (arrêt de la boucle et exécution de **if (i == 8)...**).

Après l'exécution de la boucle **for**, lorsque l'instruction **if (i == 8)...** est exécutée, soit la boucle s'est exécutée complètement (recherche infructueuse), soit le **break** l'a arrêtée prématurément (elt est trouvé dans le tableau).

## 2 - l'instruction de rebouclage continue

### Syntaxe :



### Sémantique :

Une instruction **continue** ne peut se situer qu'à l'intérieur du corps d'instruction de l'une des trois itérations **while**, **do..while**, **for**.

Lorsque **continue** est présente dans l'une des trois itérations **while**, **do..while**, **for** :

- Si **continue** n'est pas suivi d'une étiquette elle interrompt l'exécution de la séquence des instructions situées après elle, l'exécution se poursuit par rebouclage de la boucle. Elle agit comme si l'on venait d'exécuter la dernière instruction du corps de la boucle.
- Si **continue** est suivi d'une étiquette elle fonctionne comme un **goto** (utilisation **déconseillée** en programmation moderne, c'est pourquoi nous n'en dirons pas plus !)

### Exemple d'utilisation du continue dans un for :

```
int [ ] ta = { 12,-5,7,8,-6,6,4,78 }, tb = new int[8];
for ( i = 0, n = 0 ; i < 8 ; i++ , k = 2*n )
{ if ( ta[i] == 0 ) continue ;
  tb[n] = ta[i];
  n++;
}
```

### Explications

Rappelons qu'un **for** s'écrit généralement :

**for (Expr1 ; Expr2 ; Expr3) Instr**

L'instruction **continue** présente dans une telle boucle **for** s'effectue ainsi :

- exécution immédiate de **Expr3**
- ensuite, exécution de **Expr2**

- réexécution du corps de boucle.

Si l'expression (`ta[i] == 0`) est true, la suite du corps des instructions de la boucle (`tb[n] = ta[i]; n++;`) n'est pas exécutée et il y a rebouclage du **for**.

Le déroulement est alors le suivant :

- `i++`, `k = 2*n` en premier ,
- puis la condition de rebouclage : `i<8`

et la boucle se poursuit en fonction de la valeur de la condition de rebouclage.

Cette boucle recopie dans le tableau d'entiers **tb** les valeurs non nulles du tableau d'entiers **ta**.

## Attention

Nous avons déjà signalé plus haut que l'équivalence suivante entre un **for** et un **while**

<code>for (Expr1 ; Expr2 ; Expr3) Instr</code>	<code>Expr1 ; while ( Expr2 ) { Instr ;   Expr3 }</code>
--	--

valide dans le cas général, était mise en défaut si le corps d'instruction contenait un **continue**.

Voyons ce qu'il en est en reprenant l'exemple précédent. Essayons d'écrire la boucle **while** qui lui serait équivalente selon la définition générale. Voici ce que l'on obtiendrait :

<code>for ( i = 0, n = 0 ; i&lt;8 ; i++ , k = 2*n ) { if ( ta[i] == 0 ) continue ;   tb[n] = ta[i];   n++; }</code>	<code>i = 0; n = 0 ; while ( i&lt;8 ) { if ( ta[i] == 0 ) continue ;   tb[n] = ta[i];   n++;   i++ ; k = 2*n; }</code>
---	--

Dans le **while** le **continue** réexécute la condition de rebouclage **i<8** sans exécuter l'expression **i++ ; k = 2\*n;** (nous avons d'ailleurs ici une boucle infinie).

Une boucle **while** strictement équivalente au **for** précédent pourrait être la suivante :

```
for ( i = 0, n = 0 ; i < 8 ; i++, k = 2*n )
{ if ( ta[i] == 0 ) continue ;
  tb[n] = ta[i];
  n++;
}
```

```
i = 0; n = 0 ;
while ( i < 8 )
{ if ( ta[i] == 0 )
{ i++ ; k = 2*n;
  continue ;
}
tb[n] = ta[i];
n++;
i++ ; k = 2*n;
}
```

# Classes avec méthodes static



Une classe suffit

Les méthodes sont des fonctions

Transmission des paramètres en C# (plus riche qu'en java)

Visibilité des variables

Avant d'utiliser les possibilités offertes par les classes et les objets en C#, apprenons à utiliser et exécuter des applications simples C# ne nécessitant pas la construction de nouveaux objets, ni de navigateur pour s'exécuter. **Lorsqu'il existe des différences avec le langage Java nous les mentionnerons explicitement.**

Comme C# est un langage entièrement orienté objet, un programme C# est composé de plusieurs classes, nous nous limiterons à une seule classe.

## 1 - Une classe suffit

On peut très grossièrement assimiler un programme C# ne possédant qu'une seule classe, à un programme principal classique d'un langage de programmation algorithmique.

- Une classe minimale commence obligatoirement par le mot **class** suivi de l'identificateur de la classe puis du corps d'implémentation de la classe dénommé **bloc de classe**.
- Le bloc de classe est parenthésé par deux accolades "{" et "}".

## Syntaxe d'une classe exécutable

*Exemple1 de classe minimale :*

```
class Exemple1 { }
```

Cette classe ne fait rien et ne produit rien.

En fait, une classe quelconque peut s'exécuter toute seule à condition qu'elle possède dans ses déclarations internes la méthode **Main** qui sert à lancer l'exécution de la classe (fonctionnement semblable au lancement d'un programme principal).

*Exemple2 de squelette d'une classe minimale exécutable :*

```
class Exemple2
{
    static void Main(string[ ] args)
    { // c'est ici que vous écrivez votre programme principal
    }
}
```

*Exemple3 trivial d'une classe minimale exécutable :*

```
class Exemple3
{
    static void Main(string[ ] args)
    { System.Console.WriteLine("Bonjour !");
    }
}
```

## Exemples d'applications à une seule classe

Nous reprenons deux exemples de programme utilisant la boucle **for**, déjà donnés au chapitre sur les instructions, cette fois-ci nous les réécrirons sous la forme d'une application exécutable.

*Exemple1*

```
class Application1
{
    static void Main(string[ ] args)
    { /* inverse d'une suite de caractère dans un tableau par
       permutation des deux extrêmes */
        char [ ] Tablecar ={'a','b','c','d','e','f'} ;
        int i, j ;
        System.Console.WriteLine("tableau avant : " + new string(Tablecar));
        for ( i = 0 , j = 5 ; i < j ; i++ , j-- )
        { char car ;
            car = Tablecar[i];
            Tablecar[i] = Tablecar[j];
            Tablecar[j] = car;
        }
        System.Console.WriteLine("tableau après : " + new string(Tablecar));
    }
}
```

L'instruction "new string(Tablecar)" sert uniquement pour l'affichage, elle crée une string à partir du tableau de **char**.

Contrairement à java il n'est pas nécessaire en C#, de sauvegarder la classe dans un fichier qui porte le même nom, tout nom de fichier est accepté à condition que le suffixe soit **cs**, ici "**AppliExo1.cs**". Lorsque l'on demande la compilation (production du bytecode) de ce fichier source "**AppliExo1.cs**" le fichier cible produit en **bytecode MSIL** se dénomme "**AppliExo1.exe**", il est alors prêt à être exécuté par la **machine virtuelle du CLR**.

Le résultat de l'exécution de ce programme est le suivant :

tableau avant : abcdef  
tableau après : fedcba

### Exemple2

```
class Application2
{
    static void Main(string[ ] args)
    { // recherche séquentielle dans un tableau
        int [ ] table= {12,-5,7,8,-6,6,4,78};
        int elt = 4, i ;
        for ( i = 0 ; i<8 ; i++ )
            if (elt==table[i]) break ;
        if (i == 8) System.Console.WriteLine("valeur : "+elt+" pas trouvée.");
        else System.Console.WriteLine ("valeur : "+elt+" trouvée au rang :" +i);
    }
}
```

Après avoir sauvegardé la classe dans un fichier xxx.cs, ici dans notre exemple "**AppliExo2.cs**", la compilation de ce fichier "**AppliExo2.cs**" produit le fichier "**AppliExo2.exe**" prêt à être exécuté par la **machine virtuelle du CLR**.

Le résultat de l'exécution de ce programme est le suivant :

valeur : 4 trouvée au rang :6

### Conseil de travail :

Reprenez tous les exemples simples du chapitre sur les instructions de boucle et le switch en les intégrant dans une seule classe (comme nous venons de le faire avec les deux exemples précédents) et exéutez votre programme.

## 2 - Les méthodes sont des fonctions

Les méthodes ou fonctions représentent une encapsulation des instructions qui déterminent le fonctionnement d'une classe. Sans méthodes pour agir, une classe ne fait rien de particulier, dans ce cas elle ne fait que contenir des attributs.

### Méthode élémentaire de classe

Bien que C# distingue deux sortes de méthodes : les **méthodes de classe** et les **méthodes d'instance**, pour l'instant dans cette première partie nous décidons à titre pédagogique et simplificateur de n'utiliser que les **méthodes de classe**, le chapitre sur C# et la programmation orientée objet apportera les compléments adéquats.

Une méthode de classe commence **obligatoirement** par le mot clef **static**.

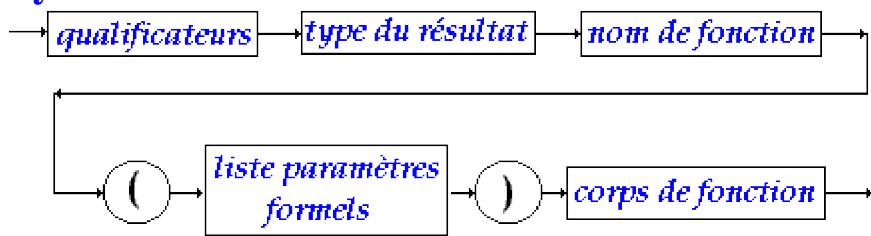
Donc par la suite dans ce document lorsque nous emploierons le mot méthode sans autre adjetif, il s'agira d'une **méthode de classe**, comme nos applications ne possèdent qu'une seule classe, nous pouvons assimiler ces méthodes aux fonctions de l'application et ainsi retrouver une *utilisation classique de C# en mode application*.

**Attention**, il est impossible en C# de déclarer une méthode à l'intérieur d'une autre méthode comme en pascal; toutes les méthodes sont au même niveau de déclaration : ce sont les méthodes de la classe !

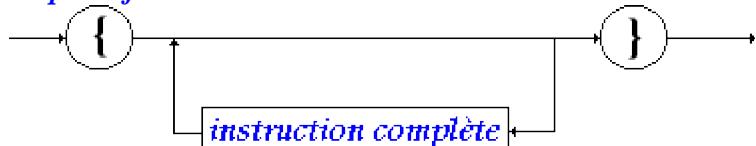
### Déclaration d'une méthode

La notion de fonction en C# est semblable à celle de Java, elle comporte **une en-tête** avec des paramètres formels **et un corps de fonction** ou de méthode qui contient les instructions de la méthode qui seront exécutés lors de son appel. La déclaration et l'implémentation doivent être consécutives comme l'indique la syntaxe ci-dessous :

#### Syntaxe :



#### corps de fonction :



Nous dénommons en-tête de fonction la partie suivante :

<qualificateurs><type du résultat><nom de fonction> (<liste paramètres formels>)

### Sémantique :

- Les qualificateurs sont des mots clefs permettant de modifier la **visibilité** ou le **fonctionnement** d'une méthode, nous n'en utiliserons pour l'instant qu'un seul : le mot clef **static** permettant de désigner la méthode qu'il qualifie comme une méthode de classe dans la classe où elle est déclarée. Une méthode n'est pas nécessairement qualifiée donc **ce mot clef peut être omis**.
- Une méthode peut renvoyer un résultat d'un type C# quelconque en particulier d'un des types élémentaires (**int, byte, short, long, bool, double, float, char...**) et nous verrons plus loin qu'elle peut renvoyer un résultat de type objet comme en Delphi. **Ce mot clef ne doit pas être omis**.
- Il existe en C# comme en C une écriture fonctionnelle correspondant aux procédures des langages procéduraux : on utilise une **fonction qui ne renvoie aucun résultat**. L'approche est inverse à celle du pascal où la procédure est le bloc fonctionnel de base et la fonction n'en est qu'un cas particulier. En C# la fonction (ou méthode) est le seul bloc fonctionnel de base et la procédure n'est qu'un cas particulier de fonction dont le retour est de type **void**.
- La liste des paramètres formels est semblable à la partie déclaration de variables en C# (sans initialisation automatique). **La liste peut être vide**.
- Le corps de fonction est identique au bloc instruction C# déjà défini auparavant. **Le corps de fonction peut être vide** (la méthode ne représente alors aucun intérêt).

Exemples d'en-tête de méthodes *sans paramètres* en C#

<b>int</b> calculer( ){.....}	renvoie un entier de type <b>int</b>
<b>bool</b> tester( ){.....}	renvoie un entier de type <b>bool</b>
<b>void</b> uncalcul( ){.....}	procédure <b>ne renvoyant rien</b>

Exemples d'en-tête de méthodes *avec paramètres* en C#

<b>int</b> calculer( <b>byte</b> a, <b>byte</b> b, <b>int</b> x ) {.....}	<b>fonction à 3 paramètres</b>
<b>bool</b> tester( <b>int</b> k ) {.....}	<b>fonction à 1 paramètre</b>
<b>void</b> uncalcul( <b>int</b> x, <b>int</b> y, <b>int</b> z ) {.....}	<b>procédure à 3 paramètres</b>

## Appel d'une méthode

L'**appel de méthode** en C# s'effectue très classiquement avec des paramètres effectifs dont le **nombre** doit obligatoirement être le **même** que celui des paramètres formels et le **type** doit être soit le **même**, soit un type **compatible** ne nécessitant pas de transtypage.

Exemple d'appel de méthode-procédure *sans paramètres* en C#

```
class Application3
{
    static void Main(string[ ] args)
    {
        afficher( );
    }
    static void afficher( )
    {
        System.Console.WriteLine("Bonjour");
    }
}
```

### Appel de la méthode afficher

Exemple d'appel de méthode-procédure *avec paramètres de même type* en C#

```
class Application4
{ static void Main(string[ ] args)
    { // recherche séquentielle dans un tableau
        int [ ] table= {12,-5,7,8,-6,6,4,78};
        long elt = 4;
        int i ;
        for ( i = 0 ; i<=8 ; i++ )
            if (elt==table[i]) break ;
        afficher(i,elt);
    }
    static void afficher (int rang , long val)
    { if (rang == 8)
        System.Console.WriteLine ("valeur : "+ val+" pas trouvée.");
        else
        System.Console.WriteLine ("valeur : "+ val
                                +" trouvée au rang :" + rang);
    }
}
```

### Appel de la méthode afficher

Afficher (i , elt);

Les deux paramètres effectifs "i" et "elt" sont du même type que le paramètre formel associé.

- Le paramètre effectif "i" est associé au paramètre formel rang.

- Le paramètre effectif "elt" est associé au paramètre formel val.

## 3 - Transmission des paramètres

*Rappelons tout d'abord quelques principes de base :*

Dans tous les langages possédant la notion de sous-programme (ou fonction ou procédure), il se pose une question à savoir : à quoi servent les paramètres formels ? Les paramètres **formels** décrits lors de la déclaration d'un sous-programme ne sont que des variables muettes servant à expliquer le fonctionnement du sous-programme sur des futures variables lorsque le sous-programme s'exécutera **effectivement**.

La démarche en informatique est semblable à celle qui, en mathématiques, consiste à écrire la fonction  $f(x) = 3*x - 7$ , dans laquelle  $x$  est une variable muette indiquant comment  $f$  est calculée : en informatique **elle joue le rôle du paramètre formel**. Lorsque l'on veut obtenir une valeur effective de la fonction mathématique  $f$ , par exemple pour  $x=2$ , on écrit  $f(2)$  et l'on calcule  $f(2)=3*2 - 7 = -1$ . En informatique on "passera" un paramètre effectif dont la valeur vaut 2 à la fonction. D'une manière générale, en informatique, il y a un **sous-programme appelant** et un **sous-programme appelé** par le sous-programme appelant.

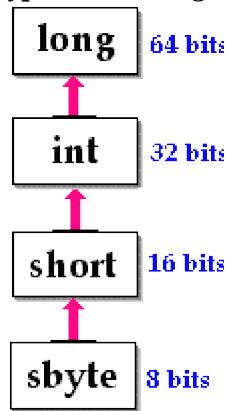
## Compatibilité des types des paramètres

Resituons la compatibilité des types entier et réel en C#.

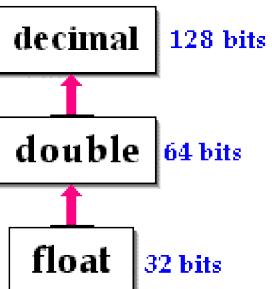
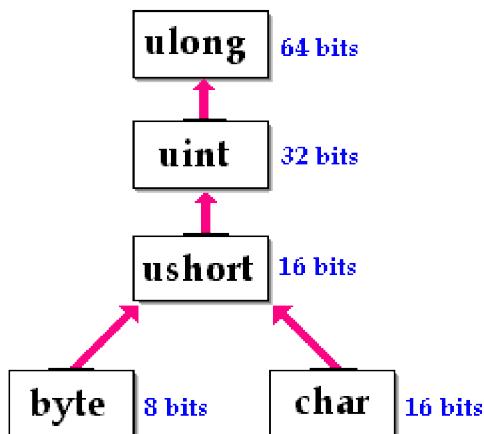
Un moyen mémotechnique pour retenir cette compatibilité est indiqué dans les figures ci-dessous, par la taille en nombre décroissant de bits de chaque type que l'on peut mémoriser sous la forme "**qui peut le plus peut le moins**" ou bien un type à **n** bits accueillera un sous-type à **p** bits, si **p** est inférieur à **n**.

## Compatibilité ascendante des types de variables en C# (conversion implicite sans transtypage obligatoire)

*Les types entiers signés :*



*Les types entiers non signés :*



Exemple d'appel de la même méthode-procédures *avec paramètres de type compatibles* en C#

```
class Application5
{ static void Main(string[ ] args)
  { // recherche séquentielle dans un tableau
    int [ ] table= {12,-5,7,8,-6,6,4,78};
    sbyte elt = 4;
    short i ;
    for ( i = 0 ; i<8 ; i++ )
      if (elt==table[i]) break ;
    afficher(i,elt);
  }
  static void afficher (int rang , long val)
  { if (rang == 8)
    System.Console.WriteLine ("valeur : "+ val+" pas trouvée.");
    else
    System.Console.WriteLine ("valeur : "+ val
                            +" trouvée au rang :" + rang);
  }
}
```

#### Appel de la méthode afficher

afficher(**i**,**elt**);

Les deux paramètres effectifs "**i**" et "**elt**" sont d'un type compatible avec celui du paramètre formel associé.

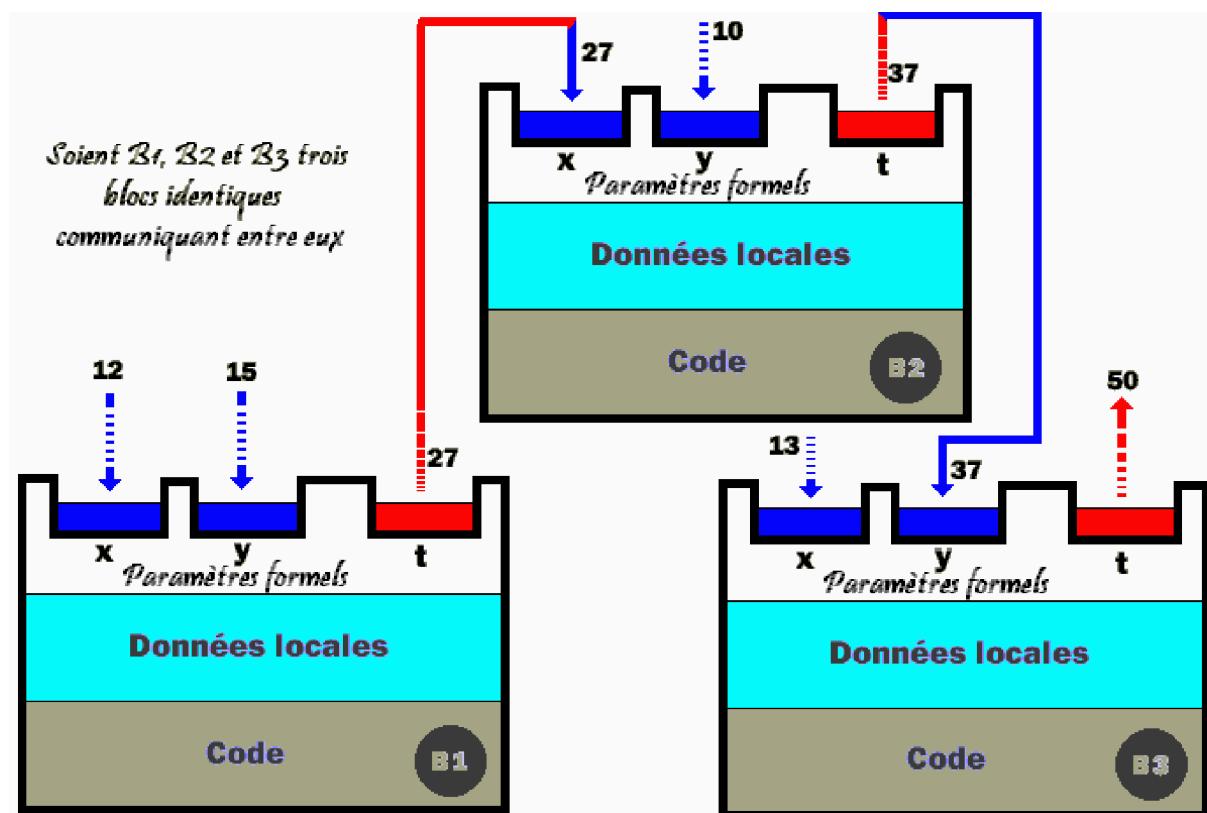
- Le paramètre effectif "**i**" est associé au paramètre formel **rang**.(**short** = entier signé sur 16 bits et **int** = entier signé sur 32 bits)

- Le paramètre effectif "**elt**" est associé au paramètre formel **val**.(**sbyte** = entier signé sur 8 bits et **long** = entier signé sur 64 bits)

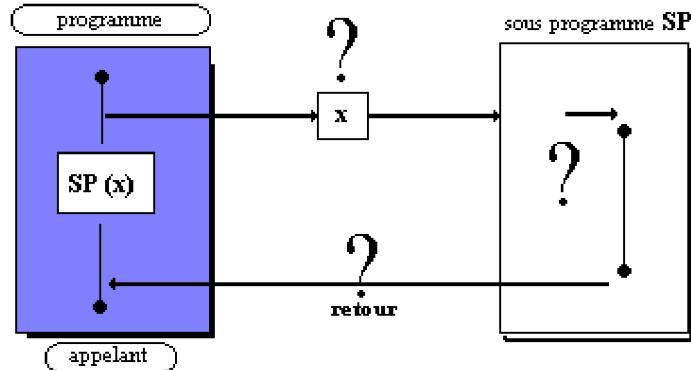
*Les trois modes principaux de transmission des paramètres sont :*

- E** | passage par **valeur**
- | passage par **référence**
- | passage par **résultat**

Un paramètre effectif transmis au sous-programme appelé est en fait un moyen d'utiliser ou d'accéder à une information appartenant au bloc appelant (le bloc appelé peut être le même que le bloc appelant, il s'agit alors de récursivité).



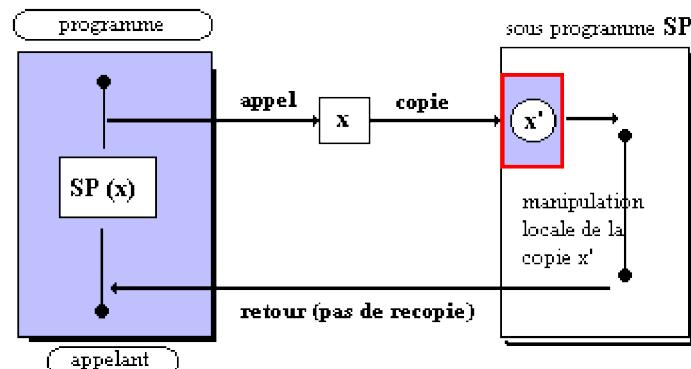
La question technique qui se pose en C# comme dans tout langage de programmation est de connaître le fonctionnement du passage des paramètres :



En C#, ces trois modes de transmission (ou de passage) des paramètres (très semblables à Delphi) sont implantés.

### 3.1 - Les paramètres C# passés par valeur

Le passage par **valeur** est valable pour tous les types élémentaires (**int, byte, short, long, bool, double, float, char**) et les objets.



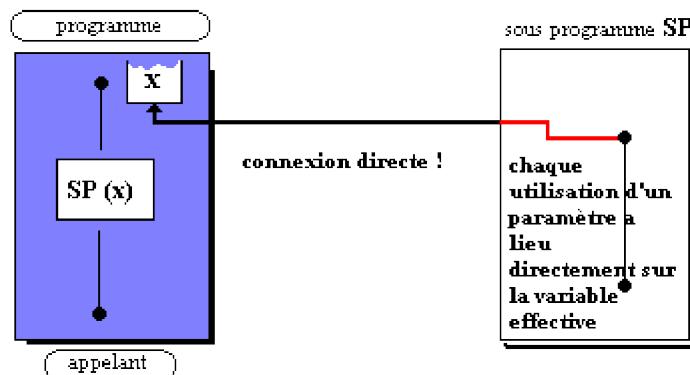
En C# tous les paramètres sont passés par défaut par valeur (lorsque le paramètre est un objet, c'est en fait **la référence de l'objet qui est passée par valeur**). Pour ce qui est de la vision algorithmique de C#, le passage par valeur permet à une variable d'être passée comme paramètre d'entrée.

```
static int methode1(int a , char b) {
    //.....
    return a+b;
}
```

Cette méthode possède 2 paramètres **a** et **b** en entrée passés par valeur et renvoie un résultat de type **int**.

### 3.2 - Les paramètres C# passés par référence

Le passage par **référence** est valable pour tous les types de C#.



En C# pour indiquer un passage par référence on précède la déclaration du paramètre formel du mot clef **ref** :

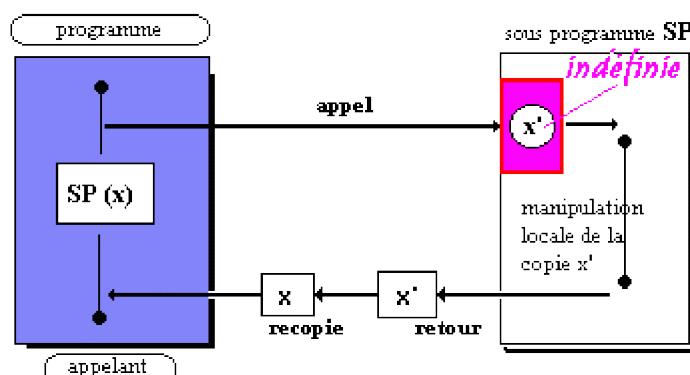
```
static int methode1(int a , ref char b) {
    //.....
    return a+b; }
```

Lors de l'appel d'un paramètre passé par référence, le mot clef **ref** doit **obligatoirement** précéder le paramètre effectif **qui doit obligatoirement avoir été initialisé auparavant** :

```
int x = 10, y = '$', z = 30;
z = methode1(x, ref y);
```

### 3.3 - Les paramètres C# passés par résultat

Le passage par **résultat** est valable pour tous les types de C#.



En C# pour indiquer un passage par résultat on précède la déclaration du paramètre formel du mot

**out :**

```
static int methode1(int a , out char b) {  
//.....  
return a+b;  
}
```

Lors de l'appel d'un paramètre passé par résultat, le mot clef **out** doit **obligatoirement** précéder le paramètre effectif **qui n'a pas besoin d'avoir été initialisé** :

```
int x = 10, y , z = 30;  
z = methode1(x, out y);
```

**Remarque :**

Le choix de **passage selon les types** élimine les inconvénients dûs à l'encombrement mémoire et à la lenteur de recopie de la valeur du paramètre par exemple dans un passage par valeur, car nous verrons plus loin que les **tableaux en C# sont des objets** et que leur structure est passée **par référence**.

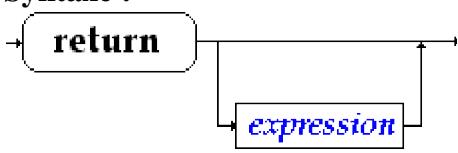
### 3.4 - Les retours de résultats de méthode type fonction

Les méthodes de type fonction en C#, peuvent renvoyer un résultat de n'importe quel type et acceptent des paramètres de tout type.

Une méthode- fonction ne peut renvoyer qu'**un seul** résultat comme en Java, mais l'utilisation des passages de paramètres par **référence** ou par **résultat**, permet aussi d'utiliser les paramètres de la fonction comme des variables de résultats comme en Delphi.

En C# comme en Java le retour de résultat est passé grâce au mot clef **return** placé n'importe où dans le corps de la méthode.

**Syntaxe :**



L'expression lorsqu'elle est présente est quelconque mais doit être obligatoirement du même type que le type du résultat déclaré dans l'en-tête de fonction (ou d'un type compatible). Lorsque le **return** est rencontré il y a arrêt de l'exécution du code de la méthode et retour du résultat dans le bloc appelant.

## 4 - Visibilités des variables

Le principe de base est que les variables en C# sont visibles (donc utilisables) dans le bloc dans lequel elles ont été définies.

### Visibilité de bloc

C# est un langage à structure de blocs ( comme pascal et C ) dont le principe général de visibilité est :

**Toute variable déclarée dans un bloc est visible dans ce bloc et dans tous les blocs imbriqués dans ce bloc.**

En C# les blocs sont constitués par :

- **les classes,**
- **les méthodes,**
- **les instructions composées,**
- **les corps de boucles,**
- **les try...catch**

Le masquage des variables n'existe que pour les variables déclarées dans des méthodes :

**Il est interdit de redéfinir une variable déjà déclarée dans une méthode soit :**

**comme paramètre de la méthode,**

**comme variable locale à la méthode,**

**dans un bloc inclus dans la méthode.**

**Il est possible de redéfinir une variable déjà déclarée dans une classe.**

### Variables dans une classe, dans une méthode

Les variables définies (déclarées, et/ou initialisées) dans une classe sont accessibles à toutes les méthodes de la classe, la visibilité peut être modifiée par les qualificateurs **public** ou **private** que nous verrons au chapitre C# et POO.

### **Exemple de visibilité dans une classe**

```
class ExempleVisible1 {  
    int a = 10;  
  
    int g (int x )  
    { return 3*x-a;  
    }  
  
    int f (int x, int a )  
    { return 3*x-a;  
    }  
}
```

La variable "a" définie dans **int a =10;** :

- Est une variable de la classe ExempleVisible.
- Elle est visible dans la méthode **g** et dans la méthode **f**. C'est elle qui est utilisée dans la méthode **g** pour évaluer l'expression **3\*x-a**.
- Dans la méthode **f**, elle est masquée par le paramètre du même nom qui est utilisé pour évaluer l'expression **3\*x-a**.

Contrairement à ce que nous avions signalé plus haut nous n'avons pas présenté un exemple fonctionnant sur des méthodes de classes (qui doivent obligatoirement être précédées du mot clef **static**), mais sur des méthodes d'instances dont nous verrons le sens plus loin en POO.

Remarquons avant de présenter le même exemple cette fois-ci sur des méthodes de classes, que quelque soit le genre de méthode la visibilité des variables est **identique**.

### **Exemple identique sur des méthodes de classe**

```
class ExempleVisible2 {  
    static int a = 10;  
  
    static int g (int x )  
    { return 3*x-a;  
    }  
  
    static int f (int x, int a )  
    { return 3*x-a;  
    }  
}
```

La variable "a" définie dans **static int a =10;** :

- Est une variable de la classe ExempleVisible.
- Elle est visible dans la méthode **g** et dans la méthode **f**. C'est elle qui est utilisée dans la méthode **g** pour évaluer l'expression **3\*x-a**.
- Dans la méthode **f**, elle est masquée par le paramètre du même nom qui est utilisé pour évaluer l'expression **3\*x-a**.

Les variables définies dans une méthode (de classe ou d'instance) suivent les règles classiques de la visibilité du bloc dans lequel elles sont définies :

Elles sont visibles dans toute la méthode et dans tous les blocs imbriqués dans cette méthode et seulement à ce niveau (les autres méthodes de la classe ne les voient pas), c'est pourquoi on emploie aussi le terme de variables locales à la méthode.

Reprendons l'exemple précédent en adjoignant des variables locales aux deux méthodes f et g.

### Exemple de variables locales

```
class ExempleVisible3 {  
    static int a = 10;  
  
    static int g (int x )  
    { char car = 't';  
        long a = 123456;  
        ....  
        return 3*x-a;  
    }  
  
    static int f (int x, int a )  
    { char car ='u';  
        ....  
        return 3*x-a;  
    }  
}
```

La variable de classe "a" définie dans **static int a = 10;** est masquée dans les deux méthodes **f** et **g**.

Dans la méthode **g**, c'est la variable locale **long a = 123456** qui masque la variable de classe **static int a**. **char car = 't'**; est une variable locale à la méthode **g**.

- Dans la méthode **f**, **char car = 'u'**; est une variable locale à la méthode **f**, le paramètre **int a** masque la variable de classe **static int a**.

Les variables locales **char car** n'existent que dans la méthode où elles sont définies, les variables "car" de **f** et celle de **g** n'ont aucun rapport entre elles, bien que portant le même nom.

## Variables dans un bloc autre qu'une classe ou une méthode

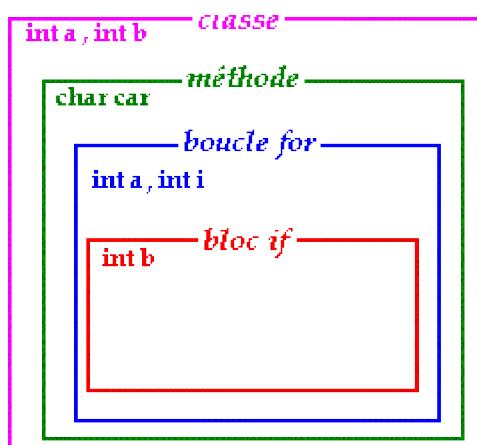
Les variables définies dans des blocs du genre instructions composées, boucles, **try...catch** ne sont visibles que dans le bloc et ses sous-blocs imbriqués, dans lequel elles sont définies.

Toutefois attention aux *redéfinitions* de variables locales. Les blocs du genre instructions composées, boucles, **try...catch** ne sont utilisés qu'à l'intérieur du corps d'une méthode (ce sont les actions qui dirigent le fonctionnement de la méthode), les variables définies dans de tels blocs sont automatiquement considérées par C# comme des variables locales à la méthode. Tout en respectant à l'intérieur d'une méthode le principe de visibilité de bloc, C# **n'accepte pas** le masquage de variable à l'**intérieur des blocs imbriqués**.

Nous donnons des exemples de cette visibilité :

### Exemple correct de variables locales

```
class ExempleVisible4 {  
  
    static int a = 10, b = 2;  
  
    static int f (int x )  
    { char car = 't';  
  
        for (int i = 0; i < 5 ; i++)  
        {int a=7;  
  
            if (a < 7)  
            {int b = 8;  
                b = 5-a+i*b;  
            }  
  
            else b = 5-a+i*b;  
        }  
    }  
}
```



La variable de classe "a" définie dans **static int a =** =

```

        }
        return 3*x-a+b;
    }
}

```

10; est masquée dans la méthode **f** dans le bloc imbriqué **for**.

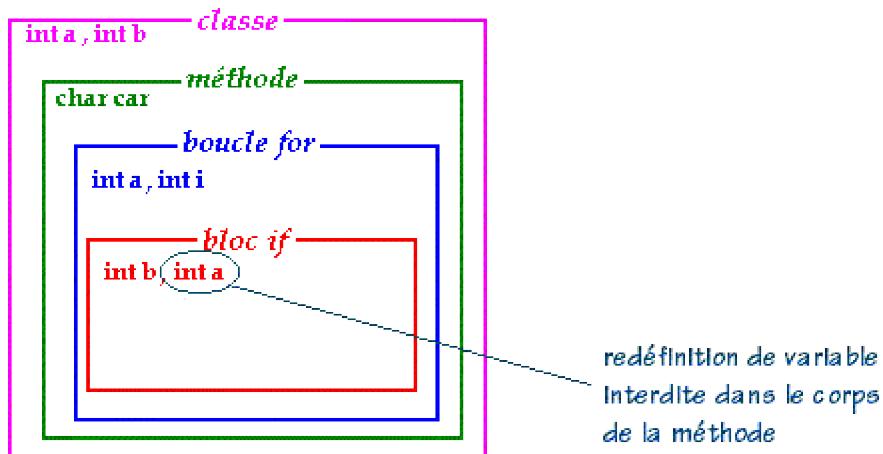
La variable de classe "b" définie dans **static int b = 2;** est masquée dans la méthode **f** dans le bloc imbriqué **if**.

Dans l'instruction **{ int b = 8; b = 5-a+i\*b; }**, c'est la variable **b** interne à ce bloc qui est utilisée car elle masque la variable **b** de la classe.

Dans l'instruction **else b = 5-a+i\*b;**, c'est la variable **b** de la classe qui est utilisée (car la variable **int b = 8** n'est plus visible ici).

### *Exemple de variables locales générant une erreur*

Schéma de visibilité incorrect



```

class ExempleVisible5 {
    static int a = 10, b = 2;

    static int f(int x)
    {
        char car = 't';

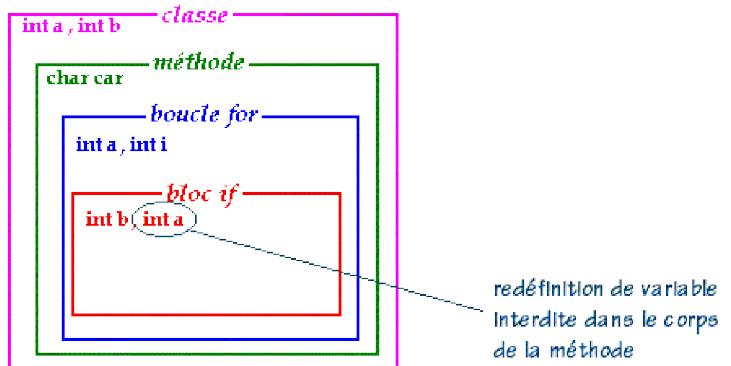
        for (int i = 0; i < 5 ; i++)
            {int a=7;

            if (a < 7)
                {int b = 8, a = 9;
                b = 5-a+i*b;
                }

            else b = 5-a+i*b;
            }
    }
}

```

Schéma de visibilité incorrect



Toutes les remarques précédentes restent valides puisque l'exemple ci-contre est quasiment identique au précédent. Nous avons seulement rajouté dans le bloc **if** la définition d'une nouvelle variable interne **a** à ce bloc.

C# produit une erreur de compilation **int b = 8, a = 9;** sur la variable **a**, en indiquant que c'est une **redéfinition** de

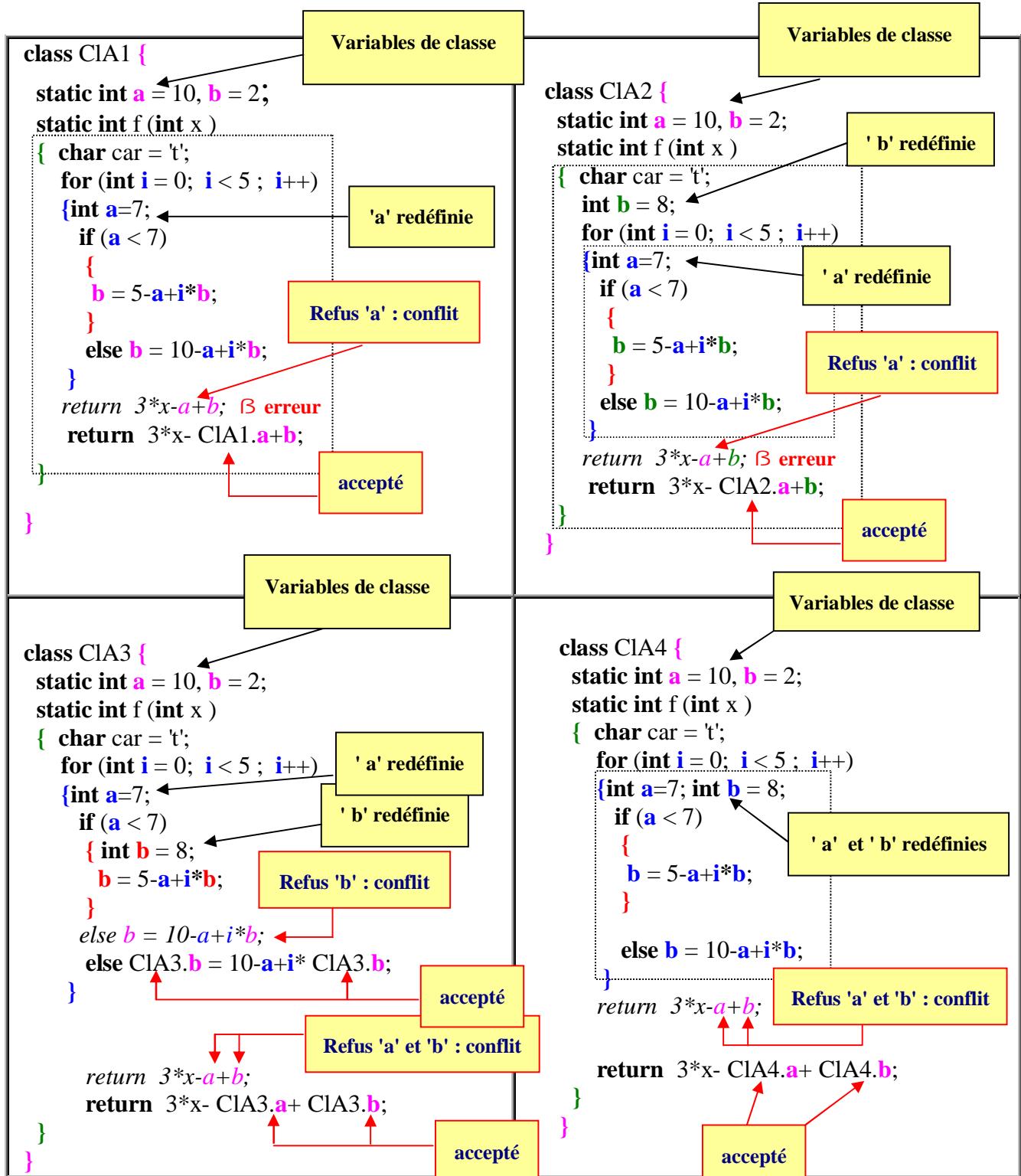
```
    return 3*x-a+b;  
}
```

variable à l'intérieur de la méthode **f**, car nous avions déjà défini une variable **a** (**{ int a=7;...}**) dans le bloc englobant **for {...}**.

Remarquons que le principe de visibilité des variables adopté en C# est identique au principe inclus dans tous les langages à structures de bloc y compris pour le **masquage**, s'y rajoute en C# comme en Java, uniquement l'interdiction de la **redéfinition** à l'intérieur d'une même méthode (semblable en fait, à l'interdiction de redéclaration sous le même nom, de variables locales à un bloc).

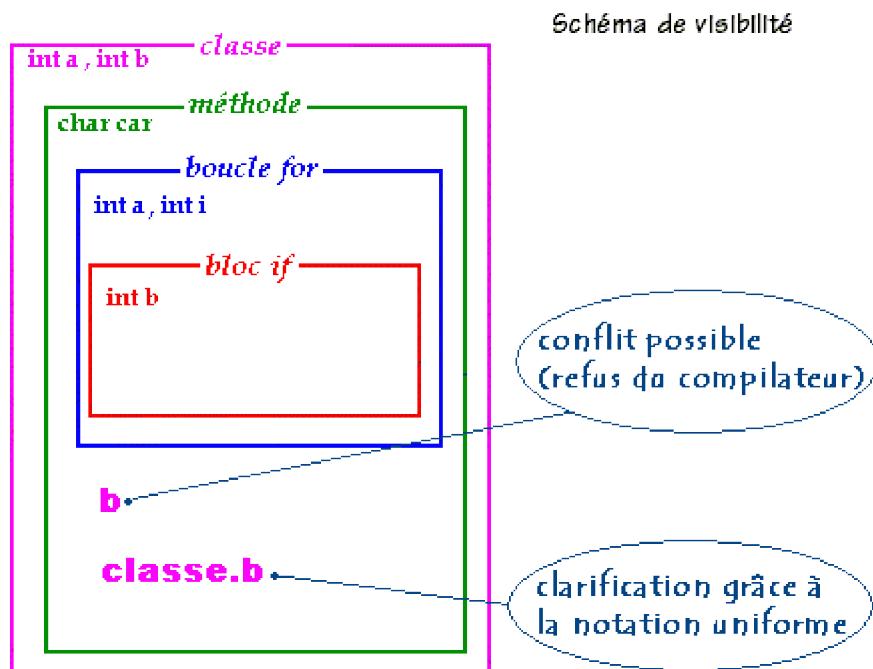
## Spécificités du compilateur C#

Le compilateur C# n'accepte pas que l'on utilise une **variable de classe** qui a été **redéfinie dans un bloc** interne à une méthode, sans la qualifier par la notation uniforme aussi appelée opération de résolution de portée. Les 4 exemples ci-dessous situent le discours :



Observez les utilisations et les redéfinitions correctes des variables "static int a = 10, int b = 2;" déclarées comme variables de classe et redéfinies dans différents blocs de la classe (lorsqu'il y a un conflit signalé par le compilateur sur une instruction nous avons mis tout de suite après le code correct accepté par le compilateur)

Là où le compilateur C# détecte un conflit potentiel, il suffit alors de qualifier la variable grâce à l'opérateur de résolution de portée, comme par exemple ClasseA.b pour indiquer au compilateur la variable que nous voulons utiliser.



Comparaison C#, java : la même classe à gauche passe en Java mais fournit 6 conflits en C#

En Java	Conflits levés en C#
<pre>class ClA5 {     static int a = 10, b = 2;     static int f(int x )     { char car = 't';         for (int i = 0; i &lt; 5 ; i++)         {             if (a &lt; 7)                 { int b = 8 , a = 7;                     b = 5-a+i*b;                 }             else                 b = 10-a+i* b;         }         return 3*x- a+ b;     } }</pre>	<pre>class ClA5 {     static int a = 10, b = 2;     static int f(int x )     { char car = 't';         for (int i = 0; i &lt; 5 ; i++)         {             if (ClA5.a &lt; 7)                 { int b = 8 , a = 7;                     b = 5-a+i*b;                 }             else                 ClA5.b = 10-ClA5.a+i*ClA5.b;         }         return 3*x- ClA5.a+ ClA5.b;     } }</pre> <p style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-left: 20px;">'a' et 'b' redéfinies</p> <p style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-left: 20px;">Evite le conflit</p>

# Les chaînes de caractères string



## La classe string

Le type de données String (chaîne de caractère) est une classe de **type référence** dans l'espace de noms **System** de .NET Framework. **Donc une chaîne de type string est un objet qui n'est utilisable qu'à travers les méthodes de la classe string.** Le type **string** est un alias du type **System.String** dans .NET

Un littéral de chaîne est une suite de caractères entre guillemets : " **abcdef** " est un exemple de littéral de String.

Toutefois un objet **string** de C# est immuable (son contenu ne change pas)

- Etant donné que cette classe est très utilisée les variables de type string bénéficient d'un statut d'utilisation aussi souple que celui des autres **types élémentaires par valeurs**. On peut les considérer comme des listes de caractères Unicode numérotés de 0 à n-1 (si n figure le nombre de caractères de la chaîne).
- Il est possible d'accéder à chaque caractère de la chaîne en la considérant comme un **tableau de caractères en lecture seule**.

## Accès à une chaîne string

Déclaration d'une variable String	<b>String str1;</b>
Déclaration d'une variable String avec initialisation	<b>String str1 = " abcdef ";</b> Instancie un nouvel objet : "abcdef "
On accède à la longueur d'une chaîne par la propriété :  <b>int Length</b>	<b>String str1 = "abcdef";</b> <b>int longueur;</b> <b>longueur = str1.Length ; // ici longueur = 6</b>

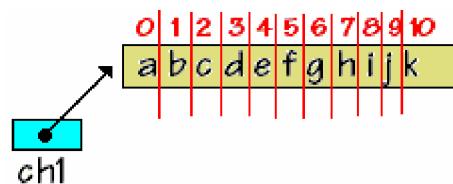
**On accède à un caractère de rang fixé d'une chaîne par l'opérateur [ ] :**

(la chaîne est lue comme un tableau de char)

Il est possible d'accéder en lecture seulement à chaque caractères d'une chaîne, mais qu'il est impossible de modifier un caractère directement dans une chaîne.

`String ch1 = "abcdefghijklm";`

Représentation interne de l'objet ch1 de type **string** :



`char car = ch1[4];`

// ici la variable car contient la lettre 'e'

### Remarque

En fait l'opérateur [ ] est un indexeur de la classe **string** (cf. chapitre indexeurs en C#), et il est en lecture seule :

`public char this [ int index ] { get ; }`

Ce qui signifie au stade actuel de compréhension de C#, qu'il est possible d'accéder en lecture seulement à chaque caractères d'une chaîne, mais qu'il est impossible de modifier un caractère grâce à l'indexeur.

`char car = ch1[7]; // l'indexeur renvoie le caractère 'h' dans la variable car.`

`ch1[5] = car; // Erreur de compilation : l'écriture dans l'indexeur est interdite !!`

`ch1[5] = 'x'; // Erreur de compilation : l'écriture dans l'indexeur est interdite !!`

## Opérations de base sur une chaîne string

Le type **string** possède des méthodes d'**insertion**, **modification** et **suppression** : méthodes **Insert**, **Copy**, **Concat**...

**Position d'une sous-chaîne à l'intérieur d'une chaîne donnée :**

**Méthode surchargée 6 fois :**

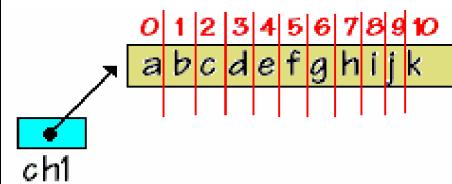
`int IndexOf ( ... )`

Ci-contre une utilisation de la surcharge :

`int IndexOf ( string ssch )` qui renvoie l'indice de la première occurrence du **string** ssch contenue dans la chaîne scannée.

**Recherche de la position de ssch dans ch1 :**

`String ch1 = " abcdef ", ssch="cde";`



`int rang;`

`rang = ch1.IndexOf ( ssch );`

// ici la variable rang vaut 2

<p><b>Concaténation de deux chaînes</b></p> <p><b>Un opérateur ou une méthode</b></p> <p><b>Opérateur : + sur les chaînes</b></p> <p>ou</p> <p><b>Méthode static surchargée 8 fois :</b></p> <p><b>String Concat(...)</b></p> <p>Les deux écritures ci-dessous sont donc équivalentes en C# :</p> <p>str3 = str1+str2 <math>\diamond</math> str3 = str1.Concat(str2)</p>	<pre>String str1,str2,str3; str1="bon"; str2="jour"; str3=str1+str2;</pre>
<p><b>Insertion d'une chaîne</b></p> <p><b>dans</b></p> <p><b>une autre chaîne</b></p> <p>Appel de la méthode <b>Insert</b> de la chaîne ch1 afin de construire une nouvelle chaîne ch2 qui est une copie de ch1 dans laquelle on a inséré une sous-chaîne, ch1 n'a pas changé (immuabilité).</p>	<p>Soit :</p> <pre>ch1 = "abcdefghijklk";</pre> <p>Puis invocation de la méthode Insert sur ch1 :</p> <pre>ch2 = ch1.Insert(4,"x");</pre> <p><b>ch2</b> est une copie de <b>ch1</b> dans laquelle on a inséreré la sous-chaîne "...x...".</p>

### Attention :

les méthodes d'insertion, suppression, etc... ne modifient pas la chaîne objet qui invoque la méthode mais renvoient un autre objet de chaîne différent, obtenu après action de la méthode sur l'objet initial.

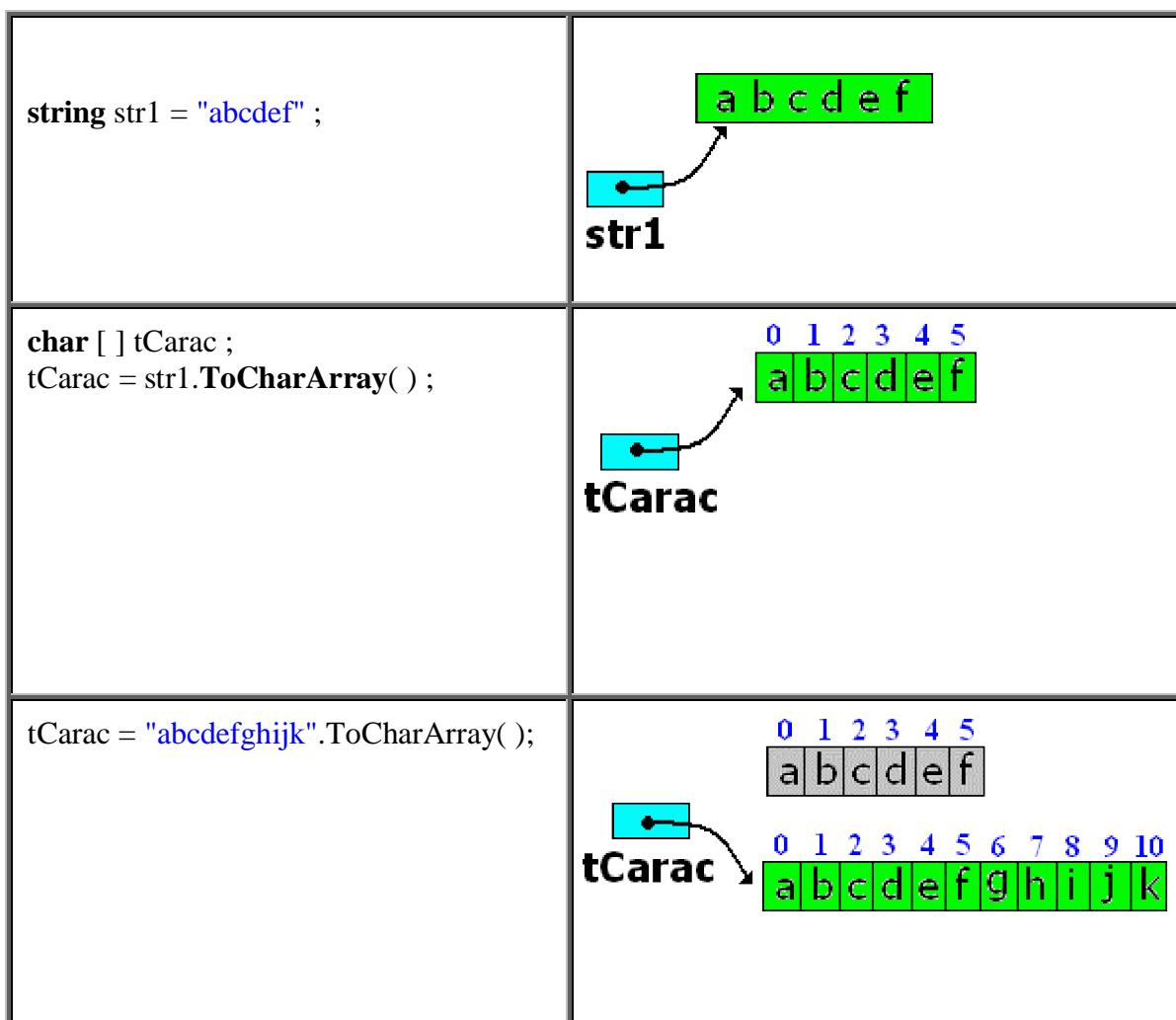
## Convertir une chaîne string en tableau de caractères

Si l'on souhaite se servir d'une **string** comme un tableau de **char**, il faut utiliser la méthode **ToCharArray** qui convertit la chaîne en un tableau de caractères contenant tous les caractères de la chaîne.

Soient les lignes de programme suivantes :

```
string str1 = "abcdef" ;  
char [ ] tCarac ;  
tCarac = str1.ToCharArray( ) ;  
tCarac = "abcdefghijklm".ToCharArray( );
```

Illustrons ces lignes par des schémas de références :



## Opérateurs d'égalité et d'inégalité de string

L'opérateur d'égalité `==`, détermine si deux objets **string** spécifiés ont la **même valeur**, il se comporte comme sur des éléments de type de base (int, char,...)

**string** a , b ;

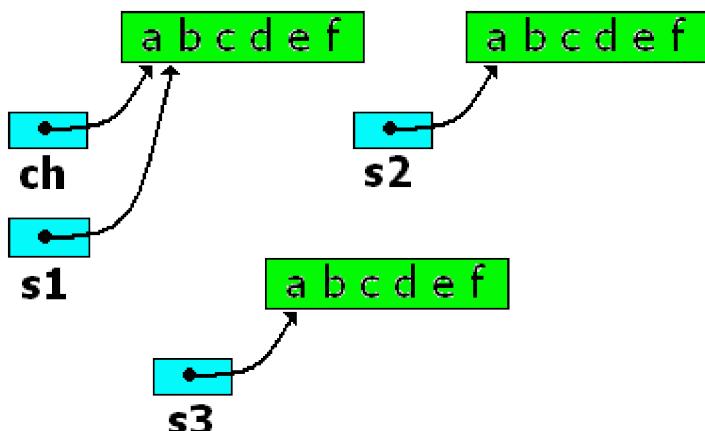
(a `==` b ) renvoie **true** si la valeur de a est la même que la valeur de b ; sinon il renvoie **false**.

**public static bool** operator `==` ( **string** a, **string** b );

Cet opérateur est surchargé et donc il compare les valeurs effectives des chaînes et non leur références, il fonctionne comme la méthode **public bool Equals( string value )** de la classe **string**, qui teste l'égalité de valeur de deux chaînes.

Voici un morceau de programme qui permet de tester l'opérateur d'égalité `==` et la méthode `Equals` :

```
string s1,s2,s3,ch;
ch = "abcdef";
s1 = ch;
s2 = "abcdef";
s3 = new string("abcdef".ToCharArray());
```



```
System.Console.WriteLine("s1="+s1);
System.Console.WriteLine("s2="+s2);
System.Console.WriteLine("s3="+s3);
System.Console.WriteLine("ch="+ch);
if( s2 == ch )System.Console.WriteLine("s2=ch");
else System.Console.WriteLine("s2<>ch");
if( s2 == s3 )System.Console.WriteLine("s2=s3");
else System.Console.WriteLine("s2<>s3");
if( s3 == ch )System.Console.WriteLine("s3=ch");
else System.Console.WriteLine("s3<>ch");
if( s3.Equals(ch) )System.Console.WriteLine("s3 égal ch");
else System.Console.WriteLine("s3 différent de ch");
```

*Après exécution on obtient :*

```
s1=abcdef  
s2=abcdef  
s3=abcdef  
ch=abcdef  
s2=ch  
s2=s3  
s3=ch  
s3 égal ch
```

## POUR LES HABITUDES DE JAVA : ATTENTION

L'opérateur d'égalité == en Java (Jdk1.4.2) n'est pas surchargé, il ne fonctionne pas totalement de la même façon que l'opérateur == en C#, car il ne compare que les références. Donc des programmes en apparence syntaxiquement identiques dans les deux langages, peuvent produire des résultats d'exécution différents :

Programme Java	Programme C#
<pre>String ch; ch = "abcdef" ;  String s2,s1="abc" ; s2 = s1+"def";  <i>//-- tests d'égalité avec l'opérateur ==</i> <b>if( s2 == "abcdef" ) System.out.println</b> ( "s2==abcdef" ); <b>else System.out.println ( "s2&lt;&gt;abcdef" );</b> <b>if( s2 == ch ) System.out.println</b> ( "s2==ch" ); <b>else System.out.println ( "s2&lt;&gt;ch" );</b></pre>	<pre>string ch; ch = "abcdef" ;  string s2,s1="abc" ; s2 = s1+"def";  <i>//-- tests d'égalité avec l'opérateur ==</i> <b>if( s2 == "abcdef" ) System.Console.WriteLine</b> ( "s2==abcdef" ); <b>else System.Console.WriteLine ( "s2&lt;&gt;abcdef" );</b> <b>if( s2 == ch ) System.Console.WriteLine</b> ( "s2==ch" ); <b>else System.Console.WriteLine ( "s2&lt;&gt;ch" );</b></pre>
<b>Résultats d'exécution du code Java :</b>  <b>s2&lt;&gt;abcdef</b>  <b>s2&lt;&gt;ch</b>	<b>Résultats d'exécution du code C# :</b>  <b>s2==abcdef</b>  <b>s2==ch</b>

## Rapport entre string et char

Une chaîne **string** contient des éléments de base de type **char**, comment passe-t-on de l'un à l'autre type ?

1°) On ne peut pas considérer un **char** comme un cas particulier de **string**, le transtypage suivant est refusé comme en Java :

```
char car = 'r';
string s;
s = (string)car;
```

Il faut utiliser l'une des surcharges de la méthode de conversion **ToString** de la classe **Convert** :

```
System.Object
|__System.Convert
méthode de classe static :
public static string ToString( char c );
```

Le code suivant est correct, il permet de stocker un caractère **char** dans une **string** :

```
char car = 'r';
string s;
s = Convert.ToString (car);
```

### Remarque :

La classe **Convert** contient un grand nombre de méthodes de conversion de types. Microsoft indique que cette classe : "constitue une façon, indépendante du langage, d'effectuer les conversions et est disponible pour tous les langages qui ciblent le Common Language Runtime. Alors que divers langages peuvent recourir à différentes techniques pour la conversion des types de données, la classe **Convert** assure que toutes les conversions communes sont disponibles dans un format générique."

2°) On peut concaténer avec l'opérateur +, des **char** à une chaîne **string** déjà existante et affecter le résultat à une String :

```
string s1 , s2 ="abc" ;
char c = 'e' ;
s1 = s2 + 'd' ;
s1 = s2 + c ;
```

Toutes les écritures précédentes sont licites et acceptées par le compilateur C#, il n'en est pas de même pour les écritures ci-après :

Les écritures suivantes seront refusées :	Ecritures correctes associées :
<pre>String s1 , s2 ="abc" ; char c = 'e' ; s1 = 'd' + c ; // types incompatibles</pre>	<pre>String s1 , s2 ="abc" ; char c = 'e' ; s1 = "d" + Convert.ToString ( c );</pre>
<pre>s1 = 'd' + 'e'; // types incompatibles</pre>	<pre>s1 = "d" + "e"; s1 = "d" + 'e'; s1 = 'd' + "e";</pre>

Le compilateur enverra le message d'erreur suivant pour l'instruction `s1 = 'd' + c ;` et pour l'instruction `[s1 = 'd' + 'e';]` :

*[C# Erreur] : Impossible de convertir implicitement le type 'int' en 'string'*

Car il faut qu'au moins un des deux opérandes de l'opérateur + soit du type **string** :

- ✓ Le littéral 'e' est de type **char**,
- ✓ Le littéral "e" est de type **string** (chaîne ne contenant qu'un seul caractère)

Pour plus d'information sur toutes les méthodes de la classe **string** consulter la documentation de .Net framework.

# Tableaux et matrices



## Généralités sur les tableaux

Dès que l'on travaille avec de nombreuses données homogènes ( de même type) la première structure de base permettant le regroupement de ces données est le **tableau**. C# comme tous les langages algorithmiques propose cette structure au programmeur. Comme pour les string et pour des raisons d'efficacité dans l'encombrement mémoire, les tableaux sont gérés par C# , comme des objets de **type référence** (donc sur le tas), leur type hérite de la classe abstraite **System.Array..**

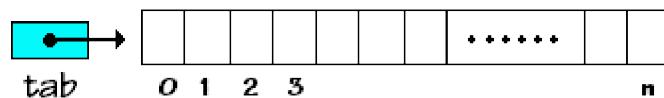
Les tableaux C# sont indexés uniquement par des entiers (**char, int, long,...**) et sur un intervalle fixe à partir de zéro. Un tableau C# peut avoir de une ou à plusieurs dimensions, nous avons donc les variétés suivantes de tableaux dans le CLR :

- Tableaux à une dimension.
- Tableaux à plusieurs dimensions (matrices,...) comme en Delphi.
- Tableaux déchiquetés comme en Java.

Chaque dimension d'un tableau en C# est définie par une valeur ou longueur, qui est un nombre ou une variable **N** entier (**char, int, long,...**) dont la valeur est supérieur ou égal à zéro. Lorsqu'une dimension a une longueur **N**, l'indice associé varie dans l'intervalle [ 0 , **N – 1** ].

### Tableau uni-dimensionnel

Ci-dessous un tableau '**tab**' à une dimension, de  $n+1$  cellules numérotées de 0 à n :



- Les tableaux C# contiennent comme en Delphi, des tableaux de types quelconques de C# (type **référence** ou type **valeur**).
- Il n'y a pas de mot clef spécifique pour la classe tableaux, mais l'opérateur symbolique **[ ]** indique qu'une variable de type fixé est un tableau.
- La taille d'un tableau doit obligatoirement avoir été définie avant que C# accepte que vous l'utilisiez !

**Remarque :**

Les tableaux de C# sont des objets d'une classe dénommée **Array** qui est la classe de base d'implémentation des tableaux dans le CLR de .NET framework (localisation : **System.Array**) Cette classe n'est pas dérivable pour l'utilisateur : "**public abstract class Array : ICloneable, IList, ICollection, IEnumerable**".

C'est en fait le compilateur qui est autorisé à implémenter une classe physique de tableau. Il faut utiliser les tableaux selon la démarche ci-dessous en sachant que l'on dispose en plus des propriétés et des méthodes de la classe Array si nécessaire (longueur, tri, etc...)

**Déclaration d'une variable de tableau, référence seule:**

```
int [ ] table1;  
char [ ] table2;  
float [ ] table3;  
...  
string [ ] tableStr;
```

**Déclaration d'une variable de tableau avec définition explicite de taille :**

```
int [ ] table1 = new int [5];  
char [ ] table2 = new char [12];  
float [ ] table3 = new float [8];  
...  
string [ ] tableStr = new String [9];
```

Le mot clef **new** correspond à la **création d'un nouvel objet** (un nouveau tableau) dont la taille est fixée par la valeur indiquée entre les crochets. Ici 4 tableaux sont créés et prêts à être utilisés : table1 contiendra 5 entiers 32 bits, table2 contiendra 12 caractères, table3 contiendra 8 réels en simple précision et tableStr contiendra 9 chaînes de type string.

On peut aussi déclarer un tableau sous la forme de deux instructions : une instruction de déclaration et une instruction de définition de taille avec le mot clef **new**, la seconde pouvant être mise n'importe où dans le corps d'instruction, mais elle doit être utilisée avant toute manipulation du tableau. Cette dernière instruction de définition peut être répétée plusieurs fois dans le programme, il s'agira alors à chaque fois de la **création d'un nouvel objet** (donc un nouveau tableau), **l'ancien étant détruit** et désalloué automatiquement par le ramasse-miettes (garbage collector) de C#.

```

int [ ] table1;
char [ ] table2;
float [ ] table3;
string [ ] tableStr;
.....
table1 = new int [5];
table2 = new char [12];
table3 = new float [8];
tableStr = new string [9];

```

## **Déclaration et initialisation avec définition implicite de taille :**

```

int [ ] table1 = {17,-9,4,3,57};
char [ ] table2 = {'a','j','k','m','z'};
float [ ] table3 = {-15.7f, 75, -22.03f, 3 ,57 };
string [ ] tableStr = {"chat","chien","souris","rat","vache"};

```

Dans cette éventualité C# crée le tableau, calcule sa taille et l'initialise avec les valeurs fournies.

Il existe en C# un attribut de la classe abstraite mère **Array**, qui contient **la taille** d'un tableau uni-dimensionnel, quelque soit son type, c'est la propriété **Length** en lecture seule.

**Exemple :**

```

int [ ] table1 = {17,-9,4,3,57};
int taille;
taille = table1.Length; // taille = 5

```

### **Attention**

Il est possible de déclarer une référence de tableau, puis de l'initialiser après uniquement ainsi :

```

int [ ] table1 ; // crée une référence table1 de type tableau de type int
table1 = new int {17,-9,4,3,57}; // instancie un tableau de taille 5 éléments référencé par table1
...
table1 = new int {14,-7,9}; // instancie un autre tableau de taille 3 éléments référencé par table1

```

L'écriture ci-dessous engendre une erreur à la compilation :

```

int [ ] table1 ; // crée une référence table1 de type tableau de type int
table1 = {17,-9,4,3,57}; // ERREUR de compilation, correction : int [ ] table1 = {17,-9,4,3,57};

```

## Utiliser un tableau

Un tableau en C# comme dans les autres langages algorithmiques s'utilise à travers une cellule de ce tableau repérée par un indice obligatoirement de type entier ou un char considéré comme un entier (byte, short, int, long ou char). Le premier élément d'un tableau est numéroté **0**, le dernier **Length-1**.

On peut ranger des valeurs ou des expressions du type général du tableau dans une cellule du tableau.

*Exemple avec un tableau de type int :*

```
int [ ] table1 = new int [5];
// dans une instruction d'affectation:
table1[0] = -458;
table1[4] = 5891;
table1[5] = 72; <--- est une erreur de dépassement de la taille ! (valeur entre 0 et 4)

// dans une instruction de boucle:
for (int i = 0 ; i<= table1.Length-1; i++)
    table1[i] = 3*i-1; // après la boucle: table1 = {-1,2,5,8,11}
```

*Même exemple avec un tableau de type char :*

```
char [ ] table2 = new char [7];

table2[0] = '?';
table2[4] = 'a';
table2[14] = '#'; <--- est une erreur de dépassement de la taille
for (int i = 0 ; i<= table2.Length-1; i++)
    table2[i] =(char)('a'+i);
// après la boucle: table2 = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f'}
```

**Remarque :**

Dans une classe exécutable la méthode **Main** reçoit en paramètre un tableau de string nommé args qui correspond en fait aux éventuels paramètres de l'application elle-même:

```
static void Main(string [ ] args)
```

## Les matrices et les tableaux multi-dimensionnels

Les tableaux C# peuvent avoir plusieurs dimensions, ceux qui ont deux dimensions sont dénommés matrices (vocabulaire scientifique). Tous ce que nous allons dire sur les matrices s'étend ipso facto aux tableaux de dimensions trois, quatre et plus. Ce sont aussi des objets et ils se comportent comme les tableaux à une dimension tant au niveau des déclarations qu'au niveau des utilisations. La déclaration s'effectue avec un opérateur crochet et des virgules, exemples d'une syntaxe de déclaration d'un tableau à trois dimension : `[ , , ]`. Leur structuration est semblable à celle des tableaux Delphi-pascal.

### Déclaration d'une matrice, référence seule:

```
int [ , ] table1;
char [ , ] table2;
float [ , ] table3;
...
string [ , ] tableStr;
```

### Déclaration d'une matrice avec définition explicite de taille :

```
int [ , ] table1 = new int [5, 2];
char [ , ] table2 = new char [9,4];
float [ , ] table3 = new float [2;8];
...
string [ , ] tableStr = new String [3,9];
```

### Exemple d'écriture de matrices de type int :

```
int [ , ] table1 = new int [2 , 3 ];// deux lignes de dimension 3 chacunes

// dans une instruction d'affectation:
table1[ 0 , 0 ] = -458;
table1[ 2 , 5 ] = -3; <--- est une erreur de dépassement ! (valeur entre 0 et 1)
table1[ 1 , 4 ] = 83; <--- est une erreur de dépassement ! (valeur entre 0 et 4)

// dans une instruction de boucle:
for (int i = 0 ; i<= 2; i++)
    table1[1 , i ] = 3*i-1;

// avec initialisation d'une variable dans la déclaration :
int n ;
int [ , ] table1 = new int [4 , n =3 ];// quatre lignes de dimension 3 chacunes
```

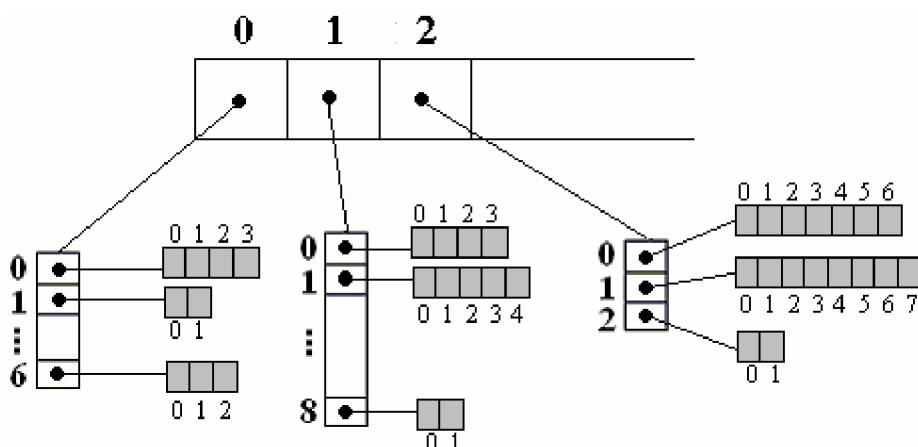
L' attribut **Length** en lecture seule, de la classe abstraite mère **Array**, contient en fait la **taille** d'un tableau en nombre total de cellules qui constituent le tableau (nous avons vu dans le cas uni-dimensionnel que cette valeur correspond à la taille de la dimension du tableau). Dans le cas d'un tableau multi-dimensionnel **Length** correspond au produit des tailles de chaque dimension d'indice :

```
int [ , ] table1 = new int [5, 2]; ──────────> table1.Length = 5 x 2 = 10
char [ , , ] table2 = new char [9,4,5]; ──────────> table2.Length = 9 x 4 x 5 = 180
float [ , , , ] table3 = new float [2,8,3,4]; ──────────> table3.Length = 2 x 8 x 3 x 4 = 192
```

## Tableaux déchiquetés ou en escalier

Leur structuration est strictement semblable à celle des tableaux Java, en fait en C# un tableau déchiqueté est composé de plusieurs tableaux unidimensionnels de taille variable. La déclaration s'effectue avec des opérateurs crochets `[ ][ ]...` : autant de crochets que de dimensions. **C# autorise comme Java, des tailles différentes pour chacun des sous-tableaux.**

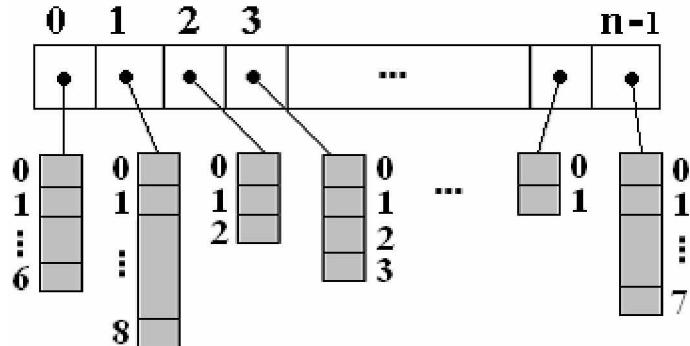
Ci-dessous le schéma d'un tableau T à trois dimensions en escalier :



Ce schéma montre bien qu'un tel tableau T est constitué de tableaux unidimensionnels, les tableaux composés de cases blanches contiennent des pointeurs (références). Chaque case blanche est une référence vers un autre tableau unidimensionnel, seules les cases grisées contiennent les informations utiles de la structure de données : les éléments de même type du tableau T.

Pour fixer les idées figurons la syntaxe des déclarations en C# d'un tableau d'éléments de type **int** nommé **myArray** bi-dimensionnel en escalier :

```
int n = 10;
int [ ][ ] myArray = new int [n][ ];
myArray[0] = new int[7];
myArray[1] = new int[9];
myArray[2] = new int[3];
myArray[3] = new int[4];
...
myArray[n-2] = new int[2];
myArray[n-1] = new int[8];
```



Ce tableau comporte  $7+9+3+4+\dots+2+8$  cellules utiles au stockage de données de type **int**, on peut le considérer comme une succession de tableaux d'**int** unidimensionnels (le premier ayant 7 cellules, le second ayant 9 cellules, etc...) . Les déclarations suivantes :

```
int n = 10;
```

```
int [ ][ ] myArray = new int [n][ ];
```

définissent un sous-tableau de 10 pointeurs qui vont chacun pointer vers un tableau unidimensionnel qu'il faut instancier :

myArray[0] = new int [7];		instancie un tableau d' <b>int</b> unidimensionnel à 7 cases et renvoie sa référence qui est rangée dans la cellule de rang 0 du sous-tableau.
myArray[1] = new int [9];		instancie un tableau d' <b>int</b> unidimensionnel à 9 cases et renvoie sa référence qui est rangée dans la cellule de rang 1 du sous-tableau. Etc....

### Attention

Dans le cas d'un tableau déchiqueté, le champ **Length** de la classe **Array**, contient la taille du sous-tableau unidimensionnel associé à la référence.

<p>Soit la déclaration : <code>int [ ] myArray = new int [n][ ];</code>  <b>myArray</b> est une référence vers un sous-tableau de pointeurs.  <b>myArray.Length</b> vaut 10 (taille du sous-tableau pointé)</p>	
<p>Soit la déclaration :  <code>myArray[0] = new int [7];</code>  <b>MyArray [0]</b> est une référence vers un sous-tableau de cellules d'éléments de type <b>int</b>.  <b>myArray[0].Length</b> vaut 7 (taille du sous-tableau pointé)</p>	
<p>Soit la déclaration :  <code>myArray[1] = new int [9];</code>  <b>MyArray [1]</b> est une référence vers un sous-tableau de cellules d'éléments de type <b>int</b>.  <b>myArray[1].Length</b> vaut 9 (taille du sous-tableau pointé)</p>	

C# initialise les tableaux par défaut à **0** pour les **int, byte, ...** et à **null** pour les objets.

On peut simuler une matrice avec un tableau déchiqueté dont tous les sous-tableaux ont exactement la même dimension. Voici une figuration d'une matrice à n+1 lignes et à p+1 colonnes avec un tableau en escalier :

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrairement à Java qui l'accepte, le code ci-dessous ne sera pas compilé par C# :</li> <pre>int [ ][ ] table = new int [n+1][p+1];</pre> <li>- Il est nécessaire de créer manuellement tous les sous-tableaux :</li> <pre>int [ ][ ] table = new int [n+1][ ]; for (int i=0; i&lt;n+1; i++)     table[i] = new int [p+1];</pre> </ul>	
--	--

### Conseil

L'exemple précédent montre à l'évidence que si l'on souhaite réellement utiliser des matrices en C#, il est plus simple d'utiliser la notion de tableau multi-dimensionnel `[ , ]` que celle de tableau en escalier `[ ] [ ]`.

## Egalité et inégalité de tableaux

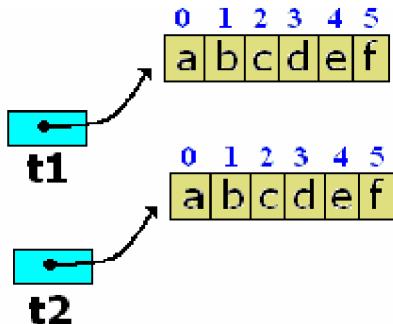
L'opérateur d'égalité `==` appliqué au tableau de n'importe quel type, détermine si deux objets spécifiés ont la même référence, il se comporte dans ce cas comme la méthode `Equals` de la classe `Object` qui ne teste que l'égalité de référence

`int [ ] a , b ;`

(`a == b` ) renvoie **true** si la référence a est la même que la référence b ; sinon il renvoie **false**.

Le morceau de code ci-dessous crée deux tableaux de char t1 et t2, puis teste leur égalité avec l'opérateur `==` et la méthode `Equals` :

```
char[ ] t1="abcdef".ToCharArray();
char[ ] t2="abcdef".ToCharArray();
```



```
if(t1==t2)System.Console.WriteLine("t1=t2");
else System.Console.WriteLine("t1<>t2");
if(t1.Equals(t2))System.Console.WriteLine("t1 égal t2");
else System.Console.WriteLine("t1 différent de t2");
```

*Après exécution on obtient :*

`t1<>t2`  
`t1 différent de t2`

Ces deux objets (les tableaux) sont différents (leurs références pointent vers des blocs différents) bien que le contenu de chaque objet soit le même.

## Affectation et recopie de tableaux

Comme les tableaux sont des objets, l'affectation de références de deux tableaux distincts donne les mêmes résultats que pour d'autres objets : les deux références de tableaux pointent vers le même objet. Donc une affectation d'un tableau dans un autre `t1 = t2` ne provoque pas la recopie des éléments du tableau t2 dans celui de t1.

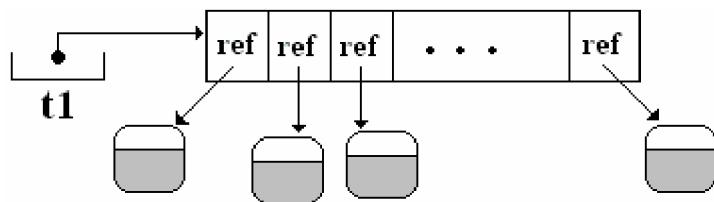
Si l'on souhaite que t1 soit une copie identique de t2, tout en conservant le tableau t2 et sa référence distincte il faut utiliser l'une des deux méthodes suivante de la classe abstraite mère Array :

**public virtual object Clone( )** : méthode qui renvoie une référence sur une nouvelle instance de tableau contenant les mêmes éléments que l'objet de tableau qui l'invoque. (il ne reste plus qu'à transtyper la référence renournée puisque clone renvoie un type object)

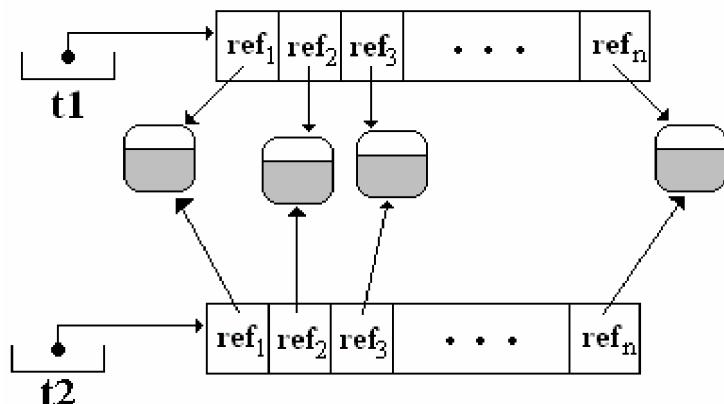
**public static void Copy ( Array t1 , Array t2, int long)** : méthode de classe qui copie dans un tableau t2 déjà existant et déjà instancié, long éléments du tableau t1 depuis son premier élément (si l'on veut une copie complète du tableau t1 dans t2, il suffit que long représente le nombre total d'éléments soit long = t1.Length).



Dans le cas où le tableau t1 contient des références qui pointent vers des objets :



la recopie dans un autre tableau à travers les méthodes Clone ou Copy ne recopie que les références, mais pas les objets pointés, voici un "clone" du tableau t1 de la figure précédente dans le tableau t2 :



Si l'on veut que le clonage (la recopie) soit plus complète et comprenne aussi les objets pointés, il suffit de construire une telle méthode car malheureusement la classe abstraite **Array** n'est pas implantable par l'utilisateur mais seulement par le compilateur et nous ne pouvons pas redéfinir la méthode virtuelle **Clone**).

Code source d'utilisation de ces deux méthodes sur un tableau unidimensionnel et sur une matrice :

*//-- tableau à une dimension :*

```
int[ ] t = new int[10];
for (int i=0; i<10; i++)
    t[i]=10*i;

int[ ] tab;
tab = ( int[ ] )t.Clone( );
```

Déclaration avec définition explicite de taille.

Déclaration de référence, puis clonage et transtypage.

```
int[ ] table = new int[10];
Array.Copy ( t , table , t.Length );
```

Déclaration avec définition explicite nécessaire de la taille, afin de pouvoir lancer la copie.

*//-- tableau à deux dimensions :*

```
int [ , ] matr = new int [3 , 2];
for (int i = 0; i<3; i++)
    for (int j = 0; j<2; j++)
        matr [i , j] = i+j;

int [ , ] matrtab;
matrtab=( int [ , ] )matr.Clone( );

int [ , ] matrtable = new int[3,2];
Array.Copy ( matr , matrtable , matr.Length );
```

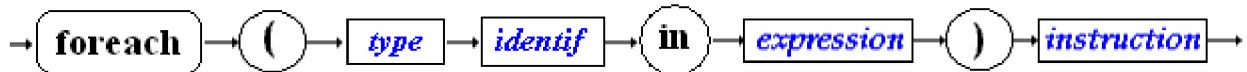
Déclaration de référence, puis clonage et transtypage.

Déclaration avec définition explicite nécessaire de la taille, afin de pouvoir lancer la copie.

## Parcours itératifs de tableaux - foreach...in

Les instructions itératives **for( ...)**, **while**, **do...while** précédemment vues permettent le parcours d'un tableau élément par élément à travers l'indice de tableau. Il existe une instruction d'itération spécifique **foreach...in** qui énumère les éléments d'une collection, en exécutant un ensemble d'actions pour chaque élément de la collection.

### Syntaxe



La classe **Array** est en fait un type de collection car elle implémente l'interface **ICollection** :

<b>public abstract class Array : ICloneable, IList, ICollection, IEnumerable</b>
--

Donc tout objet de cette classe (un tableau) est susceptible d'être parcouru par un instruction **foreach...in**. Mais les éléments ainsi parcourus ne peuvent être utilisés qu'en lecture, ils ne peuvent pas être modifiés, ce qui limite d'une façon importante la portée de l'utilisation d'un **foreach...in**.

## foreach...in dans un tableau uni-dimensionnel

Dans un tableau **T** à une dimension de taille **long**, les éléments sont parcourus dans l'ordre croissant de index en commençant par la borne inférieure 0 et en terminant par la borne supérieure **long-1** (rappel : **long** = **T.Length** ).

Dans l'exemple ci-après où un tableau uni-dimensionnel **table** est instancié et rempli il y a équivalence de parcours du tableau **table**, entre l'instruction **for** de gauche et l'instruction **foreach** de droite :

<b>int [ ] table = new int [ 10 ]; .... Remplissage du tableau</b>	
<b>for (int i=0; i&lt;10; i++)</b> System.Console.WriteLine ( table[i] );	<b>foreach ( int val in table)</b> System.Console.WriteLine ( val );

## foreach...in dans un tableau multi-dimensionnel

Lorsque **T** est un tableau multi-dimensionnel microsoft indique : ... les éléments sont parcourus de manière que les indices de la dimension la plus à droite soient augmentés en premier, suivis de ceux de la dimension immédiatement à gauche, et ainsi de suite en continuant vers la gauche.

Dans l'exemple ci-après où une matrice **table** est instanciée et remplie il y a équivalence de parcours de la matrice **table**, entre l'instruction **for** de gauche et l'instruction **foreach** de droite (*fonctionnement identique pour les autres types de tableaux multi-dimensionnels et en escalier*) :

<b>int [ , ] table = new int [ 3 , 2 ]; .... Remplissage de la matrice</b>	
<b>for (int i=0; i&lt;3; i++)</b> <b>for (int j=0; j&lt;2; i++)</b> System.Console.WriteLine ( table[ i , j ] );	<b>foreach ( int val in table)</b> System.Console.WriteLine ( val );

**Avantage** : la simplicité d'écriture, toujours la même quelle que soit le type du tableau.

**Inconvénient** : on ne peut qu'énumérer en lecture les éléments d'un tableau.

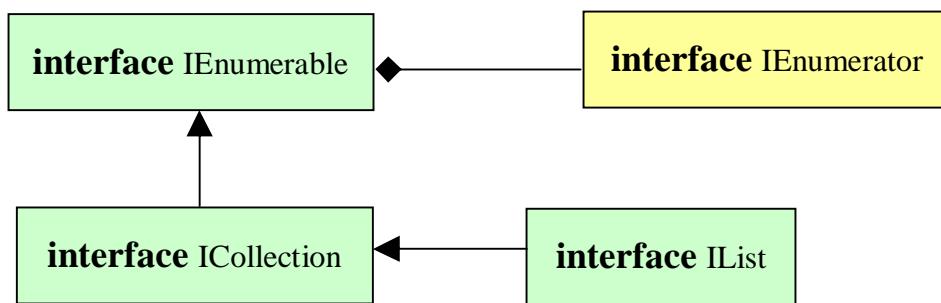
# Collections - Piles - Files - Listes



## Généralités sur les collections

L'espace de noms **System.Collections** contient des interfaces et des classes qui permettent de manipuler des collections d'objets. Plus précisément, les données structurées classiques que l'on utilise en informatique comme les listes, les piles, les files d'attente,... sont représentées dans .Net framework par des classes directement utilisables du namespace **System.Collections**.

Quatre interfaces de cet espace de noms jouent un rôle fondamental : **IEnumerable**, **IEnumerator**, **ICollection** et **IList** selon les diagrammes d'héritage et d'agrégation suivants :



### IEnumerable :

contient une seule méthode qui renvoie un énumérateur (objet de type **IEnumerator**) qui peut itérer sur les éléments d'une collection (c'est une sorte de pointeur qui avance dans la collection, comme un pointeur de fichier se déplace sur les enregistrements du fichier) :

```
public IEnumerator GetEnumerator();
```

### IEnumerator :

#### Propriétés

**public object Current {get;}** Obtient l'élément en cours pointé actuellement par l'énumérateur dans la collection.

#### Méthodes

**public bool MoveNext( );** Déplace l'énumérateur d'un élément il pointe maintenant vers l'élément suivant dans la collection (renvoie **false** si l'énumérateur est après le dernier élément de la collection sinon renvoie **true**).

**public void Reset( );** Déplace l'énumérateur au début de la collection, **avant** le premier élément (donc si l'on effectue un **Current** on obtiendra la valeur **null**, car après un **Reset()**, l'énumérateur ne pointe pas devant le premier élément de la collection mais avant ce premier élément !).

## ICollection :

### Propriétés

<b>public int Count {get;}</b>	Fournit le nombre d'éléments contenus dans <b>ICollection</b> .
<b>public bool IsSynchronized {get;}</b>	Fournit un booléen indiquant si l'accès à <b>ICollection</b> est synchronisé (les éléments de <b>ICollection</b> sont protégés de l'accès simultané de plusieurs threads différents).
<b>public object SyncRoot {get;}</b>	Fournit un objet qui peut être utilisé pour synchroniser (verrouiller ou déverrouiller) l'accès à <b>ICollection</b> .

### Méthode

<b>public void CopyTo ( Array table, int index)</b>	Copie les éléments de <b>ICollection</b> dans un objet de type <b>Array</b> (table), commençant à un index fixé.
---	--

## IList :

### Propriétés

<b>public bool IsFixedSize {get;}</b> : indique si <b>IList</b> est de taille fixe.
<b>public bool IsReadOnly {get;}</b> : indique si <b>IList</b> est en lecture seule.
Les classes implémentant l'interface <b>IList</b> sont indexables par l'indexeur [ ].

### Méthodes (classique de gestion de liste)

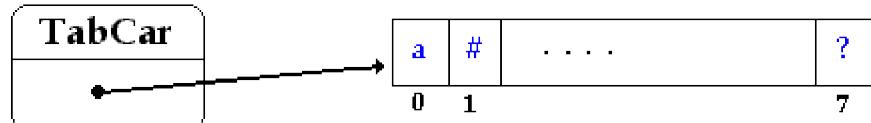
<b>public int Add( object elt );</b>	Ajoute l'élément <i>elt</i> à <b>IList</b> .
<b>public void Clear();</b>	Supprime tous les éléments de <b>IList</b> .
<b>public bool Contains( object elt );</b>	Indique si <b>IList</b> contient l'élément <i>elt</i> en son sein.
<b>public int IndexOf( object elt );</b>	Indique le rang de l'élément <i>elt</i> dans <b>IList</b> .
<b>public void Insert( int rang , object elt );</b>	Insère l'élément <i>elt</i> dans <b>IList</b> à la position spécifiée par <i>rang</i> .
<b>public void Remove( object elt );</b>	Supprime la première occurrence de l'objet <i>elt</i> de <b>IList</b> .
<b>public void RemoveAt (int rang);</b>	Supprime l'élément de <b>IList</b> dont le <i>rang</i> est spécifié.

Ces quatre interfaces C# servent de contrat d'implémentation à de nombreuses classes de structures de données, nous en étudions quelques unes sur le plan pratique dans la suite du document.

## Les tableaux dynamiques : classe ArrayList

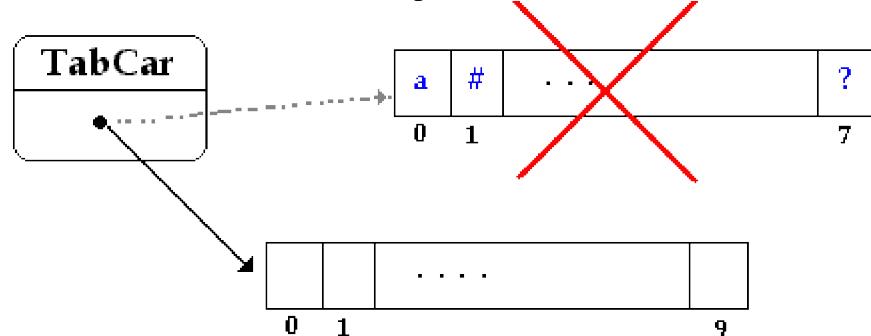
Un tableau Array à une dimension, lorsque sa taille a été fixée soit par une définition explicite, soit par une définition implicite, **ne peut plus changer de taille**, c'est donc un objet de taille statique.

```
char [ ] TableCar ;  
TableCar = new char[8]; //définition de la taille et création d'un nouvel objet tableau à 8 cellules  
TableCar[0] = 'a';  
TableCar[1] = '#';  
...  
TableCar[7] = '?';
```



*Si l'on rajoute l'instruction suivante aux précédentes*

< TableCar = new char[10]; > il y a création d'un nouveau tableau de même nom et de taille 10, l'ancien tableau à 8 cellules est alors détruit. Nous ne redimensionnons pas le tableau, mais en fait nous créons un nouvel objet utilisant la même variable de référence TableCar que le précédent, toutefois la référence TableCar pointe vers le nouveau bloc mémoire :



Ce qui nous donne après exécution de la liste des instructions ci-dessous, un tableau TabCar ne contenant plus rien :

```
char [ ] TableCar ;  
TableCar = new char[8];  
TableCar[0] = 'a';  
TableCar[1] = '#';  
...  
TableCar[7] = '?';  
TableCar = new char[10];
```

*Comment faire pour "agrandir" un tableau pendant l'exécution*

- q Il faut déclarer un nouveau tableau t2 plus grand,
- q puis recopier l'ancien dans le nouveau, par exemple en utilisant la méthode **public static void Copy ( Array t1 , Array t2, int long)**

Il est possible d'éviter cette façon de faire en utilisant une classe de vecteur (tableau unidimensionnel dynamique) qui est en fait une liste dynamique gérée comme un tableau.

**La classe concernée se dénomme System.Collections.ArrayList, elle hérite de la classe object et implémente les interfaces IList, ICollection, IEnumerable, ICloneable**

( public class ArrayList : IList, ICollection, IEnumerable, ICloneable;)

Un objet de classe **ArrayList** peut "grandir" automatiquement d'un certain nombre de cellules pendant l'exécution, c'est le programmeur qui peut fixer la valeur d'augmentation du nombre de cellules supplémentaires dès que la capacité maximale en cours est dépassée. Dans le cas où la valeur d'augmentation n'est pas fixée, c'est la machine virtuelle du CLR qui procède à une augmentation par défaut.

Vous pouvez utiliser le type **ArrayList** avec n'importe quel type d'objet puisqu'un **ArrayList** contient des éléments de type dérivés d'object (ils peuvent être tous de types différents et le vecteur est de type hétérogène).

*Les principales méthodes permettant de manipuler les éléments d'un ArrayList sont :*

<b>public virtual int Add( object value );</b>	Ajoute un l'objet <b>value</b> à la fin de ArrayList.
<b>public virtual void Insert(int index, object value);</b>	Insère un élément dans ArrayList à l'index spécifié.
<b>public virtual void Clear();</b>	Supprime tous les éléments de ArrayList.
<b>public virtual void Remove(object obj);</b>	Supprime la première occurrence d'un objet spécifique de ArrayList.
<b>public virtual void Sort( );</b>	Trie les éléments dans l'intégralité de ArrayList à l'aide de l'implémentation IComparable de chaque élément (algorithme QuickSort).
<b>ArrayList Table;</b> Table[i] = ....;	Accès en lecture et en écriture à un élément quelconque de rang i du tableau par Table[i]
<b>PROPRIETE</b>	
<b>public virtual int Count { get ;}</b>	Vaut le nombre d'éléments contenus dans ArrayList, <b>propriété</b> en lecture seulement..
<b>[ ]</b>	Propriété indexeur de la classe, on l'utilise comme un opérateur tab[ i ] accède à l'élément de rang i.

Voici un exemple simple de vecteur de chaînes utilisant quelques unes des méthodes précédentes :

```
static void afficheVector (ArrayList vect) //affiche un vecteur de string
{
    System.Console.WriteLine( "Vecteur taille = " + vect.Count );
    for ( int i = 0; i<= vect.Count-1; i++ )
        System.Console.WriteLine( "Vecteur[" + i + "]=" + (string)vect[ i ] );
}

static void VectorInitialiser ()//initialisation du vecteur de string
{   ArrayList table = new ArrayList();
    string str = "val:";
    for ( int i = 0; i<=5; i++ )
        table.Add(str + i.ToString( ) );
    afficheVector(table);
}
```

Voici le résultat de l'exécution de la méthode **VectorInitialiser** :

```
Vector taille = 6
Vector[0] = val:0
Vector[1] = val:1
Vector[2] = val:2
Vector[3] = val:3
Vector[4] = val:4
Vector[5] = val:5
```

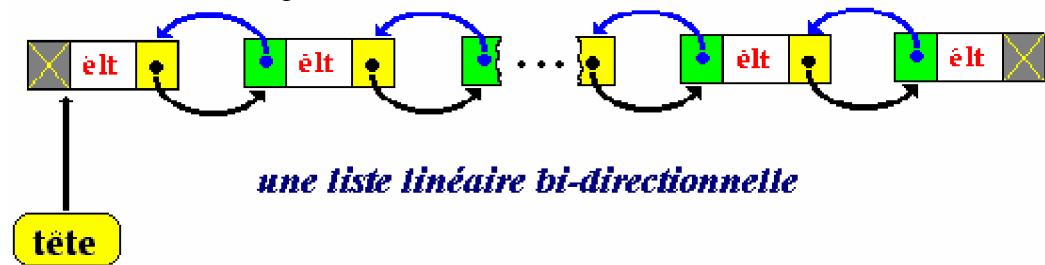
## Les listes chaînées : classe **ArrayList**

Rappelons qu'une liste linéaire (ou liste chaînée) est un ensemble ordonné d'éléments de même type (structure de donnée homogène) auxquels on accède séquentiellement. Les opérations minimales effectuées sur une liste chaînée sont l'insertion, la modification et la suppression d'un élément quelconque de la liste.

Les listes peuvent être uni-directionnelles, elles sont alors parcourues séquentiellement dans un seul sens :



ou bien bi-directionnelles dans lesquelles chaque élément possède deux liens de chaînage, l'un sur l'élément qui le suit, l'autre sur l'élément qui le précède, le parcours s'effectuant en suivant l'un ou l'autre sens de chaînage :



La classe **ArrayList** peut servir à une implémentation de la liste chaînée uni ou bi-directionnelle; un **ArrayList** contient des éléments de type dérivés d'**Object**, la liste peut donc être hétérogène, cf exercice sur les listes chaînées.

## Liste à clefs triées : classe **SortedList**

Si l'on souhaite gérer une liste triée par clef, il est possible d'utiliser la classe **SortedList** (localisation : **System.Collections.SortedList**). Cette classe représente une collection de paires valeur-clé triées par les clés toutes différentes et accessibles par clé et par index : il s'agit donc

d'une liste d'identifiants et de valeur associée à cet identifiant, par exemple une liste de personne dont l'identifiant (la clef) est un entier et la valeur associée des informations sur cette personne sont stockées dans une structure (le nom, l'âge, le genre, ...). Cette classe n'est pas utile pour la gestion d'une liste chaînée classique non rangée à cause de son tri automatique selon les clefs.

En revanche, si l'on stocke comme clef la valeur de Hashcode de l'élément, la recherche est améliorée.

*Les principales méthodes permettant de manipuler les éléments d'un SortedList sont :*

<b>public virtual int Add( object key,object value );</b>	Ajoute un élément avec la clé <b>key</b> et la valeur <b>value</b> spécifiées dans le <b>SortedList</b> .
<b>public virtual void CopyTo( Array array, int arrayIndex );</b>	Copie les éléments du <b>SortedList</b> dans une instance <b>Array array</b> unidimensionnelle à l'index <b>arrayIndex</b> spécifié (valeur de l'index dans <b>array</b> où la copie commence).
<b>public virtual void Clear( );</b>	Supprime tous les éléments de <b>SortedList</b> .
<b>public virtual object GetByIndex( int index );</b>	Obtient la valeur à l' <b>index</b> spécifié de la liste <b>SortedList</b> .
<b>public virtual object GetKey( int index );</b>	Obtient la clé à l'index spécifié de <b>SortedList</b> .
<b>public virtual int IndexOfValue( object value );</b>	Retourne l'index de base zéro de la première occurrence de la valeur <b>value</b> spécifiée dans <b>SortedList</b> .
<b>public virtual int IndexOfKey( object key );</b>	Retourne l'index de base zéro de la clé <b>key</b> spécifiée dans <b>SortedList</b> .
<b>public virtual void Remove( object key );</b>	Supprime de <b>SortedList</b> l'élément ayant la clé <b>key</b> spécifiée.
<b>public virtual void RemoveAt( int index );</b>	Supprime l'élément au niveau de l' <b>index</b> spécifié de <b>SortedList</b> .
<b>public virtual IList GetValueList( );</b>	Obtient un objet de liste <b>IList</b> en lecture seule contenant toutes les valeurs triées dans le même ordre que dans le <b>SortedList</b> .
<b>PROPRIETE</b>	
<b>public virtual int Count { get ; }</b>	Vaut le nombre d'éléments contenus dans <b>SortedList</b> , <b>propriété</b> en lecture seulement.
<b>[ ]</b>	Propriété indexeur de la classe, on l'utilise comme un opérateur tab[ i ] accède à l'élément dont la clef vaut i.
<b>public virtual ICollection Values { get; }</b>	Obtient dans un objet de <b>ICollection</b> les <b>valeurs</b> dans <b>SortedList</b> . (les éléments de <b>ICollection</b> sont tous triés dans le même ordre que les valeurs du <b>SortedList</b> )
<b>public virtual ICollection Keys { get; }</b>	Obtient dans un objet de <b>ICollection</b> les <b>clés</b> dans <b>SortedList</b> . (les éléments de <b>ICollection</b> sont tous triés dans le même ordre que les clefs du <b>SortedList</b> )

*Exemple d'utilisation d'un SortedList :*

```
SortedList Liste = new SortedList();
Liste.Add(100,"Jean");
Liste.Add(45,"Murielle");
```

```

Liste.Add(201,"Claudie");
Liste.Add(35,"José");
Liste.Add(28,"Luc");

//---> Balayage complet de la Liste par index :
for (int i=0; i<Liste.Count; i++)
    System.Console.WriteLine( (string)Liste.GetByIndex(i) );

//---> Balayage complet de la collection des valeurs :
foreach(string s in Liste.Values)
    System.Console.WriteLine( s );

//---> Balayage complet de la collection des clefs :
foreach(object k in Liste.Keys)
    System.Console.WriteLine( Liste[k] );

//---> Balayage complet de l'objet IList retourné :
for (int i = 0; i < Liste.GetValueList( ).Count; i++)
    System.Console.WriteLine( Liste.GetValueList( ) [ i ] );

```

Soit la représentation suivante (attention à la confusion entre clef et index) :

<b>28,"Luc"</b>	<b>35,"José"</b>	<b>45,"Murielle"</b>	<b>100,"Jean"</b>	<b>201,"Claudie"</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Liste.GetByIndex( 2 ) : Murielle**

**Liste [ 45 ] : Murielle**

**Liste.GetValueList( ) [ 2 ] : Murielle**

Les trois boucles affichent dans l'ordre :

**Luc**  
**José**  
**Murielle**  
**Jean**  
**Claudie**

## Piles Lifo, files Fifo : classes Stack et Queue

La classe "**public class Stack : ICollection, IEnumerable, ICloneable**" représente une pile Lifo :

<b>public virtual object Peek ( );</b>	Renvoie la référence de l'objet situé au sommet de la pile.
<b>public virtual object Pop ( );</b>	Dépile la pile (l'objet au sommet est enlevé et renvoyé)
<b>public virtual void Push( object elt );</b>	Empile un objet au sommet de la pile.
<b>public virtual object [ ] ToArray( );</b>	Recopie toute la pile dans un tableau d'objet depuis le sommet jusqu'au fond de la pile (dans l'ordre du dépilement).

La classe "public class Queue : ICollection, IEnumerable, ICloneable" représente une file Fifo :

<b>public virtual object Peek () ;</b>	Renvoie la référence de l'objet situé au sommet de la file.
<b>public virtual object Dequeue() ;</b>	L'objet au début de la file est enlevé et renvoyé.
<b>public virtual void Enqueue ( object elt ) ;</b>	Ajoute un objet à la fin de la file.
<b>public virtual object [ ] ToArray() ;</b>	Recopie toute la file dans un tableau d'objet depuis le début de la fifo jusqu'à la fin de la file.

Ces deux classes font partie du namespace **System.Collections** :

**System.Collections.Stack**  
**System.Collections.Queue**

### *Exemple d'utilisation d'une LIFO de type Stack*

Construisons une pile de **string** possédant une méthode `getArray` permettant d'empiler immédiatement dans la pile tout un tableau de **string**.

Le programme ci-dessous rempli avec les chaînes du tableau `t1` grâce à la méthode `getArray`, la pile LIFO construite. On tente ensuite de récupérer le contenu de la pile sous forme d'un tableau de chaîne `t2` (opération inverse) en utilisant la méthode `ToArray`. Le compilateur signale une erreur :

<pre>class Lifo : Stack {     public virtual void getArray(string[ ] t) {         foreach(string s in t)             this.Push (s);     } }</pre>	<pre>class Class {     static void Main ( string[ ] args )     {         Lifo piLifo = new Lifo ( );         string [ ] t1 = { "aaa","bbb","ccc","ddd","eee","fff","fin" };         string [ ] t2 ;         piLifo.getArray(t1) ;         t2 = piLifo.ToArray( ) ;         foreach ( string s in t2 )             System.Console.WriteLine(s) ;     } }</pre>
---	---

Impossible de convertir  
implicitement le type 'object[ ]'  
en 'string[ ]'.

En effet la méthode `ToArray` renvoie un tableau d'object et non un tableau de `string`. On pourrait penser à transtyper explicitement :

`t2 = ( string [ ] ) piLifo.ToArray( ) ;`

en ce cas C# réagit comme Java, en acceptant la compilation, mais en générant une exception de cast invalide, car il est en effet dangereux d'accepter le transtypage d'un tableau d'object en un tableau de quoique ce soit, car chaque object du tableau peut être d'un type quelconque et tous les types peuvent être différents !

Il nous faut donc construire une méthode `ToArrayList` qui effectue le transtypage de chaque cellule du tableau d'object et renvoie un tableau de string, or nous savons que la méthode de classe `ArrayList` nommée `Copy` un tableau `t1` vers un autre tableau `t2` en effectuant éventuellement le transtypage des cellules : `ArrayList.Copy(t1, t2, t1.Length)`

Voici le code de la nouvelle méthode `ToArrayList` :

<pre>class Lifo : Stack {     public virtual void getArray ( string[ ] t ) {         foreach(string s in t)             this.Push ( s );     }      public new virtual string [ ] ToArrayList ( )     {         string[ ] t = new string [this.Count];         Array.Copy( base.ToArray( ), t , this.Count );         return t ;     } }</pre>	<pre>class Class {     static void Main ( string[ ] args )      {         Lifo piLifo = new Lifo ( );         string [ ] t1 = { "aaa","bbb","ccc","ddd","eee","fff","fin" };         string [ ] t2 ;         piLifo.getArray(t1);         t2 = piLifo.ToArrayList();         foreach ( string s in t2 )             System.Console.WriteLine(s);     } }</pre>
--	--

Appel à la méthode `ToArrayList`  
mère qui renvoie un `object[ ]`

Nous avons mis le qualificateur `new` car cette méthode masque la méthode mère de la classe `Stack`, nous avons maintenant une pile `Lifo` de `string`, construisons de la même manière la classe `Fifo` de file de `string` dérivant de la classe `Queue` avec une méthode `getArray` et la méthode `ToArrayList` redéfinie :

<pre>class Lifo : Stack {     public virtual void getArray ( string[ ] t ) {         foreach(string s in t)             this.Push ( s );     }      public new virtual string [ ] ToArrayList ( )     {         string[ ] t = new string [this.Count];         Array.Copy( base.ToArray( ), t , this.Count );         return t ;     } }  class Fifo : Queue {     public virtual void getArray ( string[ ] t ) {         foreach(string s in t)             this.Enqueue ( s );     }      public new virtual string [ ] ToArrayList ( )     {         string[ ] t = new string [this.Count];         Array.Copy( base.ToArray( ), t , this.Count );         return t ;     } }</pre>	<pre>class Class {     static void Main ( string[ ] args )      {         Lifo piLifo = new Lifo ( );         string [ ] t1 = { "aaa","bbb","ccc","ddd","eee","fff","fin" };         string [ ] t2 ;         piLifo.getArray(t1);         t2 = piLifo.ToArrayList();         foreach ( string s in t2 )             System.Console.WriteLine(s);          System.Console.WriteLine("-----");         Fifo filFifo = new Fifo ( );         filFifo.getArray(t1);         t2 = filFifo.ToArrayList();         foreach ( string s in t2 )             System.Console.WriteLine(s);         System.Console.ReadLine();     } }</pre>
--	--

# Un langage très orienté objet



- 
- ▣ **Classes, objets et méthodes**
  - ▣ **Polymorphisme d'objets**
  - ▣ **Polymorphisme de méthodes**
  - ▣ **Polymorphisme d'interfaces**
  - ▣ **Classe de délégation**
  - ▣ **Traitements d'exceptions**
  - ▣ **Processus et multi-threading**

# Classes, objets et méthodes



---

Plan général: [Table des matières](#)

## 1. Les classes C# : des nouveaux types

- 1.1 Déclaration d'une classe
- 1.2 Une classe est un type en C#
- 1.3 Toutes les classes ont le même ancêtre - héritage
- 1.4 Encapsulation des classes
- 1.5 Exemple de classe imbriquée dans une autre classe
- 1.6 Exemple de classe inclue dans un même espace de noms
- 1.7 Méthodes abstraites
- 1.8 Classe abstraite, Interface

## 2. Les objets : des références ou des valeurs

- 2.1 Modèle de la référence
- 2.2 Les constructeurs d'objets référence ou valeurs
- 2.3 Utilisation du constructeur d'objet par défaut
- 2.4 Utilisation d'un constructeur d'objet personnalisé
- 2.5 Le mot clef this- cas de la référence seulement

## 3. Variables et méthodes

- 3.1 Variables dans une classe en général
- 3.2 Variables et méthodes d'instance
- 3.3 Variables et méthodes de classe - static
- 3.4 Bilan et exemple d'utilisation

## Introduction

Nous proposons des comparaisons entre les syntaxes de C# et Delphi et/ou Java, lorsque les définitions sont semblables.

**Tableau des limitations des niveaux de visibilité fourni par microsoft :**

Contexte	Notes
Classes	La classe de base directe d'un type de classe doit être au moins aussi accessible que le type de classe lui-même.
Interfaces	Les interfaces de base explicites d'un type d'interface doivent être au moins aussi accessibles que le type d'interface lui-même.
Délégués	Le type de retour et les types de paramètres d'un type délégué doivent être au moins aussi accessibles que le type délégué lui-même.
Constantes	Le type d'une constante doit être au moins aussi accessible que la constante elle-même.
Champs	Le type d'un champ doit être au moins aussi accessible que le champ lui-même.
Méthodes	Le type de retour et les types de paramètres d'une méthode doivent être au moins aussi accessibles que la méthode elle-même.
Propriétés	Le type d'une propriété doit être au moins aussi accessible que la propriété elle-même.
Événements	Le type d'un événement doit être au moins aussi accessible que l'événement lui-même.
Indexeurs	Le type et les types de paramètres d'un indexeur doivent être au moins aussi accessibles que l'indexeur lui-même.
Opérateurs	Le type de retour et les types de paramètres d'un opérateur doivent être au moins aussi accessibles que l'opérateur lui-même.
Constructeurs	Les types de paramètres d'un constructeur doivent être au moins aussi accessibles que le constructeur lui-même.

### **Modification de visibilité**

Rappelons les classiques modificateurs de visibilité des **variables** et des **méthodes** dans les langages orientés objets, dont C# dispose :

#### **Les mots clef (modularité public-privé)**

<b>par défaut</b> <b>(aucun mot clef)</b>	Les variables et les méthodes d'une classe non précédées d'un mot clef sont <b>private</b> et ne sont visibles que dans la classe seulement.
<b>public</b>	Les variables et les méthodes d'une classe précédées du mot clef <b>public</b> sont visibles par toutes les classes de tous les modules.
<b>private</b>	Les variables et les méthodes d'une classe précédées du mot clef <b>private</b> ne sont visibles que dans la classe seulement.
<b>protected</b>	Les variables et les méthodes d'une classe précédées du mot clef <b>protected</b> sont visibles par toutes les classes <b>includes</b> dans le module, et par les classes dérivées de cette classe.
<b>internal</b>	Les variables et les méthodes d'une classe précédées du

	mot clef <b>internal</b> sont visibles par toutes les classes incluses dans le même assembly.
--	---

Les attributs d'accessibilité **public, private, protected** sont identiques à ceux de Delphi et Java, pour les classes nous donnons ci-dessous des informations sur leur utilisation.

L'attribut **internal** joue à peu près le rôle (au niveau de l'assembly) des classes Java déclarées sans mot clef dans le même package , ou des classes Delphi déclarées dans la même unit (classes amies). Toutefois pour des raisons de sécurité C# ne possède pas la notion de classe amie.

## 1. Les classes : des nouveaux types

Rappelons un point fondamental déjà indiqué : tout programme C# contient une ou plusieurs classes précédées ou non d'une déclaration d'utilisation d'autres classes contenues dans des bibliothèques (clause **using**) ou dans un package complet composé de nombreuses classes. La notion de module en C# est représentée par l'espace de noms (clause **namespace**) semblable au package Java, en C# vous pouvez omettre de spécifier un namespace, par défaut les classes déclarées le sont automatiquement dans un espace 'sans nom' (généralement qualifié de global) et tout identificateur de classe déclaré dans cet espace global sans nom est disponible pour être utilisé dans un espace de noms nommé. Contrairement à Java, en C# les classes non qualifiées par un modificateur de visibilité (déclarées sans rien devant) sont **public**.

Delphi	Java	C#
<b>Unit Biblio;</b> <b>interface</b> <i>// les déclarations des classes</i> <b>implementation</b> <i>// les implémentations des classes</i> <b>end.</b>	<b>package Biblio;</b> <i>// les déclarations et implémentation des classes</i> si pas de nom de package alors automatiquement dans : <b>package</b> java.lang;	<b>namespace Biblio</b> { <i>// les déclarations et implémentation des classes</i> } si pas de nom d'espace de noms alors automatiquement dans l'espace global.

### 1.1 Déclaration d'une classe

En C#, nous n'avons pas comme en Delphi, une partie déclaration de la classe et une partie implémentation séparées l'une de l'autre. La classe avec ses attributs et ses méthodes sont déclarés et implémentés à un seul endroit comme en Java.

Delphi	Java	C#
<pre> <b>interface</b> <b>uses</b> biblio; <b>type</b>   Exemple = class     x : real;     y : integer;     <b>function</b> F1(a,b:integer): real;     <b>procedure</b> P2;   <b>end</b>;  <b>implementation</b>   <b>function</b> F1(a,b:integer): real;   <b>begin</b>     .....code de F1   <b>end</b>;   <b>procedure</b> P2;   <b>begin</b>     .....code de P2   <b>end</b>; <b>end</b>. </pre>	<pre> <b>import</b> biblio;  <b>class</b> Exemple {   float x;   int y;   <b>float</b> F1(<b>int</b> a, <b>int</b> b)   {     .....code de F1   }    void P2()   {     .....code de P2   } } </pre>	<pre> <b>using</b> biblio; <b>namespace</b> Machin {   <b>class</b> Exemple   {     float x;     int y;     <b>float</b> F1(<b>int</b> a, <b>int</b> b)     {       .....code de F1     }      void P2()     {       .....code de P2     }   } } </pre>

## 1.2 Une classe est un type en C#

Comme en Delphi et Java, une classe C# peut être considérée comme un nouveau type dans le programme et donc des variables d'objets peuvent être déclarées selon ce nouveau "type".

*Une déclaration de programme comprenant 3 classes :*

Delphi	Java	C#
<pre> <b>interface</b> <b>type</b>   Un = <b>class</b>     ...   <b>end</b>;   Deux = <b>class</b>     ...   <b>end</b>;   Appli3Classes = <b>class</b>     x : Un;     y : Deux;   <b>public</b>     <b>procedure</b> main;   <b>end</b>;  <b>implementation</b>   <b>procedure</b> Appli3Classes.main;   <b>var</b>     x : Un;     y : Deux;   <b>begin</b>     ...   <b>end</b>; <b>end</b>. </pre>	<pre> <b>class</b> Appli3Classes {   Un x;   Deux y;    <b>public static void</b> main(String [ ] arg)   {     Un x;     Deux y;     ...   } }  <b>class</b> Un {   ... }  <b>class</b> Deux {   ... } </pre>	<pre> <b>class</b> Appli3Classes {   Un x;   Deux y;   <b>static void</b> Main(String [ ] arg)   {     Un x;     Deux y;     ...   } }  <b>class</b> Un {   ... }  <b>class</b> Deux {   ... } </pre>

### 1.3 Toutes les classes ont le même ancêtre - héritage

Comme en Delphi et en Java, toutes les classes C# dérivent automatiquement d'une seule et même classe ancêtre : la classe **Object**. En C# le mot-clef pour indiquer la dérivation (héritage) à partir d'une autre classe est le symbole deux points ':', lorsqu'il est omis c'est donc que la classe hérite automatiquement de la classe **Object** :

*Les deux déclarations de classe ci-dessous sont équivalentes :*

Delphi	Java	C#
<pre>type Exemple = class ( TObject ) ..... end;</pre>	<pre>class Exemple extends Object {     ..... }</pre>	<pre>class Exemple : Object {     ..... }</pre>
<pre>type Exemple = class ..... end;</pre>	<pre>class Exemple {     ..... }</pre>	<pre>class Exemple {     ..... }</pre>

L'héritage en C# est tout fait classiquement de l'**héritage simple** comme en Delphi et en Java. Une classe fille qui dérive d'une seule classe mère, hérite de sa classe mère toutes ses méthodes et tous ses champs. En C# la syntaxe de l'héritage fait intervenir le symbole clef ':', comme dans "class Exemple : Object".

Une déclaration du type :

```
class ClasseFille : ClasseMere {  
}
```

signifie que la classe ClasseFille dispose de tous les attributs et de toutes les méthodes de la classe ClasseMere.

*Comparaison héritage :*

Delphi	Java	C#
<pre>type ClasseMere = class // champs de ClasseMere // méthodes de ClasseMere end;  ClasseFille = class ( ClasseMere ) // hérite des champs de ClasseMere // hérite des méthodes de ClasseMere end;</pre>	<pre>class ClasseMere {     // champs de ClasseMere     // méthodes de ClasseMere }  class ClasseFille extends ClasseMere {     // hérite des champs de ClasseMere     // hérite des méthodes de ClasseMere }</pre>	<pre>class ClasseMere {     // champs de ClasseMere     // méthodes de ClasseMere }  class ClasseFille : ClasseMere {     // hérite des champs de ClasseMere     // hérite des méthodes de ClasseMere }</pre>

Bien entendu une classe fille peut définir de nouveaux champs et de nouvelles méthodes qui lui sont propres.

## 1.4 Encapsulation des classes

La visibilité et la protection des classes en Delphi est apportée par le module **Unit** où toutes les classes sont visibles dans le module en entier et dès que la unit est utilisée les classes sont visibles partout. Il n'y a pas de possibilité d'imbriquer une classe dans une autre.

En C#, nous avons la possibilité d'**imbriquer** des classes dans d'autres classes (classes internes), par conséquent la **visibilité de bloc s'applique aussi aux classes**.

### Remarque

La notion de classe interne de C# (qui n'existe pas en Delphi) est sensiblement différente de celle de Java (pas de classe locale et pas de classe anonyme mais des méthodes anonymes), elle correspond à la notion de **classe membre** de Java.

### Mots clefs pour la protection des classes et leur visibilité :

- Une classe C# peut se voir attribuer un modificateur de comportement sous la forme d'un mot clef devant la déclaration de classe. Par défaut si aucun mot clef n'est indiqué la classe est visible dans tout le namespace dans lequel elle est définie. Il y a 4 qualificateurs possibles pour modifier le comportement de visibilité d'une classe selon sa position (imbriquée ou non) : **public, private, protected, internal** (dénommés modificateurs d'accès) et **abstract** (qualificateur d'abstraction pouvant être associé à l'un des 3 autres modificateurs d'accès). On rappelle que sans qualificateur **public, private, internal** ou **protected**, une classe C# est automatiquement **public**.
- Le nom du fichier source dans lequel plusieurs classes C# sont stockées n'a aucun rapport avec le nom d'une des classes déclarées dans le texte source, il est laissé au libre choix du développeur et peut éventuellement être celui d'une classe du namespace etc...

Tableau des possibilités fourni par microsoft :

Membres de	Accessibilité des membres par défaut	Accessibilité déclarée autorisée du membre
<b>enum</b>	<b>public</b>	Aucune
<b>class</b>	<b>private</b>	<b>public</b> <b>protected</b> <b>internal</b> <b>private</b> <b>protected internal</b>
<b>interface</b>	<b>public</b>	Aucune
<b>struct</b>	<b>private</b>	<b>public</b> <b>internal</b> <b>private</b>

### Attention

Par défaut dans une classe tous les membres sans qualificateur de visibilité (classes internes)

inclus) sont **private**.

C#	Explication
mot clef <b>abstract</b> : <b>abstract class</b> ApplicationClasse1 { ... }	classe abstraite <b>non instanciable</b> . Aucun objet ne peut être créé.
mot clef <b>public</b> : <b>public class</b> ApplicationClasse2 { ... }	classe visible <b>par n'importe quel</b> programme d'un autre namespace
mot clef <b>protected</b> : <b>protected class</b> ApplicationClasse3 { ... }	classe visible <b>seulement</b> par toutes les autres classes héritant de la classe conteneur de cette classe.
mot clef <b>internal</b> : <b>internal class</b> ApplicationClasse4 { ... }	classe visible <b>seulement</b> par toutes les autres classes du même assembly.
mot clef <b>private</b> : <b>private class</b> ApplicationClasse5 { ... }	classe visible <b>seulement</b> par toutes les autres classes du même namespace où elle est définie.
pas de mot clef : <b>class</b> ApplicationClasse6 { ... } - sauf si c'est une classe interne	qualifiée <b>public</b> -si c'est une classe interne elle est alors qualifiée <b>private</b> .

Nous remarquons donc qu'une classe dès qu'elle est déclarée dans l'espace de noms est toujours visible et par défaut **public**, que le mot clef **public** soit présent ou non. Les mots clefs **abstract** et **protected** n'ont de l'influence que pour l'héritage.

### Remarque

La notion de classe **sealed** en C# correspond strictement à la notion de classe **final** de Java : ce sont des **classes non héritables**.

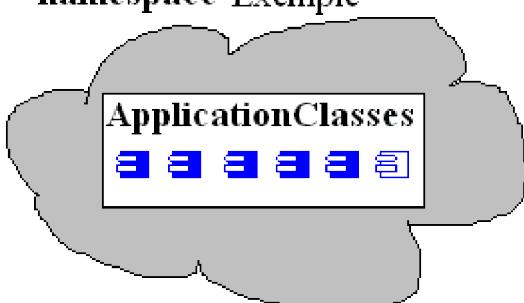
Nous étudions ci-après la visibilité des classes précédentes dans deux contextes différents.

### 1.5 Exemple de classes imbriquées dans une autre classe

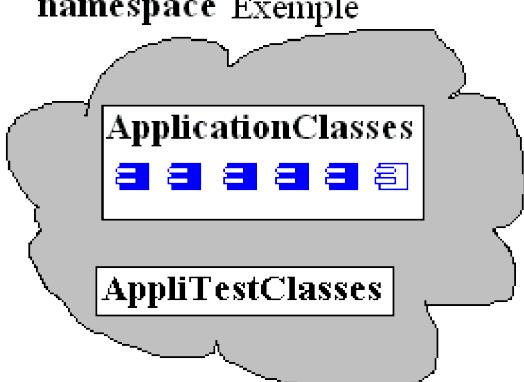
Dans le premier contexte, ces six classes sont utilisées en étant **intégrées** (imbriquées) à une classe publique.

**La classe** ApplicationClasses :

C#	Explication
----	-------------

<p><b>namespace Exemple</b></p>  <pre> <b>namespace Exemple</b> {     <b>public class</b> ApplicationClasses {         <b>abstract class</b> ApplicationClasse1 { ... }         <b>public class</b> ApplicationClasse2 { ... }         <b>protected class</b> ApplicationClasse3 { ... }         <b>internal class</b> ApplicationClasse4 { ... }         <b>private class</b> ApplicationClasse5 { ... }         <b>class</b> ApplicationClasse6 { ... }     } } </pre>	<p>Ces 6 "sous-classes" sont visibles ou non, à partir de l'accès à la classe englobante "ApplicationClasses", elles peuvent donc être utilisées dans tout programme qui utilise la classe "ApplicationClasses".</p> <p>Par défaut la classe ApplicationClasse6 est ici <b>private</b>.</p>
---	---

*Un programme utilisant la classe ApplicationClasses :*

C#	Explication
<p><b>namespace Exemple</b></p>  <pre> <b>namespace Exemple</b> {     <b>class</b> AppliTestClasses     {         ApplicationClasses.ApplicationClasse2 a2;     } } </pre> <p><b>namespace Exemple</b></p>	<p>Le programme de gauche "<b>class</b> AppliTestClasses" <b>utilise</b> la classe précédente ApplicationClasses et ses sous-classes. La notation uniforme de chemin de classe est standard.</p> <p>Seule la classe interne ApplicationClasse2 est visible et permet d'instancier un objet.</p>

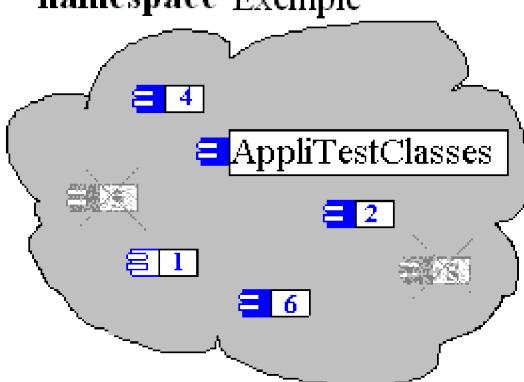
### 1.6 Même exemple de classes non imbriquées situées dans le même espace de noms

Dans ce second exemple, ces mêmes 6 classes sont utilisées en étant **incluses** dans le même namespace.

C#	Explication
<p><b>namespace Exemple</b></p> <p>les 6 classes</p> <pre> <b>namespace Exemple</b> {     <b>abstract class</b> ApplicationClasse1 { ... }     <b>public class</b> ApplicationClasse2 { ... }     <b>protected class</b> ApplicationClasse3 { ... }     <b>internal class</b> ApplicationClasse4 { ... }     <b>private class</b> ApplicationClasse5 { ... }     <b>class</b> ApplicationClasse6 { ... } } </pre>	<p>Une classe dans un espace de nom ne peut pas être qualifiée <b>protected</b> ou <b>private</b> (si elle est imbriquée comme ci-haut cela est possible):</p> <p><i>Les classes ApplicationClasse3 et ApplicationClasse5 ne peuvent donc pas faire partie du même namespace Exemple.</i></p> <p>La classe ApplicationClasse1 est ici abstraite et <b>public</b>, donc visible.</p> <p>La classe ApplicationClasse2 est <b>public</b>, donc visible.</p> <p>La classe ApplicationClasse4 n'est visible que dans le même assembly.</p> <p>Par défaut la classe ApplicationClasse6 est ici <b>public</b>, donc visible.</p>

Un programme AppliTestClasses utilisant ces 4 classes :

C# dans deux <b>namespace</b> différents	Explication
<p><b>namespace Exemple</b></p> <p><b>namespace Essai</b></p> <pre> <b>using</b> Exemple; <b>namespace</b> Essai {     <b>class</b> AppliTestClasses{         ApplicationClasse2 a2;         ApplicationClasse6 a6;     } } </pre>	<p>Le programme de gauche "class AppliTestClasses" utilise les classes qui composent le <b>namespace</b> Exemple.</p> <p>Cette classe AppliTestClasses est définie dans un autre <b>namespace</b> dénommé Essai qui est supposé ne pas faire partie du même assembly que le <b>namespace</b> Exemple. Elle ne voit donc pas la classe ApplicationClasse4 (visible dans le même assembly seulement).</p> <p>Si l'on veut instancier des objets, seules les classes ApplicationClasse2 et ApplicationClasse6 sont de bonnes candidates, car la classe ApplicationClasse1 bien qu'elle soit visible est abstraite.</p>

C# dans le même namespace	Explication
<b>namespace</b> Exemple  <pre> <b>namespace</b> Exemple {     <b>class</b> AppliTestClasses{         ApplicationClasse1 a1;         ApplicationClasse2 a2;         ApplicationClasse4 a4;         ApplicationClasse6 a6;     } } </pre>	<p>Le programme de gauche "class AppliTestClasses" utilise les classes qui composent le <b>namespace</b> Exemple.</p> <p>La classe AppliTestClasses est définie dans le même <b>namespace</b> Exemple que les 4 autres classes.</p> <p>Toutes les classes du même namespace sont visibles entre elles.</p> <p>Ici les toutes les 4 classes sont visibles pour la classe AppliTestClasses.</p>

### Remarque pratique :

Selon sa situation imbriquée ou non imbriquée, une classe peut ou ne peut pas être qualifiée par les divers modificateurs de visibilité. En cas de doute le compilateur fournit un diagnostic clair, comme ci-dessous :

[C# Erreur] Class.cs(nn): Les éléments namespace ne peuvent pas être déclarés explicitement comme private, protected ou protected internal.

### 1.7 Méthodes abstraites

Le mot clef **abstract** est utilisé pour représenter **une classe ou une méthode abstraite**. Quel est l'intérêt de cette notion ? Avoir des modèles génériques permettant de définir ultérieurement des actions spécifiques.

#### Une méthode déclarée en **abstract** dans une classe mère :

- N'a pas de corps de méthode.
- N'est pas exécutable.

- Doit obligatoirement être redéfinie dans une classe fille.

Une méthode **abstraite** n'est qu'une **signature** de méthode sans implémentation dans la classe.

*Exemple de méthode abstraite :*

```
class Etre_Vivant { }
```

La classe Etre\_Vivant est une classe mère générale pour les êtres vivants sur la planète, chaque catégorie d'être vivant peut être représentée par une classe dérivée (classe fille de cette classe) :

```
class Serpent : Etre_Vivant { }
class Oiseau : Etre_Vivant { }
class Homme : Etre_Vivant { }
```

Tous ces êtres se déplacent d'une manière générale, donc une méthode SeDeplacer est commune à toutes les classes dérivées, toutefois chaque espèce exécute cette action d'une manière différente et donc on ne peut pas dire que se déplacer est une notion concrète mais une notion abstraite que chaque sous-classe précisera concrètement.

En C#, les méthodes abstraites sont automatiquement virtuelles, elles ne peuvent être déclarées que **public** ou **protected**, enfin elles doivent être redéfinies avec le qualificateur **override**. Ci-dessous deux déclarations possibles pour le déplacement des êtres vivants :

<pre>abstract class Etre_Vivant {     public abstract void SeDeplacer(); }  class Serpent : Etre_Vivant {     public override void SeDeplacer() {         //....en rampant     } }  class Oiseau : Etre_Vivant {     public override void SeDeplacer() {         //....en volant     } }  class Homme : Etre_Vivant {     public override void SeDeplacer() {         //....en marchant     } }</pre>	<pre>abstract class Etre_Vivant {     protected abstract void SeDeplacer(); }  class Serpent : Etre_Vivant {     protected override void SeDeplacer() {         //....en rampant     } }  class Oiseau : Etre_Vivant {     protected override void SeDeplacer() {         //....en volant     } }  class Homme : Etre_Vivant {     protected override void SeDeplacer() {         //....en marchant     } }</pre>
---	---

*Comparaison de déclaration d'abstraction de méthode en Delphi et C# :*

Delphi	C#
<b>type</b> Etre_Vivant = class	<pre>abstract class Etre_Vivant {     public abstract void SeDeplacer();</pre>

<pre> procedure SeDeplacer;virtual; abstract ; end;  Serpent = class ( Etre_Vivant ) procedure SeDeplacer; override; end;  Oiseau = class ( Etre_Vivant ) procedure SeDeplacer; override; end;  Homme = class ( Etre_Vivant ) procedure SeDeplacer; override; end; </pre>	<pre> } }  class Serpent : Etre_Vivant { public override void SeDeplacer( ) { //....en rampant } }  class Oiseau : Etre_Vivant { public override void SeDeplacer( ) { //....en volant } }  class Homme : Etre_Vivant { public override void SeDeplacer( ) { //....en marchant } } </pre>
---	--

En C# une méthode **abstraite** est une méthode **virtuelle** n'ayant pas d'implémentation dans la classe où elle est déclarée. Son implémentation est déléguée à une classe dérivée. Les méthodes abstraites doivent être déclarées en spécifiant la directive **abstract** .

### 1.8 Classe abstraite, Interface

#### Classe abstraite

Comme nous venons de le voir dans l'exemple précédent, une classe C# peut être précédée du mot clef **abstract**, ce qui signifie alors que cette classe est abstraite, nous avons les contraintes de définition suivantes pour une classe abstraite en C# :

Si une classe contient au moins une méthode **abstract**, elle doit impérativement être déclarée en classe **abstract** elle-même. C'est ce que nous avons écrit au paragraphe précédent pour la classe *Etre\_Vivant* que nous avons déclarée **abstract** parce qu'elle contenait la méthode abstraite *SeDeplacer*.

Une classe **abstract** ne peut pas être instanciée directement, seule une classe dérivée (sous-classe) qui redéfinit obligatoirement toutes les méthodes **abstract** de la classe mère peut être instanciée.

Conséquence du paragraphe précédent, une classe dérivée qui redéfinit toutes les méthodes **abstract** de la classe mère sauf une (ou plus d'une) ne peut pas être instanciée et subit la même règle que la classe mère : elle contient au moins une méthode abstraite donc elle est aussi une classe abstraite et doit donc être déclarée en **abstract**.

Une classe **abstract** peut contenir des méthodes non abstraites et donc implantées dans la classe. Une classe **abstract** peut même ne pas contenir du tout de méthodes abstraites, dans ce cas une classe fille n'a pas la nécessité de redéfinir les méthodes de la classe mère pour être instanciée.

*Delphi contrairement à C# et Java, ne possède pas à ce jour le modèle de la classe abstraite, seule la version Delphi2005 pour le Net Framework possède les mêmes caractéristiques que C#.*

#### Interface

Lorsqu'une classe est déclarée en **abstract** et que toutes ses méthodes sont déclarées en **abstract**, on appelle en C# une telle classe une **Interface**.

## Rappel classes abstraites-interfaces

- Les interfaces ressemblent aux classes abstraites sur un seul point : elles contiennent des membres **expliquant certains comportements sans les implémenter**.
- Les classes abstraites et les interfaces se différencient principalement par le fait qu'**une classe peut implémenter un nombre quelconque d'interfaces**, alors qu'une classe abstraite ne peut hériter que d'**une seule classe** abstraite ou non.

### Vocabulaire et concepts :

- Une **interface** est un contrat, elle peut contenir des **propriétés**, des **méthodes** et des **événements** mais **ne** doit contenir **aucun champ** ou **attribut**.
- Une **interface** **ne** peut **pas** contenir des méthodes déjà implémentées.
- Une **interface** doit contenir des méthodes **non** implémentées.
- Une **interface** est héritable.
- On peut construire une hiérarchie d'interfaces.
- Pour pouvoir construire un objet à partir d'une **interface**, il faut définir une classe non abstraite implémentant **toutes** les méthodes de l'**interface**.

Une classe **peut implémenter plusieurs interfaces**. Dans ce cas nous avons une excellente alternative à l'**héritage multiple**.

Lorsque l'on crée une interface, on fournit un ensemble de définitions et de comportements qui **ne devraient plus être modifiés**. Cette attitude de constance dans les définitions, protège les applications écrites pour utiliser cette interface.

Les variables de types interface respectent les mêmes règles de **transtypage** que les variables de types classe.

Les **objets** de type classe **clA** peuvent être transtypés et **référencés** par des variables d'interface **IntfA** dans la mesure où la classe **clA** **implémente l'interface IntfA**. (cf. polymorphisme d'objet)

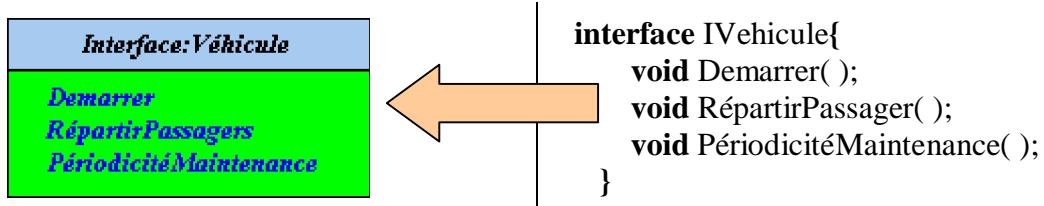
Si vous voulez utiliser la notion d'interface pour fournir un polymorphisme à une famille de classes, elles doivent toutes implémenter cette interface, comme dans l'exemple ci-dessous.

#### *Exemple :*

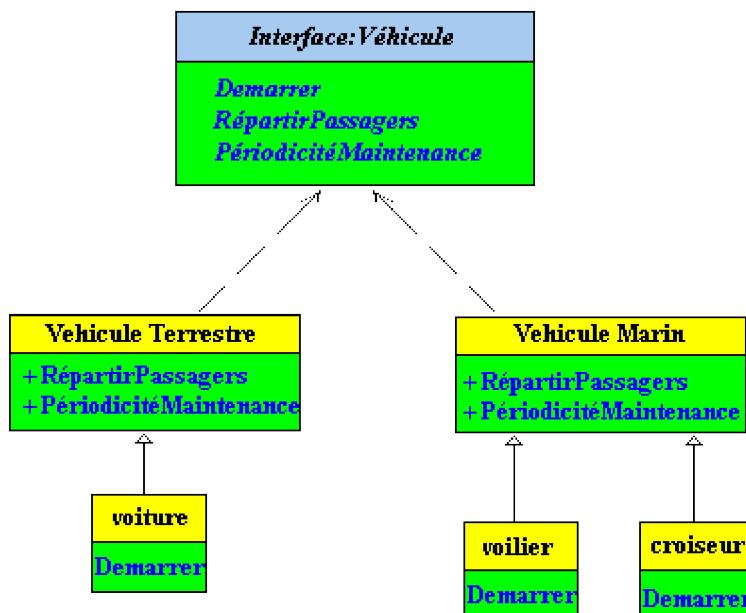
l'interface **Véhicule** définissant 3 méthodes (abstraites) **Demarrer**, **RépartirPassagers** de

répartition des passagers à bord du véhicule (fonction de la forme, du nombre de places, du personnel chargé de s'occuper de faire fonctionner le véhicule...), et **PériodicitéMaintenance** renvoyant la périodicité de la maintenance obligatoire du véhicule (fonction du nombre de km ou miles parcourus, du nombre d'heures d'activités,...)

Soit l'interface **Véhicule** définissant ces 3 méthodes :



Soient les deux classes **Véhicule terrestre** et **Véhicule marin**, qui implémentent partiellement chacune l'interface **Véhicule**, ainsi que trois classes **voiture**, **voilier** et **croiseur** héritant de ces deux classes :



- Les trois méthodes de l'interface **Véhicule** sont abstraites et publiques par définition.
- Les classes **Véhicule terrestre** et **Véhicule marin** sont abstraites, car la méthode abstraite **Demarrer** de l'interface **Véhicule** n'est pas implémentée elle reste comme "modèle" aux futures classes. C'est dans les classes **voiture**, **voilier** et **croiseur** que l'on implémente le comportement précis du genre de démarrage.

Dans cette vision de la hiérarchie on a supposé que les classes abstraites **Véhicule terrestre** et **Véhicule marin** savent comment répartir leur éventuels passagers et quand effectuer une maintenance du véhicule.

Les classes **voiture**, **voilier** et **croiseur**, n'ont plus qu'à implémenter chacune son propre comportement de démarrage.

Une interface C# peut être qualifiée par un des 4 modificateur **public**, **protected**, **internal**, **private**.

Contrairement à Java, une classe abstraite C# qui implémente une interface doit **obligatoirement** déclarer **toutes** les méthodes de l'interface, celles qui ne sont pas implémentées dans la classe abstraite doivent être déclarées abstract. C'est le cas dans l'exemple ci-dessous pour la méthode abstraite **Demarrer**, nous proposons deux écritures possibles pour cette hiérarchie de classe :

C# méthode <b>abstraite</b> sans corps	C# méthode <b>virtuelle</b> à corps vide
<pre>interface IVehicule{     void Demarrer();     void RépartirPassager();     void PériodicitéMaintenance(); }  abstract class Terrestre : IVehicule {     public abstract void Demarrer();     public void virtual RépartirPassager(){...}     public void virtual PériodicitéMaintenance(){...} }  class Voiture : Terrestre {     override public void Demarrer(){...} }  abstract class Marin : IVehicule {     public abstract void Demarrer();     public void virtual RépartirPassager(){...}     public void virtual PériodicitéMaintenance(){...} }  class Voilier : Marin {     override public void Demarrer(){...} } class Croiseur : Marin {     override public void Demarrer(){...} }</pre>	<pre>interface IVehicule{     void Demarrer();     void RépartirPassager();     void PériodicitéMaintenance(); }  abstract class Terrestre : IVehicule {     public virtual void Demarrer(){}     public void virtual RépartirPassager(){}     public void virtual PériodicitéMaintenance(){} }  class Voiture : Terrestre {     override public void Demarrer(){} }  abstract class Marin : IVehicule {     public virtual void Demarrer(){}     public void virtual RépartirPassager(){}     public void virtual PériodicitéMaintenance(){} }  class Voilier : Marin {     override public void Demarrer(){} } class Croiseur : Marin {     override public void Demarrer(){} }</pre>

Les méthodes RépartirPassagers, PériodicitéMaintenance et Demarrer sont implantées en **virtual**, soit comme des méthodes à liaison dynamique, afin de laisser la possibilité pour des classes enfants de redéfinir ces méthodes.

### Remarque :

Attention le qualificateur **new** ne peut masquer que des membres non abstract. Un membre abstract doit impérativement être redéfini (implémenté) par le qualificateur **override**, car ce genre de membre est implicitement **virtual** en C#.

Soit à titre de comparaison, les deux mêmes écritures en Java de ces classes :

Java , méthode abstraite sans corps
<pre>interface IVehicule{     void Demarrer();     void RépartirPassager();     void PériodicitéMaintenance(); }  abstract class Terrestre implements IVehicule {     public void RépartirPassager() {};     public void PériodicitéMaintenance() {}; }  class Voiture extends Terrestre {     public void Demarrer() {}; }  abstract class Marin implements IVehicule {     public void RépartirPassager() {};     public void PériodicitéMaintenance() {}; }  class Voilier extends Marin {     public void Demarrer() {}; }  class Croiseur extends Marin {     public void Demarrer() {}; }</pre>
Java méthode virtuelle à corps vide
<pre>interface IVehicule{     void Demarrer();     void RépartirPassager();     void PériodicitéMaintenance(); }  abstract class Terrestre implements IVehicule {     public void Demarrer() {};     public void RépartirPassager() {};     public void PériodicitéMaintenance() {}; }  class Voiture extends Terrestre {     public void Demarrer() {}; }  abstract class Marin implements IVehicule {     public void Demarrer() {};     public void RépartirPassager() {};     public void PériodicitéMaintenance() {}; }  class Voilier extends Marin {     public void Demarrer() {}; }  class Croiseur extends Marin {     public void Demarrer() {}; }</pre>

## 2. Les objets : des références ou des valeurs

Les classes sont des descripteurs d'objets, les objets sont les agents effectifs et "vivants" implantant les actions d'un programme. Les objets dans un programme ont une vie propre :

- Ils naissent (ils sont créés ou alloués).
- Ils agissent (ils s'envoient des messages grâce à leurs méthodes).
- Ils meurent (ils sont désalloués, automatiquement en C#).

C'est dans le segment de mémoire du CLR de .NetFramework que s'effectue l'allocation et la désallocation d'objets.

### Objets type valeur

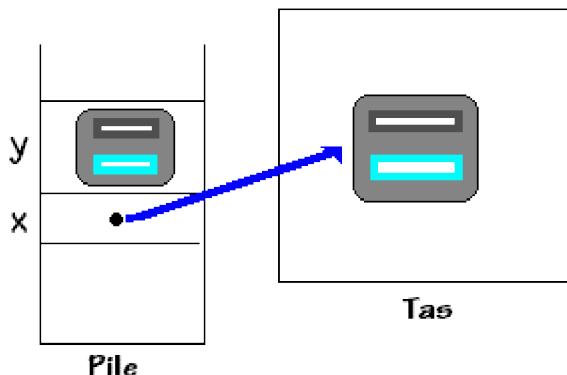
Les classes encapsulant les types élémentaires dans **.NET Framework** sont des classes de **type valeur** du genre **structures**. Dans le CLS une classe de **type valeur** est telle que les allocations d'objets de cette classe se font directement dans la pile et non dans le tas, il n'y a donc pas de référence pour un objet de **type valeur** et lorsqu'un objet de type valeur est passé comme paramètre il est **passé par valeur**.

Dans **.NET Framework** les classes-structures de **type valeur** sont déclarées comme structures et ne sont pas dérivables

### Objets type référence

Le principe d'allocation et de représentation des objets type référence en C# est identique à celui de Delphi il s'agit de la référence, qui est une encapsulation de la notion de pointeur. Dans **.NET Framework** les classes de type référence sont déclarées comme des classes classiques et sont dérivables.

Afin d'éclairer le lecteur prenons par exemple un objet **x instancié à partir d'une classe de type référence** et un objet **y instancié à partir d'un classe de type valeur** contenant les mêmes membres que la classe par référence. Ci-dessous le schéma d'allocation de chacun des deux catégories d'objets :



Pour les types valeurs, la gestion mémoire des objets est **classiquement celle de la pile dynamique**, un tel objet se comporte comme une variable locale de la méthode dans laquelle il est instancié et ne nécessite pas de gestion supplémentaire. Seuls les objets type référence instanciés sur le tas, nécessitent une gestion mémoire spéciale que nous détaillons ci-après (dans un

programme C# les types références du développeur représentent près de 99% des objets du programme).

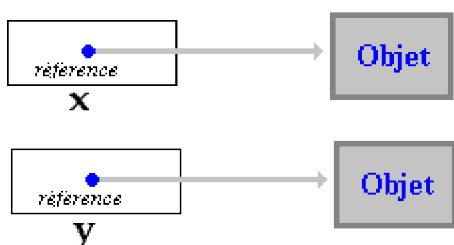
## 2.1 Modèle de la référence en C#

Rappelons que dans le modèle de la référence chaque objet (représenté par un identificateur de variable) est caractérisé par un couple (référence, bloc de données). Comme en Delphi, C# décompose l'**instanciation** (allocation) d'un objet en deux étapes :

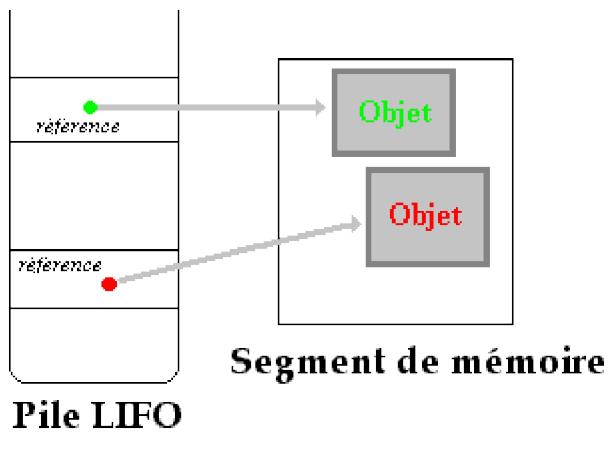
- La déclaration d'identificateur de variable typée qui contiendra la référence,
- la création de la structure de données elle-même (bloc objet de données) avec **new**.

Delphi	C#
<pre> <b>type</b> <b>Un</b> = <b>class</b>     ..... <b>end;</b>  <i>// la déclaration :</i> <b>var</b>     <b>x</b> , <b>y</b> : <b>Un</b>;     .....  <i>// la création :</i> <b>x</b> := <b>Un.create</b> ; <b>y</b> := <b>Un.create</b> ; </pre>	<pre> <b>class Un</b> { ... }  <i>// la déclaration :</i> <b>Un</b> <b>x</b> , <b>y</b> ;  .....  <i>// la création :</i> <b>x</b> = <b>new</b> <b>Un()</b>; <b>y</b> = <b>new</b> <b>Un()</b>; </pre>

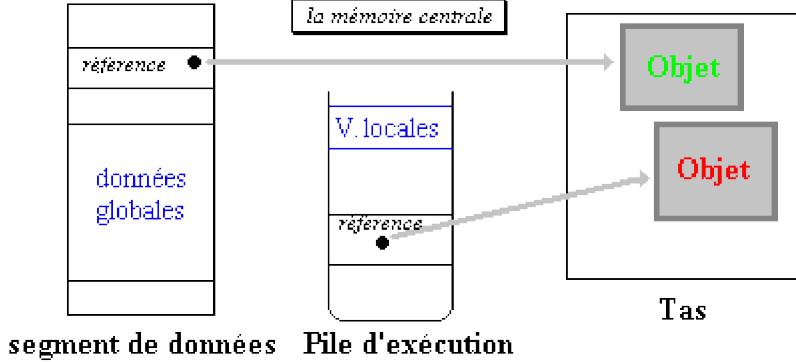
Après exécution du pseudo-programme précédent, les variables x et y contiennent chacune une référence (adresse mémoire) vers un bloc objet différent:



Un programme C# est fait pour être exécuté par l'environnement CLR de .NetFramework. Deux objets C# seront instanciés dans le CLR de la manière suivante :

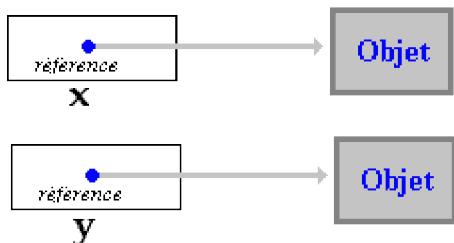


Attitude à rapprocher pour comparaison, à celle dont **Delphi** gère les objets dans une pile d'exécution de type LIFO et un tas :

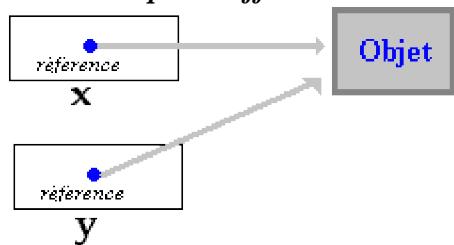


Attention à l'utilisation de l'affectation entre variables d'objets dans le modèle de représentation par référence. L'affectation  $x = y$  ne recopie pas le bloc objet de données de  $y$  dans celui de  $x$ , mais seulement la référence (l'adresse) de  $y$  dans la référence de  $x$ . Visualisons cette remarque importante :

#### *Situation au départ, avant affectation*



#### *Situation après l'affectation " $x = y$ "*



En C#, la désallocation étant automatique, le bloc de données objet qui était référencé par  $y$  avant

l'affectation, n'est pas perdu, car le garbage collector se charge de restituer la mémoire libérée au **segment de mémoire** du CLR

## 2.2 Les constructeurs d'objets références ou valeurs

Un constructeur est une **méthode spéciale** d'une classe dont la seule fonction est d'**instancier** un objet (créer le bloc de données). Comme en Delphi une **classe C# peut posséder plusieurs constructeurs**, il est possible de pratiquer des initialisations d'attributs dans un constructeur. Comme toutes les méthodes, un constructeur peut avoir ou ne pas avoir de paramètres formels.

- Si vous ne déclarez pas de constructeur spécifique pour une classe, **par défaut** C# attribue automatiquement un constructeur sans paramètres formels, portant le même nom que la classe. A la différence de Delphi où le nom du constructeur est quelconque, en C# le( ou les) **constructeur doit obligatoirement porter le même nom que la classe** (majuscules et minuscules comprises).
- Un constructeur d'objet d'une classe n'a d'intérêt que s'il est visible par tous les programmes qui veulent instancier des objets de cette classe, c'est pourquoi l'on mettra toujours le mot clef **public** devant la déclaration du constructeur.
- Un constructeur est une méthode spéciale dont la fonction est de créer des objets, dans son en-tête il n'a pas de type de retour et le mot clef **void** n'est pas non plus utilisé !

Soit une classe dénommée Un dans laquelle, comme nous l'avons fait jusqu'à présent nous n'indiquons aucun constructeur spécifique :

```
class Un {  
    int a;  
}
```

Automatiquement C# attribue un constructeur public à cette classe **public Un ()**. C'est comme si C# avait introduit dans votre classe à votre insu, une nouvelle méthode dénommée **Un**. Cette méthode "cachée" n'a aucun paramètre et aucune instruction dans son corps. Ci-dessous un exemple de programme C# correct illustrant ce qui se passe :

```
class Un {  
    public Un () {}  
    int a;  
}
```

- **Vous pouvez programmer et personnaliser vos propres constructeurs.**
- **Une classe C# peut contenir plusieurs constructeurs dont les en-têtes diffèrent uniquement par la liste des paramètres formels.**

*Exemple de constructeur avec instructions :*

C#	Explication
<pre>class Un { public Un()     { a = 100     }     int a; }</pre>	Le constructeur <b>public Un</b> sert ici à initialiser à 100 la valeur de l'attribut "int a" de chaque objet qui sera instancié.

*Exemple de constructeur avec paramètre :*

C#	Explication
<pre>class Un { public Un(int b)     { a = b;     }     int a; }</pre>	Le constructeur <b>public Un</b> sert ici à initialiser la valeur de l'attribut "int a" de chaque objet qui sera instancié. Le paramètre <b>int b</b> contient cette valeur.

*Exemple avec plusieurs constructeurs :*

C#	Explication
<pre>class Un { public Un(int b)     { a = b;     }     public Un()     { a = 100;     }     public Un(float b)     { a = (int)b;     }     int a; }</pre>	La classe Un possède 3 constructeurs servant à initialiser chacun d'une manière différente le seul attribut <b>int a</b> .

Il est possible de rappeler un constructeur de la classe dans un autre constructeur, pour cela C# utilise comme Java le mot clef **this**, avec une syntaxe différente :

*Exemple avec un appel à un constructeur de la même classe:*

C#	Explication
<pre>class Un {     int a;     public Un(int b)     { a = b;     }     public Un() }</pre>	La classe Un possède 3 constructeurs servant à initialiser chacun d'une manière différente le seul attribut <b>int a</b> .  Soit le dernier constructeur :

<pre> { a = 100; } <b>public</b> Un (<b>float</b> b ) { a = (<b>int</b>)b; } <b>public</b> Un (<b>int</b> x , <b>float</b> y ) : <b>this</b>(y) { a += 100; } } </pre>	<pre> <b>public</b> Un (<b>int</b> x , <b>float</b> y ) : <b>this</b>(y) { a += 100; }  Ce constructeur appelle tout d'abord le constructeur Un (<b>float</b> y ) par l'intermédiaire de <b>this(y)</b>, puis il exécute le corps de méthode soit : a += 100;  Ce qui revient à calculer : a = (<b>int</b>)y + 100 ; </pre>
--	---

### Comparaison Delphi - C# pour la déclaration de constructeurs

Delphi	C#
<pre> <b>Un</b> = <b>class</b>   a : integer; <b>public</b>   <b>constructor</b> creer; <b>overload</b>;   <b>constructor</b> creer (b:integer); <b>overload</b>;   <b>constructor</b> creer (b:real); <b>overload</b>; <b>end</b>;  <u>implementation</u>  <b>constructor</b> <b>Un</b>.creer; <b>begin</b>   a := 100 <b>end</b>; <b>constructor</b> <b>Un</b>.creer(b:integer); <b>begin</b>   a := b <b>end</b>; <b>constructor</b> <b>Un</b>.creer(b:real); <b>begin</b>   a := trunc(b) <b>end</b>;  <b>constructor</b> <b>Un</b>.creer(x:integer; y:real); <b>begin</b>   self.creer(y);   a := a+100; <b>end</b>; </pre>	<pre> <b>class</b> <b>Un</b> {   <b>int</b> a;    <b>public</b> <b>Un</b> ( )   { a = 100;   }    <b>public</b> <b>Un</b> (<b>int</b> b )   { a = b;   }    <b>public</b> <b>Un</b> (<b>float</b> b )   { a = (<b>int</b>)b;   }    <b>public</b> <b>Un</b> (<b>int</b> x , <b>float</b> y ) :     <b>this</b>(y)   { a += 100;   } } </pre>

En Delphi un constructeur a un nom quelconque, tous les constructeurs peuvent avoir des noms différents ou le même nom comme en C#.

### 2.3 Utilisation du constructeur d'objet automatique (par défaut)

Le constructeur d'objet par défaut de toute classe C# qu'elle soit de type valeur ou de type référence, comme nous l'avons signalé plus haut est une méthode spéciale sans paramètre, l'appel à

cette méthode spéciale afin de construire un nouvel objet répond à une syntaxe spécifique par utilisation du mot clef **new**.

### Syntaxe

Pour un constructeur sans paramètres formels, l'instruction d'**instanciation d'un nouvel objet** à partir d'un identificateur de variable déclarée selon un type de classe, s'écrit syntaxiquement ainsi :



**Exemple** : (deux façons équivalentes de créer un objet **x** de classe **Un**)

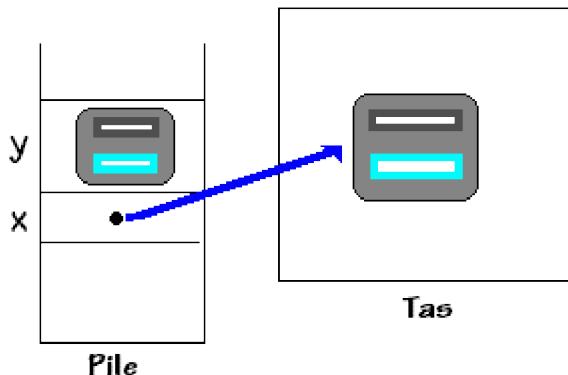
**Un x ;  
x = new Un();**

**Un x = new Un()**

Cette instruction crée dans le segment de mémoire, un nouvel objet de classe **Un** dont la référence (l'adresse) est mise dans la variable **x**, si x est de type référence, ou bien l'objet est directement créé dans la pile et mis dans la variable **x**, si x est de type valeur.

Soit **Un** une classe de type référence et **Deux** une autre classe de type valeur, ci-dessous une image des résultats de l'instanciation d'un objet de chacune de ces deux classes :

**Un x = new Un();  
Deux y = new Deux();**



Dans l'exemple ci-dessous, nous utilisons le constructeur par défaut de la classe **Un**, pour créer deux objets dans une autre classe :

```
class Un
```

```
{ ...  
}
```

```

class UnAutre
{
    // la déclaration :
    Un x, y;
    ....
    // la création :
    x = new Un();
    y = new Un();
}

```

*Un programme de 2 classes, illustrant l'affectation de références :*

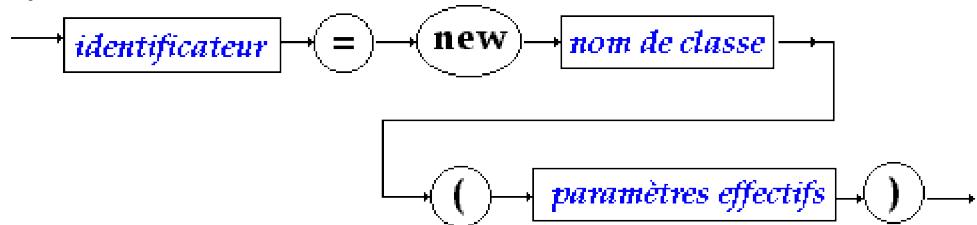
C#	Explication
<pre> <b>class</b> AppliClassesReferences {     <b>public static void</b> Main(String [ ] arg) {         <b>Un</b> x,y;         x = <b>new</b> <b>Un</b>();         y = <b>new</b> <b>Un</b>();         System.Console.WriteLine("x.a="+x.a);         System.Console.WriteLine("y.a="+y.a);         y = x;         x.a =12;         System.Console.WriteLine("x.a="+x.a);         System.Console.WriteLine("y.a="+y.a);     } }  <b>class</b> Un {     <b>int</b> a=10; } </pre>	<p>Ce programme C# contient deux classes :</p> <p><b>class</b> AppliClassesReferences et <b>class</b> Un</p> <p>La classe AppliClassesReferences est une classe exécutable car elle contient la méthode main. C'est donc cette méthode qui agira dès l'exécution du programme.</p>
Détaillons les instructions	Que se passe-t-il à l'exécution ?
<pre> <b>Un</b> x,y; x = <b>new</b> <b>Un</b>(); y = <b>new</b> <b>Un</b>(); </pre>	Instanciation de 2 objets différents x et y de type <b>Un</b> .
<pre> System.Console.WriteLine("x.a="+x.a); System.Console.WriteLine("y.a="+y.a); </pre>	Affichage de : x.a = 10 y.a = 10
<pre> y = x; </pre>	La référence de y est remplacée par celle de x dans la variable y (y pointe donc vers le même bloc que x).
<pre> x.a =12; System.Console.WriteLine("x.a="+x.a); System.Console.WriteLine("y.a="+y.a); </pre>	<p><i>On change la valeur de l'attribut a de x, et l'on demande d'afficher les attributs de x et de y :</i></p> <p>x.a = 12 y.a = 12</p> <p><b>Comme y pointe vers x, y et x sont maintenant le même objet sous deux noms différents !</b></p>

## 2.4 Utilisation d'un constructeur d'objet personnalisé

L'utilisation d'un constructeur personnalisé d'une classe est semblable à celle du constructeur par

défaut de la classe. La seule différence se trouve lors de l'instanciation : il faut fournir des paramètres effectifs lors de l'appel au constructeur.

### Syntaxe



*Exemple avec plusieurs constructeurs :*

une classe C#	Des objets créés
<pre> class Un {     int a ;     public Un (int b ) {         a =b ;     }      public Un () {         a = 100 ;     }      public Un (float b ) {         a =(int)b ;     }      public Un (int x , float y ) : this(y)     {         a += 100;     } } </pre>	<pre> Un obj1 = new Un( ); Un obj2 = new Un( 15 ); int k = 14; Un obj3 = new Un( k ); Un obj4 = new Un( 3.25f);  float r = -5.6; Un obj5 = new Un( r );  int x = 20; float y = -0.02; Un obj6 = new Un( x , y ); </pre>

### 2.5 Le mot clef **this** - cas de la référence seulement

Il est possible de dénommer dans les instructions d'une méthode de classe, un futur objet qui sera instancié plus tard. Le paramètre ou (mot clef) **this** est implicitement présent dans chaque objet instancié et il contient la référence à l'objet actuel. Il joue exactement le même rôle que le mot clef **self** en Delphi. Nous avons déjà vu une de ses utilisations dans le cas des constructeurs.

C#	C# équivalent
<pre> class Un {     public Un ()     {         a = 100;     }      int a; } </pre>	<pre> class Un {     public Un ()     {         this.a = 100;     }      int a; } </pre>

Dans le programme de droite le mot clef **this** fait référence à l'objet lui-même, ce qui dans ce cas est superflu puisque la variable **int a** est un champ de l'objet.

Montrons deux exemples d'utilisation pratique de **this**.

*Cas où l'objet est passé comme un paramètre dans une de ses méthodes :*

C#	Explications
<pre>class Un {     public Un()     {         a = 100;     }      public void methode1(Un x)     {         System.Console.WriteLine("champ a = "             + x.a);     }      public void methode2( int b )     {         a += b;         methode1(this);     }      int a; }</pre>	<p>La méthode1(<b>Un</b> x) reçoit un objet de type Exemple en paramètre et imprime son champ <b>int</b> a.</p> <p>La méthode2( <b>int</b> b ) reçoit un entier <b>int</b> b qu'elle additionne au champ <b>int</b> a de l'objet, puis elle appelle la méthode1 avec comme paramètre l'objet lui-même.</p>

*Comparaison Delphi - C# sur cet exemple (similitude complète)*

Delphi	C#
<pre>Un = class     a : integer; public     constructor creer;     procedure methode1( x:Un );     procedure methode2 ( b:integer ); end;  <u>implementation</u>  constructor Un.creer; begin     a := 100 end; procedure Un.methode1( x:Un ); begin     showmessage( 'champ a =' + inttostr(x.a) ) end; procedure Un.methode2 ( b:integer ); begin     a := a+b;     methode1(self) end;</pre>	<pre>class Un {     public Un()     {         a = 100;     }      public void methode1(Un x)     {         System.Console.WriteLine("champ a ="+x.a);     }      public void methode2( int b )     {         a += b;         methode1(this);     }      int a; }</pre>

*Cas où le this sert à outrepasser le masquage de visibilité :*

C#	Explications
<pre>class Un {     int a;     public void methode1(float a)     {         a = this.a + 7 ;     } }</pre>	<p>La méthode1(<b>float</b> a) possède un paramètre <b>float</b> a dont le nom masque le nom du champ <b>int</b> a.</p> <p>Si nous voulons malgré tout accéder au champ de l'objet, l'objet étant référencé par <b>this</b>, "this.a" est donc le champ <b>int</b> a de l'objet lui-même.</p>

### *Comparaison Delphi - C# sur ce second exemple (similitude complète aussi)*

Delphi	C#
<pre> <b>Un = class</b>   a : integer; <b>public</b>   <b>procedure</b> methode( a:real ); <b>end;</b>  <u>implementation</u>  <b>procedure</b> Un.methode( a:real );<b>begin</b>   a = <b>self</b>.a + 7 ; <b>end;</b> </pre>	<pre> <b>class</b> Un {   int a; <b>public void</b> methode(<b>float</b> a)   {     a = <b>this</b>.a + 7 ;   } } </pre>

## 3. Variables et méthodes

Nous examinons dans ce paragraphe comment C# utilise les variables et les méthodes à l'intérieur d'une classe. Il est possible de modifier des variables et des méthodes d'une classe ceci sera examiné plus loin.

En C#, les champs et les méthodes sont classés en deux catégories :

- **Variables et méthodes de classe**
- **Variables et méthodes d'instance**

### 3.1 Variables dans une classe en général

Rappelons qu'en C#, nous pouvons déclarer dans un bloc (for, try,...) de nouvelles variables à la condition qu'elles n'existent pas déjà dans le corps de la méthode où elles sont déclarées. Nous les dénommerons : **variables locales de méthode**.

*Exemple de variables locales de méthode :*

<pre> <b>class</b> Exemple {   <b>void</b> calcul ( <b>int</b> x, <b>int</b> y )   {<b>int</b> a = 100;   <b>for</b> ( <b>int</b> i = 1; i&lt;10; i++ )     {<b>char</b> carlu;      System.Console.Write("Entrez un caractère : ");      carlu = (<b>char</b>)System.Console.Read( );      <b>int</b> b =15;      a =.....      .....     }   } } </pre>	<p>La définition <b>int a = 100;</b> est locale à la méthode en général</p> <p>La définition <b>int i = 1;</b> est locale à la boucle <b>for.</b></p> <p>Les définitions <b>char carlu</b> et <b>int b</b> sont locales au corps de la boucle <b>for.</b></p>
---	---

<pre style="font-family: monospace; margin: 0;">}</pre> <pre style="font-family: monospace; margin: 0;">}</pre>	
--	--

C# ne connaît pas la notion de variable globale au sens habituel donné à cette dénomination, dans la mesure où toute variable ne peut être définie qu'à l'intérieur d'une classe, ou d'une méthode inclue dans une classe. Donc à part les **variables locales de méthode** définies dans une méthode, C# reconnaît une autre catégorie de variables, **les variables définies dans une classe mais pas à l'intérieur d'une méthode spécifique**. Nous les dénommerons : **attributs de classes** parce que ces variables peuvent être de deux catégories.

#### *Exemple de attributs de classe :*

<pre style="font-family: monospace; margin: 0;">class AppliVariableClasse {     float r;      void calcul ( int x, int y )     {         ....     }      int x =100;     int valeur ( char x )     {         ....     }      long y; }</pre>	<p>Les variables <b>float r</b> , <b>long y</b> et <b>int x</b> sont des attributs de classe (ici en fait plus précisément, des variables d'instance).</p> <p>La position de la déclaration de ces variables n'a aucune importance. Elles sont <b>visibles dans tout le bloc classe</b> (c'est à dire visibles par toutes les méthodes de la classe).</p> <p><b>Conseil</b> : regroupez les variables de classe au début de la classe afin de mieux les gérer.</p>
--	--

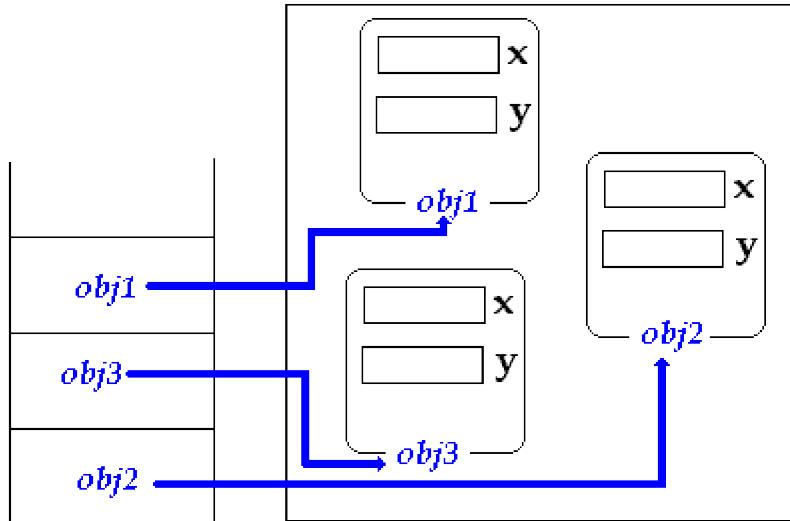
Les attributs de classe peuvent être soit de la catégorie des **variables de classe**, soit de la catégorie des **variables d'instance**.

### *3.2 Variables et méthodes d'instance*

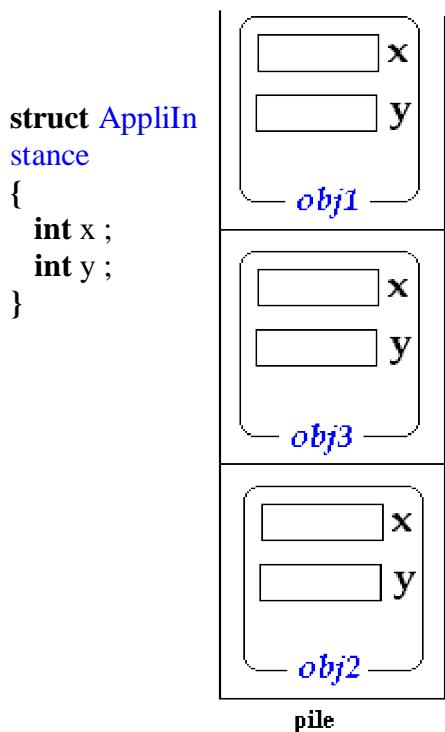
C# se comporte comme un langage orienté objet classique vis à vis de ses variables et de ses méthodes. A chaque instantiation d'un nouvel objet d'une classe donnée, la machine CLR enregistre le p-code des méthodes de la classe dans la **zone de stockage** des méthodes, elle alloue dans le **segment de mémoire autant d'emplacements mémoire pour les variables que d'objet créés**. C# dénomme cette catégorie **les variables et les méthodes d'instance**.

une classe C#	Instanciation de 3 objets
<pre style="font-family: monospace; margin: 0;">class AppliInstance {     int x ;     int y ; }</pre>	<pre style="font-family: monospace; margin: 0;">AppliInstance obj1 = new AppliInstance(); AppliInstance obj2 = new AppliInstance(); AppliInstance obj3 = new AppliInstance();</pre>

Segment de mémoire associé à ces 3 objets si la classe AppliInstance est de type référence :



Segment de mémoire associé à ces 3 objets si la classe AppliInstance était de type valeur (pour mémoire) :



Un programme C# à 2 classes illustrant l'exemple précédent (classe référence) :

Programme C# exécutable
<pre>class AppliInstance { public int x = -58 ;   public int y = 20 ; } class Utilise</pre>

```

{ public static void Main( )
    AppliInstance obj1 = new AppliInstance();
    AppliInstance obj2 = new AppliInstance();
    AppliInstance obj3 = new AppliInstance();
    System.Console.WriteLine( "obj1.x = " + obj1.x );
}

```

### 3.3 Variables et méthodes de classe - static

#### Variable de classe

On identifie une variable ou une méthode de classe en précédant sa déclaration du mot clef **static**. Nous avons déjà pris la majorité de nos exemples simples avec de tels composants.

Voici deux déclarations de variables de classe :

```

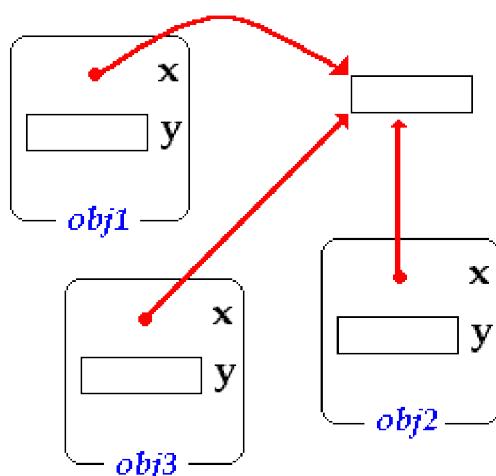
static int x ;
static int a = 5;

```

Une variable de classe est accessible comme une variable d'instance(selon sa visibilité), mais aussi **sans avoir à instancier un objet de la classe**, uniquement en référençant la variable par le nom de la classe dans la notation de chemin uniforme d'objet.

une classe C#	Instanciation de 3 objets
<pre> class AppliInstance { static int x ;   int y ; } </pre>	<pre> AppliInstance obj1 = new AppliInstance(); AppliInstance obj2 = new AppliInstance(); AppliInstance obj3 = new AppliInstance(); </pre>

Voici une image du segment de mémoire associé à ces 3 objets :



Exemple de variables de classe :

<pre> <b>class</b> ApplistaticVar { <b>public static int</b> x =15 ; } <b>class</b> UtiliseApplistaticVar { <b>int</b> a ;   <b>void</b> f()   { a = <b>ApplistaticVar.x</b> ;     ....   } } </pre>	<p>La définition "<b>static int</b> x =15 ;" crée une variable de la classe <b>ApplistaticVar</b>, nommée x.</p> <p>L'instruction "a = <b>ApplistaticVar.x</b> ;" utilise la variable x comme variable de classe <b>ApplistaticVar</b> sans avoir instancié un objet de cette classe.</p>
--	---

Nous pouvons utiliser la classe Math ( **public sealed class Math** ) qui contient des constantes et des fonctions mathématiques courantes :

**public static const double E;** // la constante e représente la base du logarithme népérien.  
**public static const double PI;** // la constante pi représente le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre.

## Méthode de classe

Une méthode de classe est une méthode dont l'implémentation est la même pour tous les objets de la classe, en fait la différence avec une méthode d'instance a lieu sur la catégorie des variables sur lesquelles ces méthodes agissent.

**De par leur définition les méthodes de classe ne peuvent travailler qu'avec des variables de classe, alors que les méthodes d'instances peuvent utiliser les deux catégories de variables.**

*Un programme correct illustrant le discours :*

C#	Explications
<pre> <b>class</b> Exemple {   <b>public static int</b> x ;   <b>int</b> y ;   <b>public void</b> f1(<b>int</b> a)   { x = a;     y = a;   }   <b>public static void</b> g1(<b>int</b> a)   { x = a;   } } <b>class</b> Utilise {   <b>public static void</b> Main( )   {     Exemple obj = <b>new</b> Exemple();     obj.f1(10);     System.Console.WriteLine("&lt;f1(10)&gt;obj.x="+ Exemple.x);     Exemple.g1(50);     System.Console.WriteLine("&lt;g1(50)&gt;obj.x="+ Exemple.x);   } } </pre>	<p><b>public void f1(int a)</b>  { x = a; <i>//accès à la variable de classe</i>  y = a ; <i>//accès à la variable d'instance</i>  }</p> <p><b>public static void g1(int a)</b>  { x = a; <i>//accès à la variable de classe</i>  y = a ; <i>//engendrerait un erreur de compilation</i>  <i>: accès à une variable non static interdit !</i>  }</p> <p>La méthode f1 accède à toutes les variables de la classe Exemple, la méthode g1 n'accède qu'aux variables de classe (<b>static</b> et <b>public</b>).</p> <p><i>Après exécution on obtient :</i></p> <p>&lt;f1(10)&gt;obj.x = 10  &lt;g1(50)&gt;obj.x = 50</p>

## Résumé pratique sur les membres de classe en C#

1) - Les méthodes et les variables de classe sont **précédées obligatoirement** du mot clef **static**. Elles jouent un rôle **semblable** à celui qui est attribué aux variables et aux sous-routines globales dans un langage impératif classique.

C#	Explications
<pre>class Exemple1 {     int a = 5;     static int b = 19;     void m1() {...}     static void m2() {...} }</pre>	<p>La variable a dans <b>int a = 5;</b> est une variable d'instance.</p> <p>La variable b dans <b>static int b = 19;</b> est une variable de classe.</p> <p>La méthode m2 dans <b>static void m2()</b> <b>{ ... }</b> est une méthode de classe.</p>

2) - Pour utiliser une variable **x1** ou une méthode **meth1** de la classe **Classe1**, il suffit de d'écrire **Classe1.x1** ou bien **Classe1.meth1**.

C#	Explications
<pre>class Exemple2 {     public static int b = 19;     public static void m2() {...} }  class UtiliseExemple {     Exemple2.b = 53;     Exemple2.m2();     ... }</pre>	<p>Dans la classe Exemple2, b est une variable de classe, m2 une méthode de classe.</p> <p>La classe UtiliseExemple fait appel à la méthode m2 directement avec le nom de la classe, il en est de même avec le champ b de la classe Exemple2</p>

3) - Une variable de classe (précédée du mot clef **static**) est **partagée par tous les objets** de la même classe.

C#	Explications
<pre>class AppliStatic {     public static int x = -58 ;     public int y = 20 ;     ... }  class Utilise {     public static void Main(String [ ] arg)     {         AppliStatic obj1 = new AppliStatic();     } }</pre>	<p>Dans la classe AppliStatic x est une variable de classe, et y une variable d'instance.</p> <p>La classe Utilise crée 3 objets (obj1,obj2,obj3) de classe AppliStatic.</p> <p>L'instruction <b>obj1.y = 100;</b> est un accès au champ <b>y</b> de l'instance obj1. Ce n'est que le champ <b>y</b> de cet objet qui est modifié, les champs <b>y</b> des objets obj2 et</p>

<pre> AppliStatic obj2 = new AppliStatic(); AppliStatic obj3 = new AppliStatic(); <b>obj1.y = 100;</b> <b>AppliStatic.x = 101;</b> System.Console.WriteLine("obj1.x=" + AppliStatic.x); System.Console.WriteLine("obj1.y=" + obj1.y); System.Console.WriteLine("obj2.x=" + AppliStatic.x); System.Console.WriteLine("obj2.y=" + obj2.y); System.Console.WriteLine("obj3.x=" + AppliStatic.x); System.Console.WriteLine("obj3.y=" + obj3.y); <b>AppliStatic.x = 99;</b> System.Console.WriteLine("AppliStatic.x="     + AppliStatic.x); } </pre>	<p>obj3 restent inchangés</p> <p>Il n'y a qu'une seule manière d'accéder à la variable static <b>x</b>, comme pour toute variable de classe, en utilisant le nom de la classe :</p> <p><b>AppliStatic.x = 101;</b></p> <p>Dans ce cas cette variable <b>x</b> est modifiée globalement et donc tous les champs <b>x</b> de tous les objets obj1, obj2 et obj3 prennent la nouvelle valeur.</p>
---	--

Au début lors de la création des 3 objets, chacun des champs x vaut -58 et chacun des champs y vaut 20, l'affichage par System.Console.WriteLine(...) donne les résultats suivants qui démontrent le partage de la variable x par tous les objets.

*Après exécution :*

```

obj1.x = 101
obj1.y = 100
obj2.x = 101
obj2.y = 20
obj3.x = 101
obj3.y = 20
AppliStatic.x = 99

```

**4) - Une méthode de classe (précédée du mot clef **static**) ne peut utiliser que des variables de classe** (précédées du mot clef **static**) et jamais des variables d'instance.Une méthode d'instance peut accéder aux deux catégories de variables

**5) - Une méthode de classe (précédée du mot clef **static**) ne peut appeler (invoquer) que des méthodes de classe** (précédées du mot clef **static**).

C#	Explications
<pre> class AppliStatic {     public static int x = -58 ;     public int y = 20 ;      public void f1(int a)     { AppliStatic.x = a;       y = 6 ;     } } </pre>	<p>Nous reprenons l'exemple précédent en ajoutant à la classe AppliStatic une méthode interne f1 :</p> <pre> public void f1(int a) {     AppliStatic.x = a;     y = 6 ; } </pre> <p>Cette méthode accède à la variable de classe comme un champ d'objet.</p>
<pre> class Utilise {     static void f2(int a)     { AppliStatic.x = a;     } } </pre>	<p>Nous rajoutons à la classe Utilise, un méthode static (méthode de classe) notée f2:</p> <pre> static void f2(int a) { AppliStatic.x = a; } </pre> <p>Cette méthode accède elle aussi à la variable de</p>

<pre> } public static void Main( ) {     AppliStatic obj1 = new AppliStatic();     AppliStatic obj2 = new AppliStatic();     AppliStatic obj3 = new AppliStatic();     obj1.y = 100;      obj1.x = 101;     AppliStatic.x = 99;     f2(101);     obj1.f1(102); } </pre>	<p>classe parce qu c'est une méthode static.</p> <p>Nous avons donc <b>trois</b> manières d'accéder à la variable static <b>x</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>soit directement comme une variable de classe proprement dite : <b>AppliStatic.x = 99;</b></li> <li>soit indirectement par une méthode d'instance sur son champ : <b>obj1.f1(102);</b></li> <li>soit indirectement par une méthode <b>static</b> (de classe) : <b>f2(101);</b></li> </ul>
---	--

Comme la méthode Main est **static**, elle peut invoquer la méthode f2 qui est aussi **static**.

Au paragraphe précédent, nous avons indiqué que C# ne connaissait pas la notion de variable globale stricto sensu, mais en fait une variable **static** peut jouer le rôle d'un variable globale pour un ensemble d'objets instanciés à partir de la même classe.

### Attention :

Contrairement à Java qui autorise l'accès à une variable **static** à partir d'un nom d'objet à la place du nom de la classe de définition, le compilateur C# impose une cohérence dans les déclarations, en refusant cette possibilité.

# Polymorphisme d'objet en



---

**Plan général:**

## Rappel des notions de base

### Polymorphisme d'objet en C# : définitions

- 1.1 Instanciation et utilisation dans le même type
- 1.2 Polymorphisme d'objet implicite
- 1.3 Polymorphisme d'objet explicite par transtypage
- 1.4 Utilisation pratique du polymorphisme d'objet
- 1.5 Instanciation dans un type ascendant impossible

# Le polymorphisme en C#

## Rappel utile sur les notions de bases

Il existe un concept essentiel en POO désignant la capacité d'une hiérarchie de classes à fournir différentes implémentations de méthodes portant le même nom et par corollaire la capacité qu'ont des objets enfants de modifier les comportements hérités de leur parents. Ce concept d'adaptation à différentes "situations" se dénomme le **polymorphisme** qui peut être implémenté de différentes manières.

### Polymorphisme d'objet

C'est une interchangeabilité entre variables d'objets de classes de la même hiérarchie sous certaines conditions, que dénommons le polymorphisme d'objet.

### Polymorphisme par héritage de méthode

Lorsqu'une classe enfant hérite d'une classe mère, des méthodes supplémentaires nouvelles peuvent être implémentées dans la classe enfant mais aussi des méthodes des parents peuvent être substituées pour obtenir des implémentations différentes.

### Polymorphisme par héritage de classes abstraites

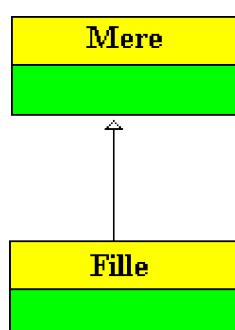
Une classe abstraite est une classe qui ne peut pas s'instancier elle-même ; elle doit être héritée. Certains membres de la classe peuvent ne pas être implémentés, et c'est à la classe qui hérite de fournir cette implémentation.

### Polymorphisme par implémentation d'interfaces

Une interface décrit la signature complète des membres qu'une classe doit implémenter, mais elle laisse l'implémentation de tous ces membres à la charge de la classe d'implémentation de l'interface.

## Polymorphisme d'objet en C#

Soit une classe **Mere** et une classe **Fille** héritant de la classe **Mere** :



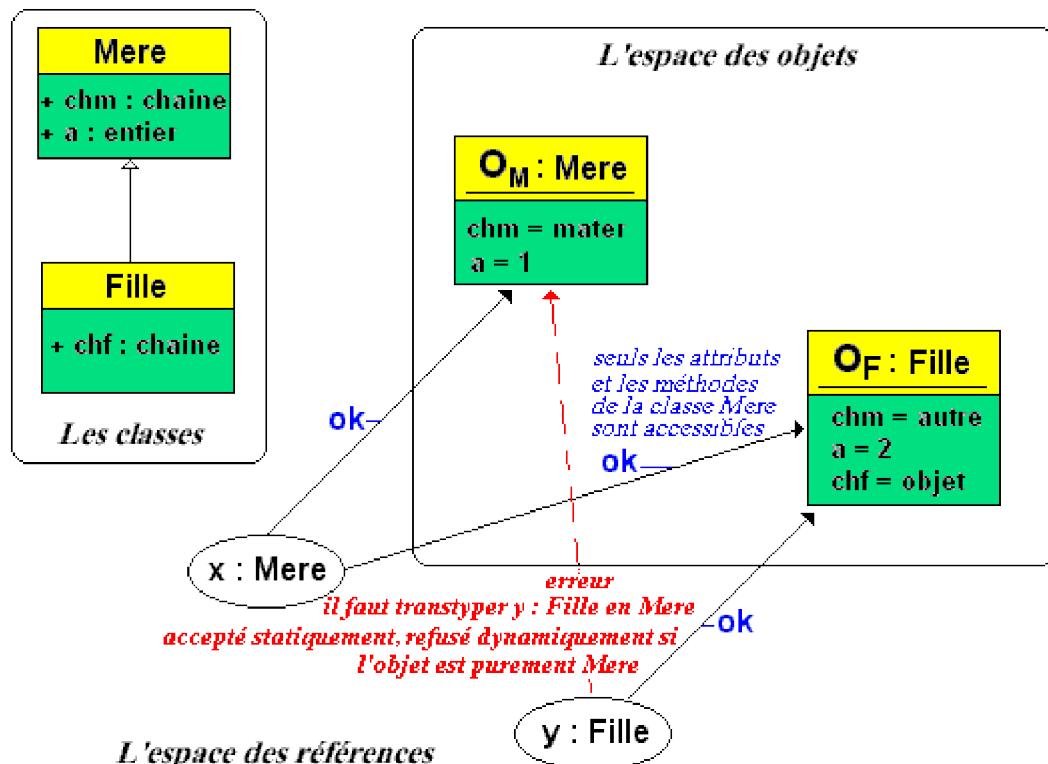
Les objets peuvent avoir des comportements polymorphes (s'adapter et se comporter différemment selon leur utilisation) licites et des comportements polymorphes dangereux selon les langages.

Dans un langage dont le modèle objet est la référence (un objet est un couple : référence, bloc mémoire) comme C#, il y a découplage entre les actions statiques du compilateur et les actions dynamiques du système d'exécution, **le compilateur protège statiquement des actions dynamiques sur les objets** une fois créés. C'est la déclaration et l'utilisation des variables de références qui autorise ou non les actions licites grâce à la compilation.

Supposons que nous ayons déclaré deux variables de référence, l'une de classe **Mère**, l'autre de classe **Fille**, une question qui se pose est la suivante : au cours du programme quelle genre d'affectation et d'instanciation est-on autorisé à effectuer sur chacune de ces variables dans un programme C#.

En C# : <pre>public class Mere {     ... } public class Fille : Mere {     ... }</pre>	L'héritage permet une variabilité entre variables d'objets de classes de la même hiérarchie, c'est cette variabilité que dénommons le <b>polymorphisme d'objet</b> .
--	--

Nous envisageons toutes les situations possibles et les évaluons, les exemples explicatifs sont écrits en C# (lorsqu'il y a discordance avec java ou Delphi autres langages, celle-ci est mentionnée explicitement), il existe 3 possibilités différentes illustrées par le schéma ci-dessous.



*L'instanciation et l'utilisation de références dans le même type*

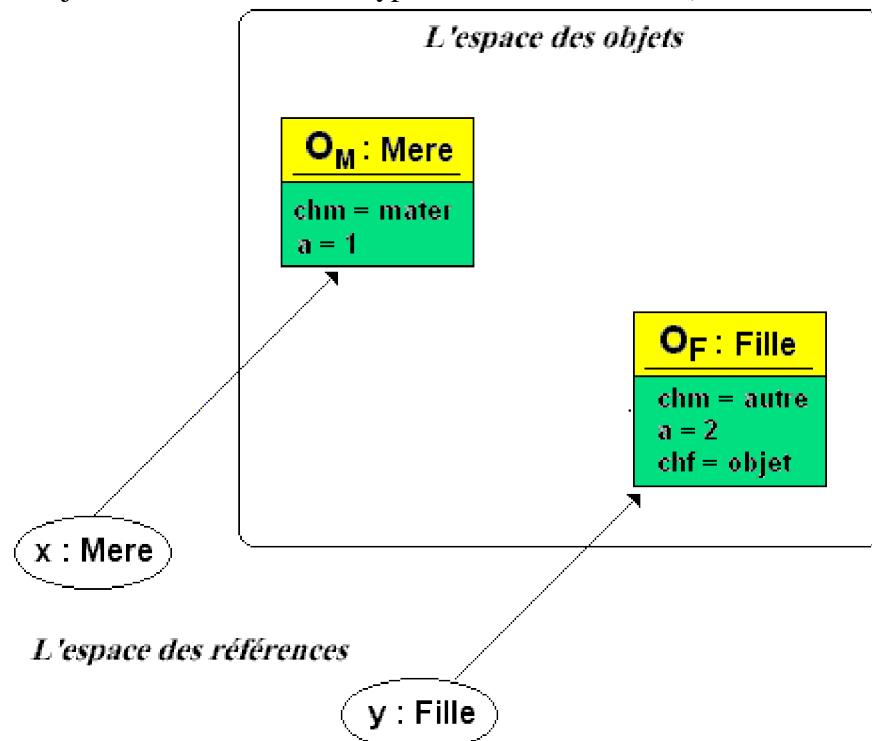
*L'affectation de références : polymorphisme implicite*

*L'affectation de références : polymorphisme par transtypage d'objet*

La dernière de ces possibilités pose un problème d'exécution lorsqu'elle mal employée !

## 1.1 instantiation dans le type initial et utilisation dans le même type

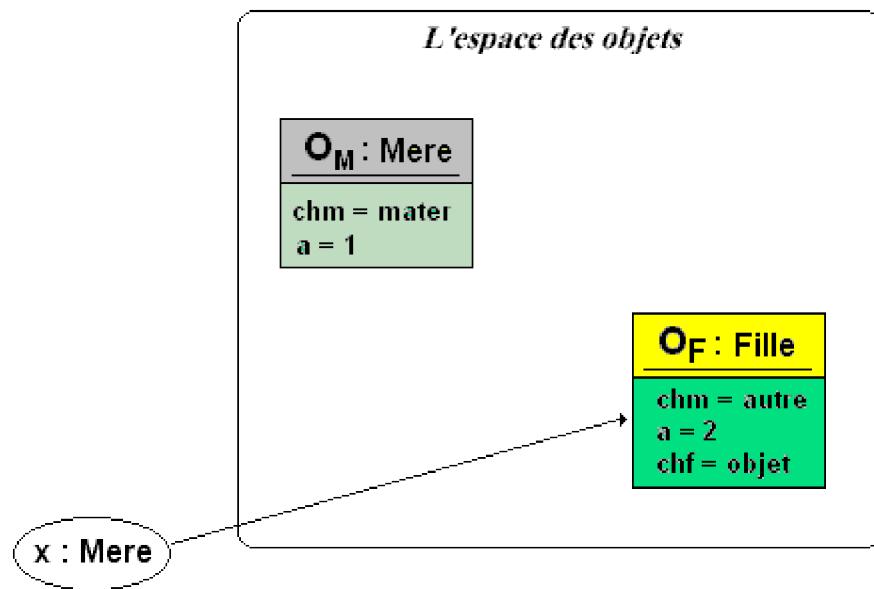
Il s'agit ici d'une utilisation la plus classique qui soit, dans laquelle une variable de référence d'objet est utilisée dans son type de définition initial (valable dans tous les LOO)



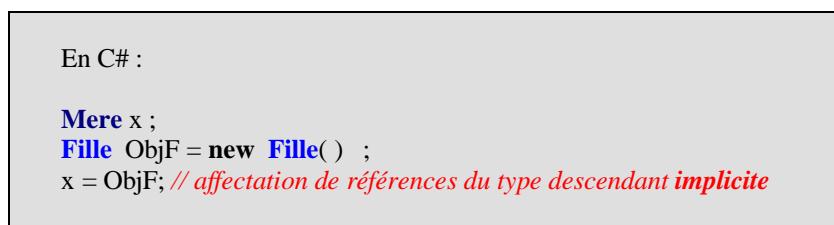
En C# :

```
Mère x , u ;  
Fille y , w ;  
....  
x = new Mère( ); // instantiation dans le type initial  
u = x ; // affectation de références du même type  
  
y = new Fille( ); // instantiation dans le type initial  
v = y ; // affectation de références du même type
```

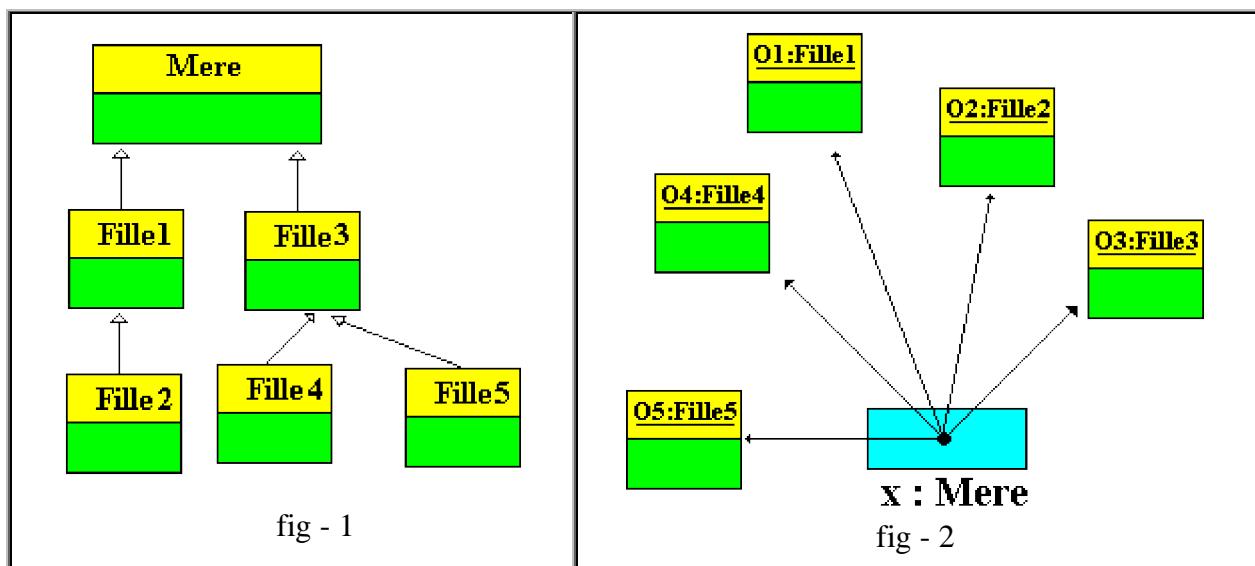
## 1.2 Polymorphisme d'objet implicite



*L'espace des références*



Nous pouvons en effet dire que **x** peut se référer implicitement à tout objet de classe **Mere** ou de **toute classe héritant** de la classe **Mere**.



Dans la figure fig-1 ci-dessus, une hiérarchie de classes descendant toutes de la classe **Mère**, dans fig-2 ci-contre le schéma montre une référence de type **Mère** qui peut '**pointer**' vers n'importe quel objet de classe descendante (polymorphisme d'objet).

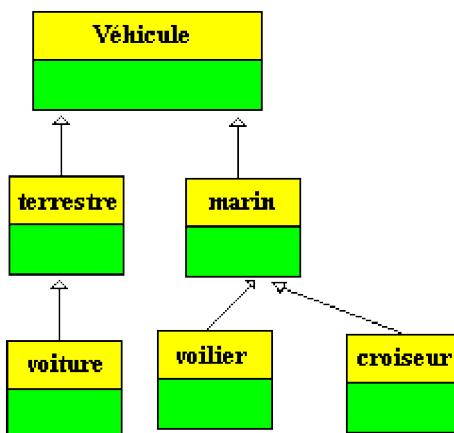
D'une façon générale vous pourrez toujours écrire des affectations entre deux références d'objets :

En C# :

```
Classe1 x ;
Classe2 y ;
.....
x = y ;
si et seulement si Classe2 est une classe descendante de Classe1.
```

### Exemple pratique tiré du schéma précédent

1°) Le polymorphisme d'objet est typiquement fait pour représenter des situations pratiques figurées ci-dessous :



Une hiérarchie de classe de véhicules descendant toutes de la classe mère Véhicule, on peut énoncer le fait suivant :

**Un véhicule peut être de plusieurs sortes : soit un croiseur, soit une voiture, soit un véhicule terrestre etc...**

Traduit en termes informatiques, si l'on déclare une référence de type véhicule (**vehicule x**) elle pourra pointer vers n'importe quel objet d'une des classes filles de la classe véhicule.

En C# :

```
public class Vehicule {
    .....
}
public class terrestre : Vehicule{
    .....
}
public class voiture : terrestre {
    .....
}
```

```
public class marin : Vehicule {
    .....
}

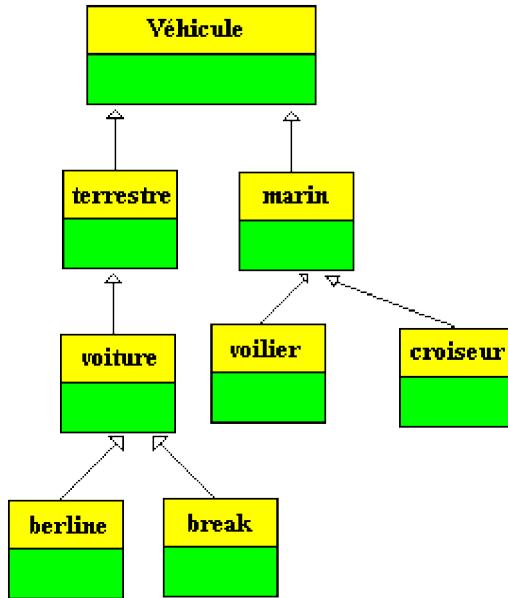
public class voilier : marin {
    .....
}

public class croiseur : marin {
    .....
}
```

Mettions en oeuvre la définition du polymorphisme implicite :

**Polymorphisme implicite = création d'objet de classe descendante référencé par une variable parent**

Ajoutons 2 classes à la hiérarchie des véhicules :



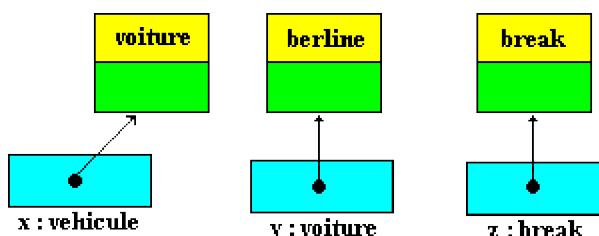
Partons de la situation pratique suivante :

- on crée un **véhicule** du type **voiture**,
- on crée une **voiture** de type **berline**,
- enfin on crée un **break** de type **break**

Traduit en termes informatiques : nous déclarons 3 références **x**, **y** et **z** de type **vehicule**, **voiture** et **break** et nous créons 3 objets de classe **voiture**, **berline** et **break**.

Comme il est possible de créer directement un objet de classe descendante à partir d'une référence de classe mère, nous proposons les instanciations suivantes :

- on crée une **voiture** référencée par la variable de classe **vehicule**,
- on crée une **berline** référencée par la variable de classe **voiture**,
- enfin on crée un **break** référencé par la variable de classe **break**.



En C# : <pre> public class berline : voiture {     ..... }  public class break : voiture {     ..... } </pre>	<b>public class</b> Fabriquer <pre> {     Vehicule x = <b>new</b> voiture ();     voiture y = <b>new</b> berline ();     break z = <b>new</b> break ();     ..... } </pre>
---	--

### 1.3 Polymorphisme d'objet explicite par transtypage

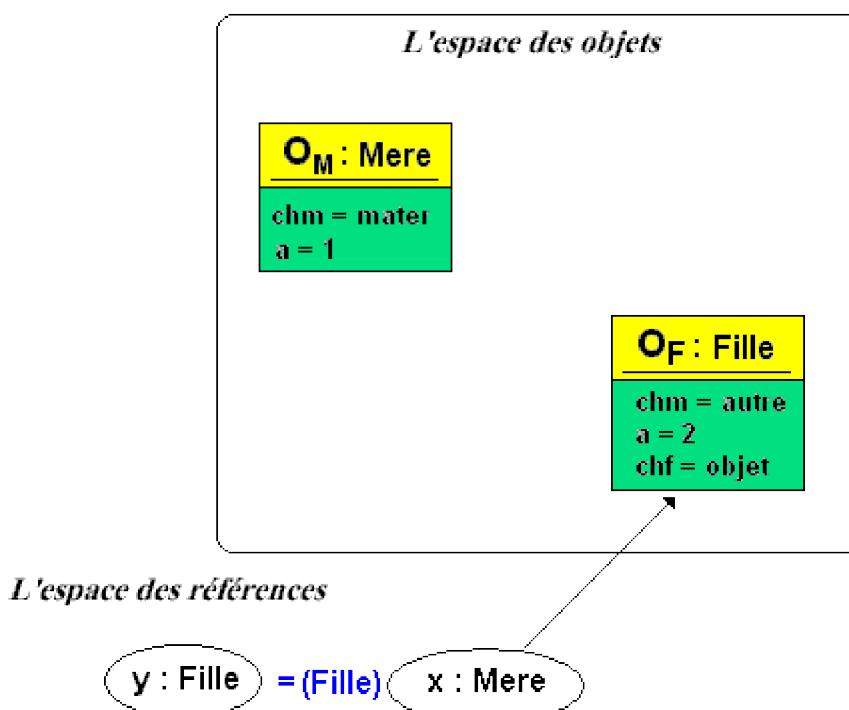
La situation informatique est la suivante :

- on déclare une variable **x** de type Mere,
- on déclare une variable **y** de type Fille héritant de Mere,
- on instancie la variable x dans le type descendant Fille (polymorphisme implicite).

Il est alors possible de faire "pointer" la variable y (de type Fille) vers l'objet (de type Fille) auquel se réfère x en effectuant une affectation de références :

**y = x** ne sera pas acceptée directement car statiquement les variables x et y ne sont pas du même type, il faut indiquer au compilateur que l'on souhaite temporairement changer le type de la variable x afin de pouvoir effectuer l'affectation.

Cette opération de changement temporaire, se dénomme le **transtypage** (notée en C# : **y = (Fille)x**) :

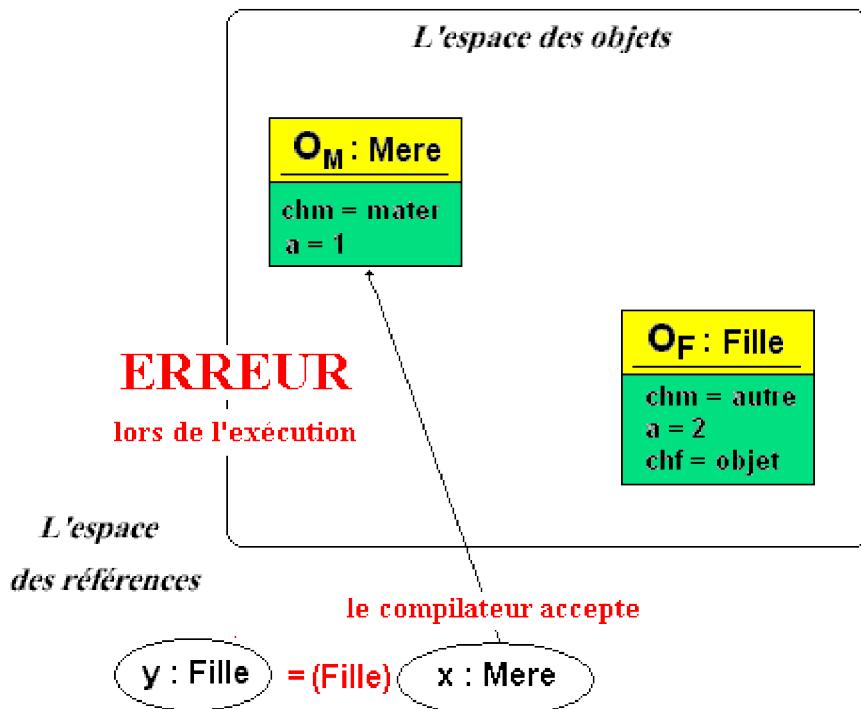


En C# :

```
Mere x ;  
Fille y ;  
Fille ObjF = new Fille() ;  
x = ObjF ; // x pointe vers un objet de type Fille  
y = (Fille) x ; // transtypage et affectation de références du type ascendant explicite compatible  
dynamiquement.
```

## Attention

- La validité du transtypage n'est pas vérifiée statiquement par le compilateur, donc si votre variable de référence pointe vers un objet qui n'a pas la même nature que l'opérateur de transtypage, c'est lors de l'exécution qu'il y aura production d'un message d'erreur indiquant le transtypage impossible.
- Il est donc impératif de tester l'appartenance à la bonne classe de l'objet à transtyper avant de le transtyper, les langages C#, Delphi et Java disposent d'un opérateur permettant de tester cette appartenance ou plutôt l'appartenance à une hiérarchie de classes (opérateur **is** en C#).
- L'opérateur **as** est un opérateur de transtypage de référence d'objet semblable à l'opérateur **( )**. L'opérateur **as** fournit la valeur **null** en cas d'échec de conversion alors que l'opérateur **( )** lève une exception.

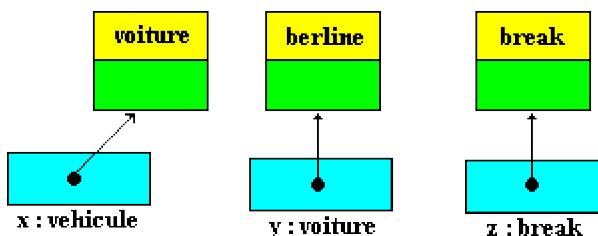


```

En C# :
Mere x ;
Fille y ;
x = new Mere() ; // instantiation dans le type initial
{ affectation de références du type ascendant explicite mais dangereuse si x est uniquement Mere : }
y = (Fille)x ; <--- erreur lors de l'exécution ici
{affectation acceptée statiquement mais refusée dynamiquement, car x pointe vers un objet de type Mere}

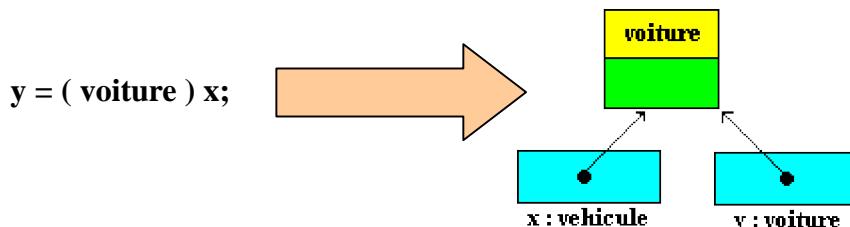
```

En reprenant l'exemple pratique précédent de la hiérarchie des véhicules :



Puisque x pointe vers un objet de type voiture toute variable de référence acceptera de pointer vers cet objet, en particulier la variable voiture après transtypage de la référence de x.

En C# l'affectation s'écrirait par application de l'opérateur de transtypage :



Pour pallier à cet inconvénient de programmation pouvant lever des exceptions lors de l'exécution, C# offre au programmeur la possibilité de tester l'appartenance d'un objet référencé par une variable quelconque à une classe ou plutôt une hiérarchie de classe ; en C# cet opérateur se dénote **is** :

**L'opérateur "is" de C# est identique à celui de Delphi :**

L'opérateur **is**, qui effectue une vérification de type dynamique, est utilisé pour vérifier quelle est effectivement la classe d'un objet à l'exécution.

L'expression : objet **is** classeT

renvoie True si objet est une instance de la classe désignée par classeT ou de l'un de ses descendants, et False sinon. Si objet a la valeur nil, le résultat est False.

```

En C# :
Mere x ;
Fille y ;
x = new Mere() ; // instantiation dans le type initial
if (x is Fille) // test d'appartenance de l'objet référencé par x à la bonne classe
    y = (Fille)x ;

```

## 1.4 Utilisation pratique du polymorphisme d'objet

**Le polymorphisme d'objet associé au transtypage est très utile dans les paramètres des méthodes.**

Lorsque vous déclarez une méthode meth avec un paramètre formel x de type ClasseT :

```

void meth ( ClasseT x );
{
    .....
}

```

Vous pouvez utiliser lors de l'appel de la méthode meth n'importe quel paramètre effectif de ClasseT ou bien d'une quelconque classe descendant de ClasseT et ensuite à l'intérieur de la procédure vous transtypez le paramètre. Cet aspect est utilisé en particulier en C# lors de la création de gestionnaires d'événements communs à plusieurs composants :

```

private void meth1(object sender, System.EventArgs e) {
    if (sender is System.Windows.Forms.TextBox)
        ((TextBox)sender).Text="Fin";
    else if (sender is System.Windows.Forms.Label)
        ((Label)sender).Text="ok";

// ou encore :

if (sender is System.Windows.Forms.TextBox)
    ((TextBox)sender).Text="Fin";

else if (sender is System.Windows.Forms.Label)
    ((Label)sender).Text="ok";
}

```

Autre exemple avec une méthode meth2 personnelle sur la hiérarchie des véhicules :

```

private void meth2 ( vehicule Sender );
{
    if (Sender is voiture)
        ((voiture)Sender). .... ;
    else if (Sender is voilier)
        ((voilier)Sender). .... ;
    .....
}

```

## instanciation dans un type ascendant (*impossible en C#*)

- Il s'agit ici d'une utilisation non licite qui n'est pas commune à tous les langages LOO.
- Le compilateur **C#** comme le compilateur **Java**, **refuse** ce type de création d'objet, les compilateurs **C++** et **Delphi** **acceptent** ce genre d'instanciation en laissant au programmeur le soin de se débrouiller avec les problèmes de cohérence lorsqu'ils apparaîtront.

# Polymorphisme de méthode en



---

Plan général: [E](#)

## 1. Le polymorphisme de méthodes en C#

*Rappel* des notions de base

- 1.1 Surcharge et redéfinition en C#
- 1.2 Liaison statique et masquage en C#
- 1.3 Liaison dynamique en C#
- 1.4 Comment opère le compilateur

Résumé pratique

## 2. Accès à la super classe en C#

- 2.1 Le mot clef base
- 2.2 Initialiseur de constructeur this et base
- 2.3 Comparaison C#, Delphi et Java sur un exemple
- 2.4 Traitement d'un exercice complet

## 1. Le polymorphisme de méthode en C#

Nous avons vu au chapitre précédent le polymorphisme d'objet, les méthodes peuvent être elles aussi polymorphes. Nous avons vu comment Delphi mettait en oeuvre le polymorphisme d'objet et de méthode, nous voyons ici comment C# hérite une bonne part de Delphi pour ses comportements et de la souplesse de Java pour l'écriture.

### Rappel de base

#### Polymorphisme par héritage de méthode

Lorsqu'une classe enfant hérite d'une classe mère, des méthodes supplémentaires **nouvelles** peuvent être implémentées dans la classe enfant, mais aussi des méthodes des **parents substituées** pour obtenir des implémentations différentes.

L'objectif visé en terme de qualité du logiciel est la **réutilisabilité** en particulier lorsque l'on réalise une même opération sur des éléments différents :

opération = **ouvrir ()**  
**ouvrir** une fenêtre de texte, **ouvrir** un fichier, **ouvrir** une image etc ...

#### Surcharge et redéfinition avec C#

En informatique ce vocable s'applique aux méthodes selon leur degré d'adaptabilité, nous distinguons alors deux dénominations :

- le polymorphisme statique ou la **surcharge** de méthode
- le polymorphisme dynamique ou la **redéfinition** de méthode ou encore la surcharge héritée.

### 1.1 Surcharge

La surcharge de méthode (*polymorphisme statique de méthode*) est une fonctionnalité classique des langages très évolués et en particulier des langages orientés objet dont C# fait partie; elle consiste dans le fait qu'une classe peut disposer de **plusieurs méthodes ayant le même nom**, mais avec des paramètres formels différents ou éventuellement un type de retour différent. On dit alors que ces méthodes n'ont pas la même signature

On rappelle que la **signature** d'une méthode est formée par l'**en-tête** de la méthode avec ses **paramètres formels** et leur **type**.

Nous avons déjà utilisé cette fonctionnalité précédemment dans le paragraphe sur les constructeurs, où la classe **Un** disposait de quatre constructeurs surchargés (quatre **signatures** différentes du constructeur) :

```
class Un
{
    int a;
    public Un ()
    { a = 100; }

    public Un (int b)
```

```

{ a = b; }

public Un (float b )
{ a = (int)b; }

public Un (int x , float y ) : this(y)
{ a += 100; }
}

```

**Mais cette surcharge est possible aussi pour n'importe quelle méthode de la classe autre que le constructeur.**

Ci-contre deux exemplaires surchargés de la méthode ouvrir dans la classe **PortesEtFenetres** :



Le compilateur n'éprouve aucune difficulté lorsqu'il rencontre un appel à l'une des versions surchargée d'une méthode, il cherche dans la déclaration de toutes les surcharges celle dont la **signature** (la déclaration des paramètres formels) coïncide avec les paramètres effectifs de l'appel.

#### Remarque :

Le polymorphisme statique (ou **surcharge**) de C# est syntaxiquement semblable à celui de Java.

Programme C# exécutable	Explications
<pre> class Un { public int a;   public Un (int b )   { a = b; }   public void f ( )   { a *=10; }   public void f ( int x )   { a +=10*x; }   public int f ( int x , char y )   { a = x+(int)y;     return a; } }  class AppliSurcharge {   public static void Main(String [ ] arg) {   Un obj = new Un(15);   System.Console.WriteLine("&lt;création&gt; a =" +obj.a);   obj.f( );   System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);   obj.f(2);   System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);   obj.f(50,'a');   System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);   } } </pre>	<p>La méthode <b>f</b> de la classe <b>Un</b> est surchargée trois fois :</p> <pre> public void f ( ) { a *=10; }  public void f ( int x ) { a +=10*x; }  public int f ( int x , char y ) { a = x+(int)y;   return a; } </pre> <p>La méthode <b>f</b> de la classe <b>Un</b> peut donc être appelée par un objet instancié de cette classe sous l'une quelconque des trois formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>obj.f(); pas de paramètre =&gt; choix : <b>void f ()</b></li> <li>obj.f(2); paramètre <b>int</b> =&gt; choix : <b>void f ( int x )</b></li> <li>obj.f(50,'a'); deux paramètres, un int un char =&gt; choix : <b>int f ( int x , char y )</b></li> </ul>

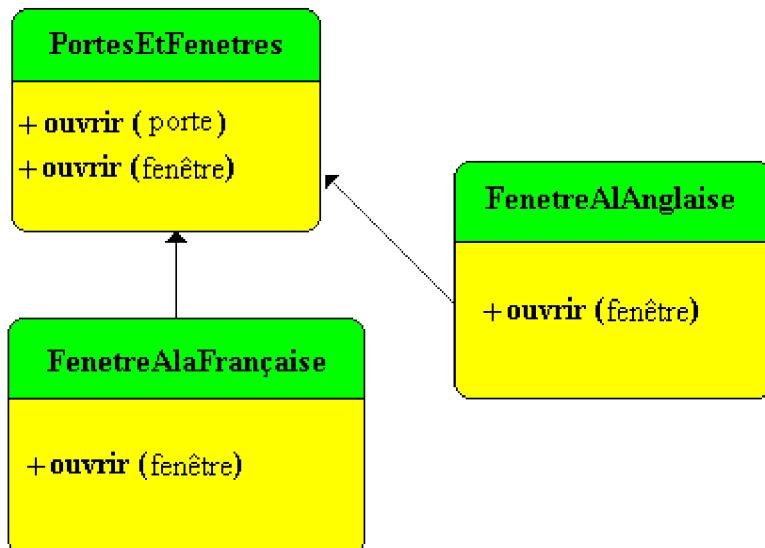
### Comparaison Delphi - C# sur la surcharge :

Delphi	C#
<pre> <b>Un = class</b>   a : integer; <b>public</b>   <b>constructor</b> methode( b : integer );   <b>procedure</b> f;<b>overload</b>;   <b>procedure</b> f(x:integer);<b>overload</b>;   <b>function</b> f(x:integer;y:char):integer;<b>overload</b>; <b>end;</b>  <u>implementation</u>  <b>constructor</b> Un.methode( b : integer ); <b>begin</b>   a:=b <b>end;</b> <b>procedure</b> Un.f; <b>begin</b>   a:=a*10; <b>end;</b> <b>procedure</b> Un.f(x:integer); <b>begin</b>   a:=a+10*x <b>end;</b> <b>function</b> Un.f(x:integer;y:char):integer; <b>begin</b>   a:=x+ord(y);   result:= a <b>end;</b>  <b>procedure</b> Main; <b>var</b> obj:Un; <b>begin</b>   obj:=Un.methode(15);   obj.f;   Memo1.Lines.Add('obj.f='+inttostr(obj.a));   obj.f(2);   Memo1.Lines.Add('obj.f(2)='+inttostr(obj.a));   obj.f(50,'a');   Memo1.Lines.Add('obj.f(50,"a")='+inttostr(obj.a)); <b>end;</b> </pre>	<pre> class Un {   public int a;   public Un (int b )   { a = b;   }    public void f ()   { a *=10;   }    public void f ( int x )   { a +=10*x;   }    public int f ( int x, char y )   { a = x+(int)y;     return a;   } }  class AppliSurcharge {   public static void Main(String [ ] arg) {     Un obj = new Un(15);     System.Console.WriteLine("&lt;création&gt; a =" +obj.a);     obj.f();     System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);     obj.f(2);     System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);     obj.f(50,'a');     System.Console.WriteLine("&lt;obj.f()&gt; a =" +obj.a);   } } </pre>

## Redéfinition

La redéfinition de méthode (ou polymorphisme dynamique) est spécifique aux langages orientés objet. Elle est mise en oeuvre lors de l'héritage d'une classe mère vers une classe fille dans le cas d'une méthode ayant la même signature dans les deux classes. Dans ce cas les actions dues à l'appel de la méthode, dépendent du code inhérent à chaque version de la méthode (celle de la classe mère, ou bien celle de la classe fille).

Dans l'exemple ci-dessous, nous supposons que dans la classe **PortesEtFenetres** la méthode ouvrir(fenetre) explique le mode opératoire général d'ouverture d'une fenêtre, il est clair que dans les deux classes descendantes l'on doit "redéfinir" le mode opératoire selon que l'on est en présence d'une fenêtre à la française, ou une fenêtre à l'anglaise :



### *Redéfinition et répartition des méthodes en C#*

La redéfinition de méthode peut être selon les langages :

- **précoce**  
et/ou
- **tardive**

Ces deux actions sont différentes selon que le compilateur du langage met en place la liaison du code de la méthode immédiatement lors de la compilation (**liaison statique** ou **précoce**) ou bien lorsque le code est lié lors de l'exécution (**liaison dynamique** ou **tardive**). Ce phénomène se dénomme la répartition des méthodes.

Le terme de répartition fait référence à la façon dont un programme **détermine où il doit rechercher** une méthode lorsqu'il rencontre un appel à cette méthode.

Le code qui appelle une méthode ressemble à un appel classique de méthode. Mais les classes ont des façons différentes de répartir les méthodes.

Le langage **C#** supporte d'une manière **identique à Delphi**, ces deux modes de liaison du code, la **liaison statique** étant comme en Delphi le mode **par défaut**.

Le développeur Java sera plus décontenancé sur ce sujet, car la liaison statique en Java n'existe que pour les méthodes de classe **static**, de plus **la liaison du code par défaut est dynamique en Java**.

Donc en C# comme en Delphi, des mots clefs comme **virtual** et **override** sont nécessaires pour la redéfinition de méthode, ils sont utilisés strictement de la même manière qu'en Delphi.

## 1.2 Liaison statique et masquage en C#

Toute méthode C# qui n'est précédée d'aucun des deux qualificateurs **virtual** ou **override** est à liaison **statique**.

Le compilateur détermine l'adresse exacte de la méthode et lie la méthode au moment de la compilation.

L'avantage principal des méthodes statiques est que leur répartition est très rapide. Comme le compilateur peut déterminer l'adresse exacte de la méthode, il la lie directement (**les méthodes virtuelles, au contraire, utilisent un moyen indirect pour récupérer l'adresse des méthodes à l'exécution, moyen qui nécessite plus de temps**).

Une méthode statique ne change pas lorsqu'elle est transmise en héritage à une autre classe. Si vous déclarez une classe qui inclut une méthode statique, puis en dérivez une nouvelle classe, la classe dérivée partage exactement la même méthode située à la même adresse. Cela signifie qu'il est **impossible de redéfinir** les méthodes statiques; une méthode statique fait toujours exactement la même chose, quelque soit la classe dans laquelle elle est appelée.

Si vous déclarez dans une classe dérivée une méthode ayant le même nom qu'une méthode statique de la classe ancêtre, la nouvelle méthode **remplace simplement** (on dit aussi **masque**) la méthode héritée dans la classe dérivée.

**Comparaison masquage en Delphi et C# :**

Delphi	C#
<pre>type   ClasseMere = class     x : integer;     procedure f (a:integer);   end;    ClasseFille = class (ClasseMere)     y : integer;     procedure f (a:integer);<i>//masquage</i>   end;  implementation  procedure ClasseMere.f (a:integer); begin... end;  procedure ClasseFille.f (a:integer); begin... end;</pre>	<pre>public class ClasseMere {   int x = 10;    public void f ( int a)   {     x +=a;   } }  public class ClasseFille : ClasseMere {   int y = 20;   public void f ( int a) <i>//masquage</i>   {     x +=a*10+y;   } }</pre>

**Remarque importante :**

L'expérience montre que les étudiants comprennent immédiatement le masquage lorsque le polymorphisme d'objet n'est pas présent. Ci-dessous un exemple de classe UtiliseMereFille qui instancie et utilise dans le même type un objet de classe ClasseMere et un objet de classe ClasseFille :

```

public class ClasseMere
{
    int x = 1;
    public void meth ( int a)
    {
        x += a ;
    }
}
class ClasseFille : ClasseMere
{
    public void meth ( int a) //masquage
    {
        x += a*100 ;
    }
}

public class UtiliseMereFille
{
    public static void Main (string [ ] args)
    {
        ClasseMere M ;
        ClasseFille F ;
        M = new ClasseMere ( ) ;
        F = new ClasseFille ( ) ;
        M.meth (10) ;
        F.meth (10) ;
    }
}

```

- Lors de la compilation de l'instruction **M.meth(10)**, c'est le code de la méthode **meth** de la classe **ClasseMere** qui est lié avec comme paramètre par valeur 10; ce qui donnera la valeur 11 au champ **x** de l'objet **M**.
- Lors de la compilation de l'instruction **F.meth(10)**, c'est le code de la méthode **meth** de la classe **ClasseFille** qui masque celui de la classe parent et qui est donc lié avec comme paramètre par valeur 10; ce qui donnera la valeur 101 au champ **x** de l'objet **F**.

Pour bien comprendre toute la portée du masquage statique et les risques de mauvaises interprétations, il faut étudier le même exemple légèrement modifié en incluant le cas du polymorphisme d'objet, plus précisément le polymorphisme d'objet implicite.

Dans l'exemple précédent nous instancions la variable **ClasseMere M** en un objet de classe **ClasseFille** (*polymorphisme implicite d'objet*) soient les instructions

```

ClasseMere M ;
M = new ClasseFille () ;

```

Une **erreur courante** est de croire que dans ces conditions, dans l'instruction **M.meth(10)** c'est la méthode **meth(int a)** de la classe **ClasseFille** (en particulier si l'on ne connaît que Java qui ne pratique pas le masquage) :

```

public class ClasseMere
{
    int x = 1;
    public void meth ( int a)
    {
        x += a ;
    }
}
class ClasseFille : ClasseMere
{
    public void meth ( int a) //masquage
    {
        x += a*100 ;
    }
}

public class UtiliseMereFille
{
    public static void Main (string [ ] args)
    {
        ClasseMere M ;
        ClasseFille F ;
        M = new ClasseFille( ) ;
        F = new ClasseFille ( ) ;
        M.meth (10) ;
        F.meth (10) ;
    }
}

```

Que fait alors le compilateur C# dans ce cas ? : il réalise une liaison statique :

- Lors de la compilation de l'instruction **M.meth(10)**, c'est le code de la méthode **meth(int a)** de la classe **ClasseMere** qui est lié, car la référence **M** a été déclarée de type **ClasseMere** et peu importe dans quelle classe elle a été instanciée ( avec comme paramètre par valeur 10; ce qui donnera la valeur 11 au champ **x** de l'objet **M**).
- Lors de la compilation de l'instruction **F.meth(10)**, c'est le code de la méthode **meth** de la classe **ClasseFille** comme dans l'exemple précédent (avec comme paramètre par valeur 10; ce qui donnera la valeur 101 au champ **x** de l'objet **F**).

Voici la bonne configuration de liaison effectuée lors de la compilation :

```

public class ClasseMere
{
    int x = 1;
    public void meth ( int a)
    {
        x += a ;
    }
}
class ClasseFille : ClasseMere
{
    public void meth ( int a) //masquage
    {
        x += a*100 ;
    }
}

public class UtiliseMereFille
{
    public static void Main ( string [ ] args)
    {
        ClasseMere M ;
        ClasseFille F ;
        M = new ClasseFille ( ) ;
        F = new ClasseFille ( ) ;
        M.meth ( 10) ;
        F.meth ( 10) ;
    }
}

```

Afin que le programmeur soit bien conscient d'un effet de masquage d'une méthode héritée par une méthode locale, le compilateur C# envoie, comme le compilateur Delphi, un message d'avertissement indiquant une possibilité de **manque de cohérence sémantique** ou un **masquage**.

S'il s'agit d'un masquage voulu, le petit plus apporté par le langage C# est la proposition que vous fait le compilateur de l'utilisation optionnelle du mot clef **new** qualifiant la nouvelle méthode masquant la méthode parent. Cette écriture améliore la lisibilité du programme et permet de se rendre compte que l'on travaille avec une liaison statique. Ci-dessous deux écritures équivalentes du masquage de la méthode meth de la classe ClasseMere :

masquage C#	masquage C# avec <b>new</b>
<pre> public class ClasseMere {     int x = 10;     public void meth ( int a) //liaison statique     { x +=a; } }  public class ClasseFille : ClasseMere {     public void meth ( int a) //masquage     { x +=a*10+y; } } </pre>	<pre> public class ClasseMere {     int x = 10;     public void meth ( int a) //liaison statique     { x +=a; } }  public class ClasseFille : ClasseMere {     public new void meth ( int a) //masquage     { x +=a*10+y; } } </pre>

L'exemple ci-dessous récapitule les notions de masquage et de surcharge en C# :

```

public class ClasseMere {
    int x = 1;
    public void meth1 (int a) { x += a ; }
    public void meth1 (int a, int b) { x += a*b ; }
}

public class ClasseFille : ClasseMere {
    public new void meth1 (int a) { x += a*100 ; }
    public void meth1 (int a, int b, int c) { x += a*b*c ; }
}

public class UtiliseMereFille {
    public static void Main (string [ ] args) {
        ClasseMere M ;
        ClasseFille F ;
        M = new ClasseFille () ;
        F = new ClasseFille () ;
        M.meth1 (10) ; <--- meth1(int a) de ClasseMere
        M.meth1 (10,5) ; <--- meth1(int a, int b) de ClasseMere
        M.meth1 (10,5,2) ; <--- erreur! n'existe pas dans ClasseMere .
        F.meth1 (10) ; <--- meth1(int a) de ClasseFille
        F.meth1 (10,5) ; <--- meth1(int a, int b) de ClasseFille
        F.meth1 (10,5,2) ; <--- meth1(int a, int b, int c) de ClasseFille
    }
}

```

### 1.3 Liaison dynamique (ou redéfinition) en C#

Dans l'exemple ci-dessous la classe ClasseFille qui hérite de la classe ClasseMere, redéfini la méthode **f** de sa classe mère :

*Comparaison redéfinition Delphi et C# :*

Delphi	C#
<pre> <b>type</b> ClasseMere = <b>class</b>     x : integer;     <b>procedure</b> f (a:integer);<b>virtual</b>;<i>//autorisation</i>     <b>procedure</b> g(a,b:integer); <b>end</b>;  ClasseFille = <b>class</b> ( ClasseMere )     y : integer;     <b>procedure</b> f (a:integer);<b>override</b>;<i>//redéfinition</i>     <b>procedure</b> g1(a,b:integer); <b>end</b>;  <b>implementation</b>  <b>procedure</b> ClasseMere.f (a:integer); <b>begin...</b> <b>end</b>; <b>procedure</b> ClasseMere.g(a,b:integer); <b>begin...</b> <b>end</b>; </pre>	<pre> <b>class</b> ClasseMere {     <b>int</b> x = 10;      <b>public virtual void</b> f (<b>int</b> a)     { x +=a; }      <b>void</b> g (<b>int</b> a, <b>int</b> b)     { x +=a*b; } }  <b>class</b> ClasseFille <b>extends</b> ClasseMere {     <b>int</b> y = 20;     <b>public override void</b> f (<b>int</b> a) <i>//redéfinition</i>     { x +=a; }      <b>void</b> g1 (<b>int</b> a, <b>int</b> b) <i>//nouvelle méthode</i>     { ..... } } </pre>

```

procedure ClasseFille.f (a:integer); begin...
end;
procedure ClasseFille.g1(a,b:integer); begin...
end;

```

Comme delphi, C# peut combiner la surcharge et la redéfinition sur une même méthode, c'est pourquoi nous pouvons parler de surcharge héritée :

C#
<pre> class ClasseMere {     public int x = 10;      public <b>virtual</b> void f ( int a)     { x +=a; }     public <b>virtual</b> void g ( int a, int b)     { x +=a*b; }      class ClasseFille : ClasseMere     {         int y = 20;         public <b>override</b> void f ( int a) //redéfinition         { x +=a; }         public <b>virtual</b> void g (char b) //surcharge de g         { x +=b*y; }     } } </pre>

#### 1.4 Comment opère le compilateur C#

C'est le compilateur C# qui fait tout le travail de recherche de la bonne méthode. Prenons un objet obj de classe Classe1, lorsque le compilateur C# trouve une instruction du genre "obj.**method1**(paramètres effectifs);", sa démarche d'analyse est semblable à celle du compilateur Delphi, il cherche dans l'ordre suivant :

- Y-a-t-il dans Classe1, une méthode qui se nomme **method1** ayant une signature identique aux paramètres effectifs ?
- si oui c'est la méthode ayant cette signature qui est appelée,
- si non le compilateur remonte dans la hiérarchie des classes mères de Classe1 en posant la même question récursivement jusqu'à ce qu'il termine sur la classe Object.
- Si aucune méthode ayant cette signature n'est trouvée il signale une erreur.

Soit à partir de l'exemple l'exemple précédent les instructions suivantes :  
ClasseFille obj = **new** ClasseFille( );  
obj.g(-3,8);

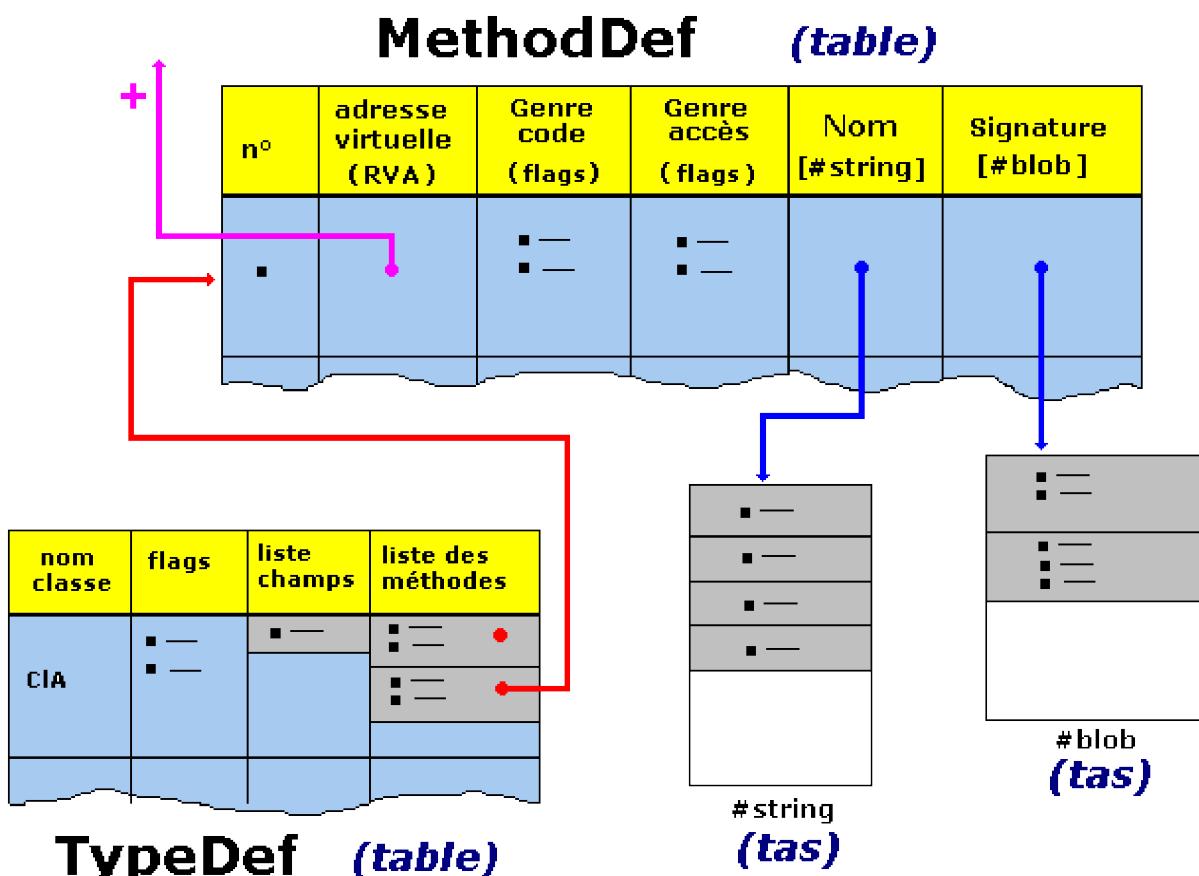
obj.g('h');

Le compilateur C# applique la démarche d'analyse décrite, à l'instruction "obj.g(-3,8);". Ne trouvant pas dans ClasseFille de méthode ayant la bonne signature (signature = deux entiers), le compilateur remonte dans la classe mère ClasseMère et trouve une méthode " void g ( int a, int b ) " de la classe ClasseMère ayant la bonne signature (signature = deux entiers), il procède alors à l'appel de cette méthode sur les paramètres effectifs (-3,8).

Dans le cas de l'instruction obj.g('h'); , le compilateur trouve immédiatement dans ClasseFille la méthode " void g (char b) " ayant la bonne signature, c'est donc elle qui est appelée sur le paramètre effectif 'h'.

Le compilateur consulte les méta-données (informations de description) de l'assemblage en cours ( applicationXXX.exe ), plus particulièrement les métadonnées de type qui sont stockées au fur et à mesure dans de nombreuses tables.

Nous figurons ci-dessous deux tables de définition importantes relativement au polymorphisme de méthode **MethodDef** et **TypeDef** utilisées par le compilateur.



## Résumé pratique sur le polymorphisme en C#

La **surcharge** (polymorphisme statique) consiste à proposer différentes signatures de la même méthode.

La **redéfinition** (polymorphisme dynamique) ne se produit que dans l'héritage d'une classe, par redéfinition ([liaison dynamique](#)) de la méthode mère avec une méthode fille (ayant ou n'ayant pas la même signature).

Le **masquage** ne se produit que dans l'héritage d'une classe, par redéfinition ([liaison statique](#)) de la méthode mère par une méthode fille (ayant la même signature).

Toute méthode est considérée à [liaison statique](#) sauf si vous la déclarez autrement.

## 2. Accès à la super classe en C#

### 2.1 Le mot clef ' base '

Nous venons de voir que le compilateur s'arrête dès qu'il trouve une méthode ayant la bonne signature dans la hiérarchie des classes, il est des cas où nous voudrions accéder à une méthode de la classe mère alors que celle-ci est redéfinie dans la classe fille. C'est un problème analogue à l'utilisation du **this** lors du masquage d'un attribut.

classe mère	classe fille
<pre>class ClasseA {     public int attrA ;     private int attrXA ;      public void meth01 () {         attrA = 57 ;     } }</pre>	<pre>class ClasseB : ClasseA {     public new void meth01 () {         attrA = 1000 ;     }     public void meth02 () {         meth01 ();     } }</pre>

La méthode **meth02 ()** invoque la méthode **meth01 ()** de la classe **ClasseB**. Il est impossible de faire directement appel à la méthode **meth01 ()** de la classe mère **ClasseA** car celle-ci est masquée dans la classe fille.

```

class ClasseB : ClasseA
{
    public new void meth01 () {
        attrA = 1000 ;
    }
    public void meth02 () {
        meth01 ();
    }
}

```

Il existe en C# un mécanisme déclenché par un mot clef qui permet d'accéder à la classe mère (classe immédiatement au dessus): ce mot est **base**.

Le mot clef **base** est utilisé pour accéder à **tous les membres visibles de la classe mère** à partir d'une classe fille dérivée directement de cette classe mère ( la super-classe en Java).

Ce mot clef **base** est très semblable au mot clef **inherited** de Delphi qui joue le même rôle sur les méthodes et les propriétés (il est en fait plus proche du mot clef **super** de Java car il ne remonte qu'à la classe mère), il permet l'appel d'une méthode de la classe de base qui a été substituée (masquée ou redéfinie) par une autre méthode dans la classe fille.

*Exemple :*

<pre> class ClasseA {     public int attrA ;     private int attrXA ;      public void meth01 () {         attrA = 57 ;     } } </pre>	<pre> class ClasseB : ClasseA {     public new void meth01 () {         attrA = 1000 ;     }     public void meth02 () {         base.meth01 ();         meth01 ();     } } </pre>
--	--

**Remarques :**

- Le fait d'utiliser le mot clef **base** à partir d'une méthode statique constitue une erreur.
- **base** est utile pour spécifier un constructeur de classe mère lors de la création d'instances de la classe fille.

Nous développons ci-dessous l'utilisation du mot clef **base** afin d'initialiser un constructeur.

## 2.2 Initialiseur de constructeur *this* et *base*

Semblablement à Delphi et à Java, tous les constructeurs d'instance C# autorisent l'appel d'un autre constructeur d'instance immédiatement avant le corps du constructeur, cet appel est dénommé l'initialiseur du constructeur, en Delphi cet appel doit être explicite, en C# et en Java cet appel peut être implicite.

Rappelons que comme en Java où dans toute classe ne contenant aucun constructeur, en C# **un constructeur sans paramètres par défaut** est implicitement défini :

vous écrivez votre code comme ceci :	il est complété implicitement ainsi :
<pre>class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ; }</pre>	<pre>class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ;     public ClasseA () {     } }</pre>

### Remarque :

Lors de l'héritage d'une classe fille, différemment à Delphi et à Java, si un constructeur d'instance C# de la classe fille **ne fait pas figurer explicitement** d'initialiseur de constructeur, c'est qu'en fait un initialiseur de constructeur ayant la forme **base()** lui a été fourni **implicitement**.

Soit par exemple une classe ClasseA possédant 2 constructeurs :

```
class ClasseA {
    public int attrA ;
    public string attrStrA ;

    public ClasseA () { /* premier constructeur */
        attrA = 57 ;
    }
    public ClasseA ( string s ) { /* second constructeur */
        attrStrA = s +"...1..." ;
    }
}
```

Soit par suite une classe fille ClasseB dérivant de ClasseA possédant elle aussi 2 constructeurs, les deux déclarations ci-dessous sont équivalentes :

Initialiseur implicite	Initialiseur explicite équivalent
<pre>class ClasseB : ClasseA {      /* premier constructeur */     public ClasseB () {         attrStrA = "..." ;</pre>	<pre>class ClasseB : ClasseA {      /* premier constructeur */     public ClasseB () : base() {         attrStrA = "..." ;</pre>

<pre>         }         /* second constructeur */         public ClasseB ( string s ) {             attrStrA = s ;         }     } </pre>	<pre>         }         /* second constructeur */         public ClasseB ( string s ) : base( ) {             attrStrA = s ;         }     } </pre>
---	---

Dans les deux cas le corps du constructeur de la classe fille est initialisé par un premier appel au constructeur de la classe mère ( ), en l'occurrence <<public ClasseA () ... /\* premier constructeur \*/>>

#### Remarque :

De même pour une classe fille, C# comme Java, **tout constructeur de la classe fille appelle implicitement** et automatiquement le constructeur par défaut (celui sans paramètres) de la classe mère.

#### Exemple :

vous écrivez votre code comme ceci :	il est complété implicitement ainsi :
<pre> class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ; }  class ClasseB : ClasseA { } </pre> <p>Le constructeur de ClasseA sans paramètres est implicitement déclaré par le compilateur.</p>	<pre> class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ;      public ClasseA () {     } }  class ClasseB : ClasseA {     public ClasseB (): base() {     } } </pre>

Si la **classe mère ne possède pas de constructeur par défaut**, le compilateur engendre un message d'erreur :

vous écrivez votre code comme ceci :	il est complété implicitement ainsi :
<pre> class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ;     public ClasseA ( int a ) {     } }  class ClasseB : ClasseA {     public ClasseB () {         //....     } } </pre>	<pre> class ClasseA {     public int attrA ;     public string attrStrA ;     public ClasseA ( int a ) {     } }  class ClasseB : ClasseA {     public ClasseB (): base() {         // ...     } } </pre>

<p>}</p> <p>La classe de base ClasseA ne comporte qu'un seul constructeur explicite à un paramètre. Le constructeur sans paramètres n'existe que si vous le déclarez explicitement, ou bien si la classe ne possède pas de constructeur explicitement déclaré.</p>	<p>}</p> <p>L'initialiseur implicite <b>base()</b> renvoie le compilateur chercher dans la classe de base un constructeur sans paramètres.</p> <p>Or il n'existe pas dans la classe de base (ClasseA) de constructeur par défaut sans paramètres. Donc la tentative échoue !</p>
--	--

Le message d'erreur sur la ligne "**public ClasseB () { }**", est le suivant :

[C# Erreur] Class.cs(54): Aucune surcharge pour la méthode 'ClasseA' ne prend d'arguments '0'

### Remarques :

Donc sans initialiseur explicite, **tout objet de classe fille** ClasseB est à minima et **par défaut, instancié** comme un **objet de classe de base** ClasseA.

Lorsque l'on veut **invoquer dans un constructeur** d'une classe donnée **un autre constructeur de cette même classe** étant donné que tous les constructeurs ont le même nom, il faut utiliser le mot clef **this** comme nom d'appel.

### Exemple :

Reprendons la même classe ClasseA possédant 2 constructeurs et la classe ClasseB dérivant de ClasseA, nous marquons les actions des constructeurs par une chaîne indiquant le numéro du constructeur invoqué ainsi que sa classe :

```
class ClasseA {
    public int attrA ;
    public string attrStrA ;

    public ClasseA () { /*premier constructeur*/
        attrA = 57 ;
    }
    public ClasseA ( string s ) { /*second constructeur*/
        attrStrA = s +"...classeA1..." ;
    }
}
```

Ci-dessous la ClasseB écrite de deux façons équivalentes :

avec initialiseurs implicites-explicites	avec initialiseurs explicites équivalents
<pre>class ClasseB : ClasseA {      /*premier constructeur*/     public ClasseB () {</pre>	<pre>class ClasseB : ClasseA {      /*premier constructeur*/     public ClasseB () : base() {</pre>

<pre> attrA = 100+attrA ; }  <i>/* second constructeur */</i> public ClasseB ( string s ) {     attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ; }  <i>/* troisième constructeur */</i> public ClasseB ( int x , string ch ) : this( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ; }  <i>/* quatrième constructeur */</i> public ClasseB ( char x , string ch ) : base( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; } </pre>	<pre> attrA = 100+attrA ; }  <i>/* second constructeur */</i> public ClasseB ( string s ): base() {     attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ; }  <i>/* troisième constructeur */</i> public ClasseA ( int x , string ch ): this( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ; }  <i>/* quatrième constructeur */</i> public ClasseB ( char x , string ch ): base( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; } </pre>
---	---

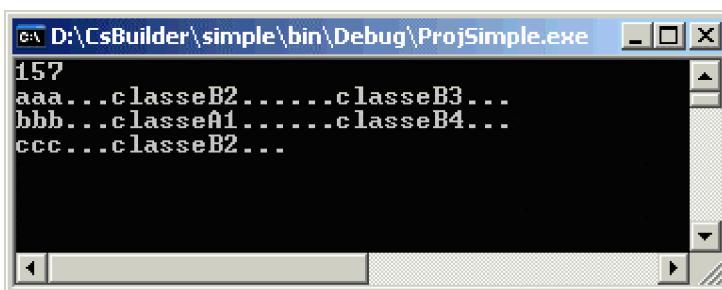
Créons quatre objets de ClasseB, chacun avec l'un des 4 constructeurs de la ClasseB :

```

class MaClass {
    static void Main(string[] args) {
        int x=68;
        ClasseB ObjetB= new ClasseB();
        System.Console.WriteLine(ObjetB.attrA);
        ObjetB= new ClasseB(x,"aaa");
        System.Console.WriteLine(ObjetB.attrStrA);
        ObjetB= new ClasseB((char)x,"bbb");
        System.Console.WriteLine(ObjetB.attrStrA);
        ObjetB= new ClasseB("ccc");
        System.Console.WriteLine(ObjetB.attrStrA);
        System.Console.ReadLine();
    }
}

```

Voici le résultat console de l'exécution de ce programme :



Explications :

<pre> public ClasseB () {     attrA = 100+attrA ; } </pre>	<p>C# sélectionne la signature du premier constructeur de la ClasseB (le constructeur sans paramètres).</p>
<pre> ClasseB ObjetB= new ClasseB(); System.Console.WriteLine(ObjetB.attrA); </pre>	<p>C# appelle d'abord implicitement le constructeur sans paramètre de la classe mère ( : base() )</p>

	<pre><b>public</b> ClasseA () {     attrA = 57 ; } Le champ attrA vaut 57,</pre> <p>puis C# exécute le corps du constructeur :</p> <pre>attrA = 100+attrA ;</pre> <p>attrA vaut <math>100+57 = 157</math></p>
<pre><b>public</b> ClasseB ( <b>string</b> s ) {     attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ; }  <b>public</b> ClasseB ( <b>int</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>this</b>( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ; }  ObjetB= <b>new</b> ClasseB(x,"aaa"); System.Console.WriteLine(ObjetB.attrStrA);</pre>	<p>C# sélectionne la signature du troisième constructeur de la ClasseB (le constructeur avec paramètres : <b>int</b> x , <b>string</b> ch).</p> <p>C# appelle d'abord explicitement le constructeur local de la classeB avec un paramètre de type string ( le second constructeur de la ClasseB )</p> <pre>s = "aaa" ; <b>public</b> ClasseB ( <b>string</b> s ) {     attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ; }</pre> <p>Le champ attrStrA vaut "<b>aaa...classeB2...</b>",</p> <p>puis C# exécute le corps du constructeur :</p> <pre>attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ;</pre> <p>attrStrA vaut "<b>aaa...classeB2.....classeB3...</b>"</p>
<pre><b>public</b> ClasseB ( <b>char</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>base</b>( ch ) {     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; }  ObjetB= <b>new</b> ClasseB((<b>char</b>)x,"bbb"); System.Console.WriteLine(ObjetB.attrStrA);</pre>	<p>C# sélectionne la signature du quatrième constructeur de la ClasseB (le constructeur avec paramètres : <b>char</b> x , <b>string</b> ch).</p> <p>C# appelle d'abord explicitement le constructeur de la classe mère (de base) classeA avec un paramètre de type string ( ici le second constructeur de la ClasseA )</p> <pre>s = "bbb" ; <b>public</b> ClasseA ( <b>string</b> s ) {     attrStrA = s +"...classeA1..." ; }</pre> <p>Le champ attrStrA vaut "<b>bbb...classeA1...</b>"</p> <p>puis C# exécute le corps du constructeur :</p> <pre>attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ;</pre> <p>attrStrA vaut "<b>bbb...classeA1.....classeB4...</b>"</p>

La dernière instantiation : ObjetB= **new** ClasseB("ccc"); est strictement identique à la première mais avec appel au second constructeur.

### 2.3 Comparaison de construction C#, Delphi et Java

*Exemple classe mère :*

C#	Java
----	------

<pre> <b>class</b> ClasseA {     <b>public</b> <b>int</b> attrA ;     <b>public</b> <b>string</b> attrStrA ;      <b>public</b> ClasseA () {         attrA = 57 ;     }     <b>public</b> ClasseA (<b>string</b> s) {         attrStrA = s + "...classeA1..." ;     } } </pre>	<pre> <b>class</b> ClasseA {     <b>public</b> <b>int</b> attrA ;     <b>public</b> <b>String</b> attrStrA = "" ;      <b>public</b> ClasseA () {         attrA = 57 ;     }     <b>public</b> ClasseA (<b>String</b> s) {         attrStrA = s + "...classeA1..." ;     } } </pre>
--	---

C#	Delphi
<pre> <b>class</b> ClasseA {     <b>public</b> <b>int</b> attrA ;     <b>public</b> <b>string</b> attrStrA ;      <b>public</b> ClasseA () {         attrA = 57 ;     }     <b>public</b> ClasseA (<b>string</b> s) {         attrStrA = s + "...classeA1..." ;     } } </pre>	<pre> ClasseA = <b>class</b> <b>public</b>     attrA : <b>integer</b> ;     attrStrA: <b>string</b> ;     <b>constructor</b> Creer; <b>overload</b>;     <b>constructor</b> Creer(<b>s:string</b>); <b>overload</b>; <b>end</b>;  <b>constructor</b> ClasseA.Creer <b>begin</b>     attrA := 57 ; <b>end</b>; <b>constructor</b> ClasseA.Creer(<b>s:string</b>); <b>begin</b>     attrStrA := s + "...classeA1..." ; <b>end</b>; </pre>

*Exemple classe fille :*

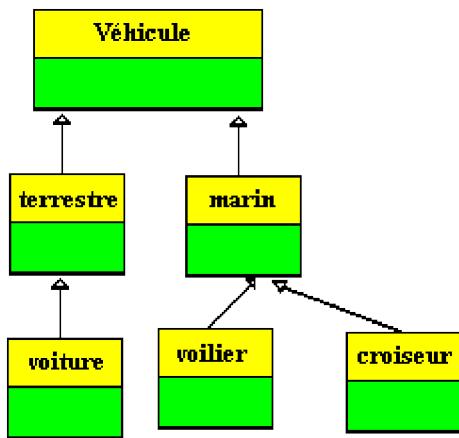
C#	Java
<pre> <b>class</b> ClasseB : ClasseA {      /* premier constructeur */     <b>public</b> ClasseB () {         attrA = 100+attrA ;     }      /* second constructeur */     <b>public</b> ClasseB (<b>string</b> s) {         attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ;     }      /* troisième constructeur */     <b>public</b> ClasseB (<b>int</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>this</b>(ch) {         attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ;     } } </pre>	<pre> <b>class</b> ClasseB <b>extends</b> ClasseA {      /* premier constructeur */     <b>public</b> ClasseB () {         <b>super</b>() ;         attrA = 100+attrA ;     }      /* second constructeur */     <b>public</b> ClasseB (<b>String</b> s) {         <b>super</b>() ;         attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ;     }      /* troisième constructeur */     <b>public</b> ClasseB (<b>int</b> x , <b>String</b> ch ) {         <b>this</b>(ch) ;         attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ;     } } </pre>

<pre> <i>/* quatrième constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB ( <b>char</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>base( ch )</b> {     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; } </pre>	<pre> <i>/* quatrième constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB ( <b>char</b> x , <b>String</b> ch ) {     <b>super( ch )</b> ;     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; } </pre>
--	---

<b>C#</b>	<b>Delphi</b>
<pre> <b>class</b> ClasseB : ClasseA { }  <i>/* premier constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB () {     attrA := 100+attrA ; }  <i>/* second constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB ( <b>string</b> s ) {     attrStrA = attrStrA +s+"...classeB2..." ; }  <i>/* troisième constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB ( <b>int</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>this( ch )</b> {     attrStrA = attrStrA+"...classeB3..." ; }  <i>/* quatrième constructeur */</i> <b>public</b> ClasseB ( <b>char</b> x , <b>string</b> ch ) : <b>base( ch )</b> {     attrStrA = attrStrA+"...classeB4..." ; } </pre>	<pre> ClasseB = <b>class( ClasseA )</b> <b>public</b> <b>constructor</b> Creer;<b>overload</b>; <b>constructor</b> Creer(<b>s:string</b>); <b>overload</b>; <b>constructor</b> Creer(<b>x:integer</b>;<b>ch:string</b>); <b>overload</b>; <b>constructor</b> Creer(<b>x:char</b>;<b>ch:string</b>); <b>overload</b>; <b>end</b>;  <i>/* premier constructeur */</i> <b>constructor</b> ClasseB.Creer; <b>begin</b>     <b>inherited</b> ;     attrA := 100+attrA ; <b>end</b>;  <i>/* second constructeur */</i> <b>constructor</b> ClasseB.Creer(<b>s:string</b>); <b>begin</b>     <b>inherited</b> Creer ;     attrStrA := attrStrA +s+"...classeB2..." ; <b>end</b>;  <i>/* troisième constructeur */</i> <b>constructor</b> ClasseB.Creer(<b>x:integer</b>;<b>ch:string</b>); <b>begin</b>     Creer( <b>ch</b> );     attrStrA := attrStrA+'...classeB3...' ; <b>end</b>;  <i>/* quatrième constructeur */</i> <b>constructor</b> ClasseB.Creer(<b>x:integer</b>;<b>ch:string</b>); <b>begin</b>     <b>inherited</b> Creer( <b>ch</b> );     attrStrA := attrStrA+'...classeB4...' ; <b>end</b>; </pre>

## 2.4 Traitement d'un exercice complet

soit une hiérarchie de classe de véhicules :



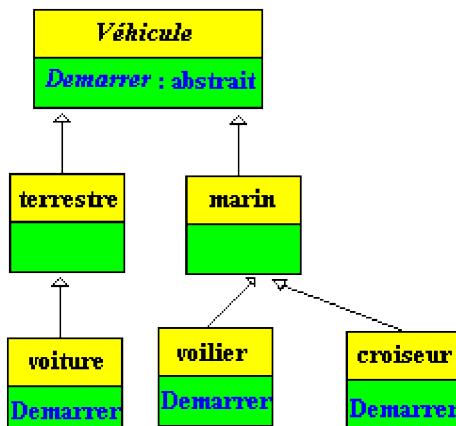
yntaxe de base :

<pre> <b>class</b> Véhicule { } <b>class</b> Terrestre :Véhicule { } <b>class</b> Marin :Véhicule { } </pre>	<pre> <b>class</b> Voiture : Terrestre { } <b>class</b> Voilier : Marin { } <b>class</b> Croiseur : Marin { } </pre>
--	--

Supposons que la classe Véhicule contienne 3 méthodes, qu'elle n'implémente pas la méthode **Demarrer** qui est alors **abstraite**, qu'elle fournit et implante à vide la méthode "**RépartirPassagers**" de répartition des passagers à bord du véhicule, qu'elle fournit aussi et implante à vide une méthode "**PériodicitéMaintenance**" renvoyant la périodicité de la maintenance obligatoire du véhicule.



La classe Véhicule est abstraite : car la méthode **Demarrer** est abstraite et sert de "modèle" aux futures classes dérivant de Véhicule. Supposons que l'on implémente le comportement précis du genre de démarrage dans les classes **Voiture** , **Voilier** et **Croiseur** .



Dans cette hiérarchie, les classes **Terrestre** et **Marin** héritent de la classe **Véhicule**, mais

n'implémentent pas la méthode abstraite **Démarrer**, ce sont donc par construction des classes abstraites elles aussi. Elles implantent chacune la méthode "**RépartirPassagers**" (fonction de la forme, du nombre de places, du personnel chargé de s'occuper de faire fonctionner le véhicule...) et la méthode "**PériodicitéMaintenance**" (fonction du nombre de km ou miles parcourus, du nombre d'heures d'activités,...)

Les classes **Voiture** , **Voilier** et **Croiseur** savent par héritage direct comment répartir leur éventuels passagers et quand effectuer une maintenance, chacune d'elle implémente son propre comportement de démarrage.

## Quelques implantations en C#

Une implémentation de la classe Voiture avec des méthodes non virtuelles (*Version-1*) :

<pre><b>abstract class Vehicule {</b>     <b>public abstract void</b> Demarrer();     <b>public void</b> RépartirPassagers(){}      <b>public void</b> PériodicitéMaintenance(){}  }</pre>	<p>La méthode <b>Démarrer</b> de la classe <b>Vehicule</b> est abstraite et donc automatiquement virtuelle (à liaison dynamique).</p> <p>Les méthodes <b>RépartirPassagers</b> et <b>PériodicitéMaintenance</b> sont concrètes mais avec un corps vide.</p> <p>Ces deux méthodes sont non virtuelles (à liaison statique)</p>
<pre><b>abstract class Terrestre : Vehicule {</b>     <b>public new void</b> RépartirPassagers(){}      //...     <b>public new void</b> PériodicitéMaintenance(){}      //... }</pre>	<p>La classe <b>Terrestre</b> est abstraite car elle n'implémente pas la méthode abstraite <b>Démarrer</b>.</p> <p>Les deux méthodes déclarées dans la classe <b>Terrestre</b> masquent chacune la méthode du même nom de la classe <b>Vehicule</b> (d'où l'utilisation du mot clef <b>new</b>)</p>
<pre><b>class Voiture : Terrestre {</b>     <b>public override void</b> Demarrer(){}      //... }</pre>	<p>La classe <b>Voiture</b> est la seule à être instanciable car toutes ses méthodes sont concrètes :</p> <p>Elle hérite des 2 méthodes implémentées de la classe <b>Terrestre</b> et elle implante (redéfinition avec <b>override</b>) la méthode abstraite de l'ancêtre.</p>

La même implémentation de la classe Voiture avec des méthodes virtuelles (*Version-2*):

<pre><b>abstract class Vehicule {</b>     <b>public abstract void</b> Demarrer();     <b>public virtual void</b> RépartirPassagers(){}      <b>public virtual void</b> PériodicitéMaintenance(){}  }</pre>	<p>La méthode <b>Démarrer</b> de la classe <b>Vehicule</b> est abstraite et donc automatiquement virtuelle (à liaison dynamique).</p> <p>Les méthodes <b>RépartirPassagers</b> et <b>PériodicitéMaintenance</b> sont concrètes mais avec un corps vide.</p> <p>Ces deux méthodes sont maintenant virtuelles (à liaison dynamique)</p>
<pre><b>abstract class Terrestre : Vehicule {</b>     <b>public override void</b> RépartirPassagers(){}      //...     <b>public override void</b> PériodicitéMaintenance(){}      //... }</pre>	<p>La classe <b>Terrestre</b> est abstraite car elle n'implémente pas la méthode abstraite <b>Démarrer</b>.</p> <p>Les deux méthodes déclarées dans la classe <b>Terrestre</b> redéfinissent chacune la méthode du même nom de la</p>

}	classe Véhicule (d'où l'utilisation du mot clef <b>override</b> )
<b>class Voiture : Terrestre {</b> <b>public override void</b> Demarrer( ){ //...} <b>}</b>	La classe Voiture est la seule à être instanciable car toutes ses méthodes sont concrètes :  Elle hérite des 2 méthodes implémentées de la classe Terrestre et elle implante (redéfinition avec <b>override</b> ) la méthode abstraite de l'ancêtre.

Supposons que les méthodes non virtuelles RépartirPassagers et PériodicitéMaintenance sont implantées complètement dans la classe Véhicule, puis reprenons la classe Terrestre en masquant ces deux méthodes :

```
abstract class Véhicule {  
    public abstract void Demarrer( );  
    public void RépartirPassagers( ){  
        //....}  
    public void PériodicitéMaintenance( ){  
        //....}  
}
```

```
abstract class Terrestre : Véhicule {  
    public new void RépartirPassagers( ){  
        //...}  
    public new void PériodicitéMaintenance( ){  
        //....}  
}
```

### Question

Nous voulons qu'un véhicule Terrestre répartisse ses passagers ainsi :  
1°) d'abord comme tous les objets de classe Véhicule,  
2°) ensuite qu'il rajoute un comportement qui lui est propre

### Réponse

La méthode RépartirPassagers est non virtuelle, elle masque la méthode mère du même nom, si nous voulons accéder au comportement de base d'un véhicule, il nous faut utiliser le mot clef **base** permettant d'accéder aux membres de la classe mère :

```
abstract class Terrestre : Véhicule {  
    public new void RépartirPassagers( ){  
        base.RépartirPassagers( ); //... 1°; comportement du parent  
        //... 2° comportement propre  
    }  
    public new void PériodicitéMaintenance( ){  
        //...}  
}
```

Il est conseillé au lecteur de reprendre le même schéma et d'implanter à l'identique les autres classes de la hiérarchie pour la branche des véhicules **Marin**.

# Polymorphisme et interfaces en



## Plan général:

Rappels sur la notion d'interface

### 1. Concepts et vocabulaire d'interface en C#

- les interfaces peuvent constituer des hiérarchies et hériter entre elles
- la construction d'un objet nécessite une classe implémentant l'interface
- les implementations d'un membre d'interface sont en général public
- les implementations explicites d'un membre d'interface sont spéciales

#### 1.1 Spécification d'un exemple complet

##### 1.1.A Une classe abstraite

##### 1.1.B Une interface

##### 1.1.C Une simulation d'héritage multiple

##### 1.1.D Encore une classe abstraite, mais plus concrète

##### 1.1.E Une classe concrète

#### 1.2 Implantation en C# de l'exemple

##### 1.2.A La classe abstraite

##### 1.2.B L'interface

##### 1.2.C La simulation d'héritage multiple

##### 1.2.D La nouvelle classe abstraite

##### 1.2.E La classe concrète

### 2. Analyse du code de liaison de la solution précédente

#### 2.1 Le code de la classe Vehicule

#### 2.2 Le code de l'interface IVehicule

#### 2.3 Le code de la classe UnVehicule

#### 2.4 Le code de la classe Terrestre

#### 2.5 Le code de la classe Voiture

### 3. Cohérence de C# entre les notions de classe et d'interface

- une classe peut implémenter plusieurs interfaces
- les interfaces et les classes respectent les mêmes règles de polymorphisme
- les conflits de noms dans les interfaces

## Rappels essentiels sur la notion d'interface

- Les interfaces ressemblent aux classes abstraites : elles contiennent des membres **spécifiant certains comportements sans les implémenter.**
- Les classes abstraites et les interfaces se différencient principalement par le fait qu'**une classe peut implémenter un nombre quelconque d'interfaces**, alors qu'une classe abstraite ne peut hériter que d'**une seule classe** abstraite ou non.
- Une **interface** peut servir à représenter des comportements d'héritage multiple.

Quelques conseils généraux prodigués par des développeurs professionnels (microsoft, Borland, Sun) :

- *Les interfaces bien conçues sont plutôt petites et indépendantes les unes des autres.*
- *Un trop grand nombre de fonctions rend l'interface peu maniable.*
- *Si une modification s'avère nécessaire, une nouvelle interface doit être créée.*
- *Si la fonctionnalité que vous créez peut être utile à de nombreux objets différents, faites appel à une interface.*
- *Si vous créez des fonctionnalités sous la forme de petits morceaux concis, faites appel aux interfaces.*
- *L'utilisation d'interfaces permet d'envisager une conception qui sépare la manière d'utiliser une classe de la manière dont elle est implémentée.*
- *Deux classes peuvent partager la même interface sans descendre nécessairement de la même classe de base.*

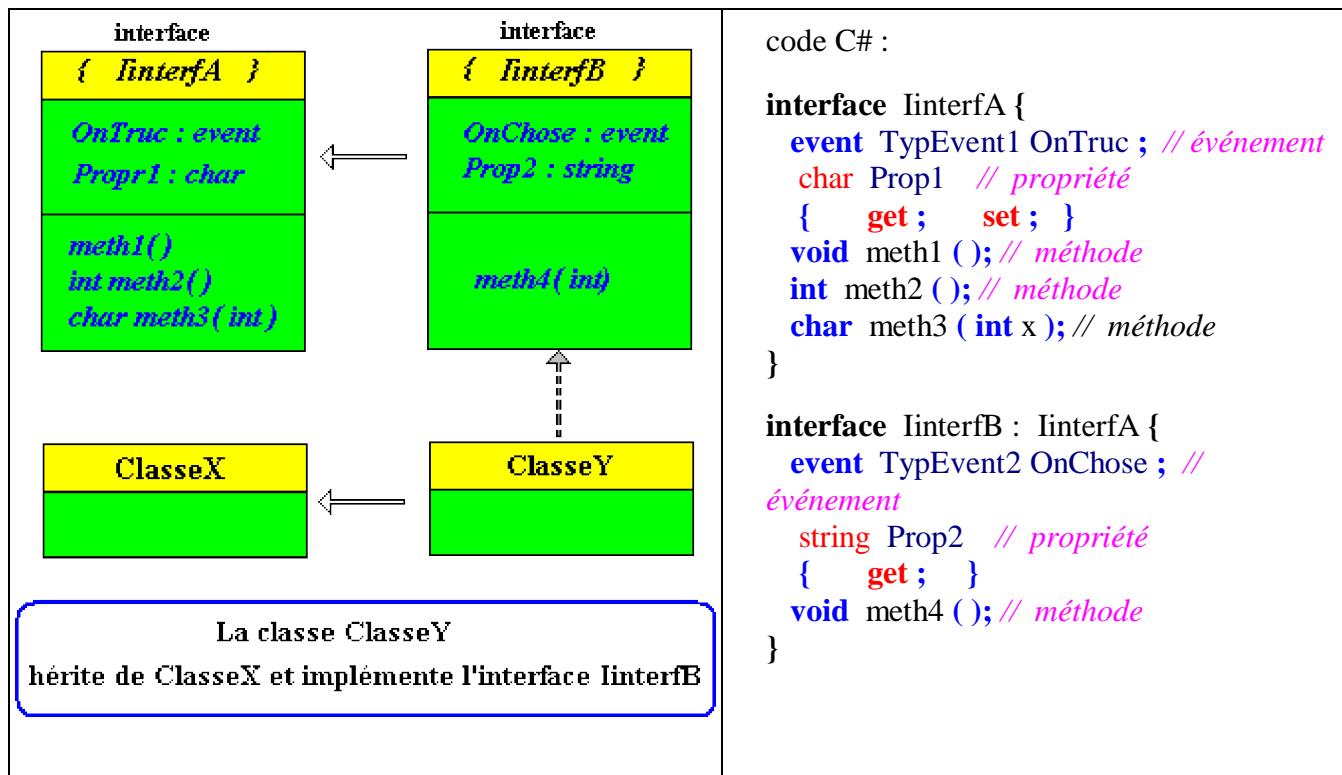
## 1. Vocabulaire et concepts en C#

- Une **interface** C# est un contrat, elle peut contenir des **propriétés**, des **méthodes** , des **événements** ou des **indexeurs**, mais **ne** doit contenir **aucun champ** ou **attribut**.
- Une **interface** **ne** peut **pas** contenir des méthodes déjà implémentées.
- Une **interface** ne contient que des signatures (**propriétés**, **méthodes** ).
- **Tous les membres** d'une interface sont automatiquement **public**.
- Une **interface** est héritable.
- On peut construire une hiérarchie d'**interfaces**.
- Pour pouvoir construire un objet à partir d'une **interface**, il faut définir une classe non abstraite implémentant **tous** les membres de l'**interface**.

## Les interfaces peuvent constituer des hiérarchies et hériter entre elles

soient l'interface **IInterfA** et l'interface **IInterfB** héritant de **IInterfA** . On pourra employer aussi le vocable d'étendre au sens où l'interface dérivée **IInterfB** "étend" le contrat (augmente le nombre de membres contractuels) de l'interface **IInterfA** .

Dans tous les cas il faut une classe pour implémenter ces contrats :



### La construction d'un objet nécessite une classe implémentant l'interface

La classe ClasseY doit implémenter tous les 8 membres provenant de l'héritage des interfaces : les 2 événements **OnTruc** et **Onchose**, les 2 propriétés **Prop1** et **Prop2**, et enfin les 4 méthodes **meth1**, ... , **meth4**. La classe ClasseY est une classe concrète (instanciable), un objet de cette classe possède en particulier tous les membres de l'interface IinterfB (et donc IinterfA car IinterfB hérite de IinterfA)

```

class ClasseY : ClasseX, IinterfB {
    // ... implémente tous les membres de InterfB
}
// construction et utilisation d'un objet :
ClasseY Obj = new ClasseY();
Obj.Prop1 = 'a'; // propriété héritée de InterfA
string s = Obj.prop2; // propriété héritée de InterfB
Obj.meth1(); // méthode héritée de InterfA
etc ...

```

Si, ClasseY n'implémente par exemple que 7 membres sur les 8 alors C# considère que c'est une classe abstraite et vous devez la déclarer abstract :

```

abstract class ClasseY : ClasseX, IinterfB {
    // ...n'implémente que certains membres de InterfB
}
class ClasseZ : ClasseY {
    // ... implémente le reste des membres de InterfB
}
// ... construction d'un objet :
ClasseZ Obj = new ClasseZ();

```

```

Obj.Prop1 = 'a' ; // propriété héritée de InterfA
string s = Obj.prop2 ; // propriété héritée de InterfB
Obj.meth1( ) ; // méthode héritée de InterfA
etc ...

```

## Les implémentations des membres d'une interface sont en général public

Par défaut sans déclaration explicite, les membres (indexeurs, propriétés, événements, méthodes) d'une interface ne nécessitent pas de qualificateurs de visibilité car ils sont automatiquement déclarés par C# comme étant de visibilité public, contrairement à une classe ou par défaut les membres sont du niveau assembly.

Ce qui signifie que toute classe qui implémente un membre de l'interface doit obligatoirement le qualifier de **public** sous peine d'avoir un message d'erreur du compilateur, dans cette éventualité le membre devient un membre d'instance. Comme la signature de la méthode n'est qu'un contrat, le mode de liaison du membre n'est pas fixé; la classe qui implémente le membre peut alors choisir de l'implémenter soit **en liaison statique**, soit **en liaison dynamique**.

Soient une interface IinterfA et une classe ClasseX héritant directement de la classe Object et implémentant cette interface, ci-dessous les deux seules implementations possibles d'une méthode avec un rappel sur les redéfinitions possibles dans des classes descendantes :

```

interface IinterfA {
    void meth1( ); // méthode de l'interface
}

```

Implémentation en liaison précoce	Implémentation en liaison tardive
<b>meth1 devient une méthode d'instance</b>	
<pre> class ClasseX : IinterfA {     public void meth1( ){ ... } } </pre>	<pre> class ClasseX : IinterfA {     public virtual void meth1( ){ ... } } </pre>
Redéfinitions possibles	Redéfinitions possibles
<pre> class ClasseY : ClasseX {     public new void meth1( ){ ... }     masque statiquement celle de ClasseX }  class ClasseZ : ClasseX {     public new virtual void meth1( ){ ... }     masque dynamiquement celle de ClasseX } </pre>	<pre> class ClasseY : ClasseX {     public new void meth1( ){ ... }     masque statiquement celle de ClasseX }  class ClasseZ : ClasseX {     public new virtual void meth1( ){ ... }     masque dynamiquement celle de ClasseX }  class ClasseT : ClasseX {     public override void meth1( ){ ... }     redéfinit dynamiquement celle de ClasseX } </pre>

## Les implémentations explicites des membres d'une interface sont spéciales

Une classe qui implémente une interface peut aussi implémenter de façon **explicite** un membre de cette interface. Lorsqu'un membre est implémenté de façon explicite (le nom du membre

est préfixé par le nom de l'interface : **InterfaceXxx.NomDuMembre** ), il n'est pas accessible via une référence de classe, il est alors **invisible** à tout objet instancié à partir de la classe où il est défini. Un membre implémenté de façon explicite n'est donc pas un membre d'instance.

Pour utiliser un membre d'interface implémenté de manière explicite, il faut utiliser une référence sur cette interface et non une référence de classe; il devient visible uniquement à travers une référence sur l'interface.

Nous reprenons le même tableau de différentes implémentations de la méthode **void meth1 ()** en ajoutant une nouvelle méthode **void meth2 ( int x )** que nous **implémentons explicitement** dans les classes dérivées :

```
interface IinterfA {  
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface  
    void meth1 (); // méthode de l'interface  
}
```

Nous implémentons l'interface IinterfA dans la classe ClasseX :

- 1°) nous implementons **explicitement void meth2 ( int x )**,
- 2°) nous implementons **void meth1 ()** en méthode **virtuelle**.

```
interface IinterfA {  
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface  
    void meth1 (); // méthode de l'interface  
}  
class ClasseX : IinterfA {  
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ ... }  
    public virtual void meth1 (){ ... }  
}
```

Comprendre bien que la classe ClasseX ne possède pas à cet instant une méthode d'instance qui se nommerait meth2, par exemple si dans la méthode virtuelle meth1 nous utilisons le paramètre implicite **this** qui est une référence à la future instance, l'audit de code de C#Builder nous renvoie 7 méthodes comme visibles (6 provenant de la classe mère Object et une seule provenant de ClasseX), la méthode IinterfA.meth2 n'est pas visible :

```

interface IinterfA {
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface
    void meth1 ( ); // méthode de l'interface
}
class ClasseX : IinterfA {
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ }
    public virtual void meth1 ( ){
        this.~
    }
    Method meth1
    Destructor Finalize
    Method GetType
    Method Equals
    Method MemberwiseClone
    Method ToString
    Method GetHashCode
}

```

Lorsque l'on instancie effectivement un objet de classe ClasseX, cet objet ne voit comme méthode provenant de ClasseX que la méthode meth1 :

```

class Test{
    void methTest () {
        ClasseX Obj = new ClasseX();
        Obj.~
    }
    Method meth1
    Method GetType
    Method Equals
    Method ToString
    Method GetHashCode
}

```

La méthode meth2 implémentée explicitement en IinterfA.meth2 devient visible uniquement si l'on utilise une référence sur l'interface IinterfA, l'exemple ci-dessous montre qu'alors les deux méthodes meth1 et meth2 sont visibles :

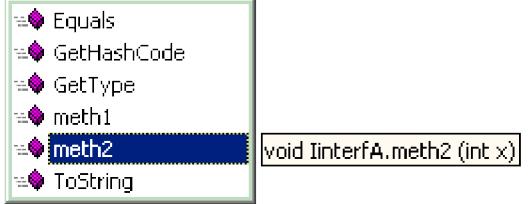
```

interface IinterfA {
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface
    void meth1 ( ); // méthode de l'interface
}
class ClasseX : IinterfA {
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ }
    public virtual void meth1 ( ){ }
}
class Test{
    void methTest () {
        IinterfA Obj = new ClasseX();
        Obj.~
    }
    Method meth2
    Method meth1
}

```

L'audit de code de Visual C# fournit plus de précision directement :

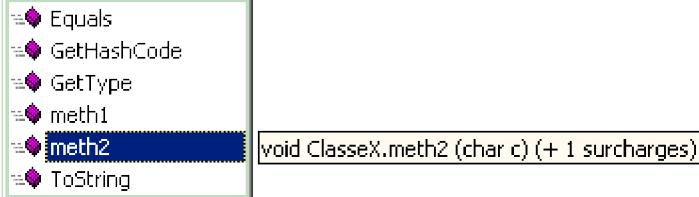
```
interface IinterfA {
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface
    void meth1 ( ); // méthode de l'interface
}
class ClasseX : IinterfA {
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ }
    public virtual void meth1 ( ){ }
}
class Test {
    void methTest() {
        IinterfA Obj = new ClasseX();
        Obj. ...
    }
}
```



Nous voyons bien que la méthode est qualifiée avec sa signature dans IinterfA, voyons dans l'exemple ci-dessous que nous pouvons déclarer une méthode d'instance ayant la même signature que la méthode explicite, voir même de surcharger cette méthode d'instance sans que le compilateur C# n'y voit de conflit car la méthode explicite n'est pas rangé dans la table des méthodes d'instances de la classe :

```
class ClasseX : IinterfA {
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ ... } //méthode de IinterfA implémentée explicitement
    public virtual void meth2 ( int x ){ ... } //méthode de la ClasseX surchargée
    public virtual void meth2 ( char c ){ ... } //méthode de la ClasseX surchargée
    public virtual void meth1 ( ){ ... } //méthode de IinterfA implémentée virtuellement
}
```

```
interface IinterfA {
    void meth2 ( int x ); // méthode de l'interface
    void meth1 ( ); // méthode de l'interface
}
class ClasseX : IinterfA {
    void IinterfA.meth2 ( int x ){ }
    public virtual void meth1 ( ){ }
    public virtual void meth2 ( char c ){ }
    public virtual void meth2 ( int x ){ }
}
class Test {
    void methTest() {
        ClasseX Obj1 = new ClasseX();
        IinterfA Obj2 = new ClasseX();
        Obj1. ...
    }
}
```



La référence Obj1 peut appeler les deux surcharges de la méthode d'instance meth2 de la classe ClasseX :

```

class Test {
    void methTest() {
        ClasseX Obj1 = new ClasseX();
        IinterfA Obj2 = new ClasseX();
        Obj1.meth2();
        ▲ 1 sur 2 ▼ void ClasseX.meth2(char c)
    }
}

class Test {
    void methTest() {
        ClasseX Obj1 = new ClasseX();
        IinterfA Obj2 = new ClasseX();
        Obj1.meth2();
        ▲ 2 sur 2 ▼ void ClasseX.meth2(int x)
    }
}

```

La référence Obj2 sur IinterfA fonctionne comme nous l'avons montré plus haut, elle ne peut voir de la méthode meth2 que son implémentation explicite :

```

class Test {
    void methTest() {
        ClasseX Obj1 = new ClasseX();
        IinterfA Obj2 = new ClasseX();
        Obj2. ...
    }
}

class Test {
    void methTest() {
        ClasseX Obj1 = new ClasseX();
        IinterfA Obj2 = new ClasseX();
        Obj2. ...
    }
}

```

Cette fonctionnalité d'implémentation explicite spécifique à C# peut être utilisée dans au moins deux cas utiles au développeur :

- Lorsque vous voulez qu'un membre (une méthode par exemple) implémenté d'une interface soit privé dans une classe pour toutes les instances de classes qui en dériveront, l'implémentation explicite vous permet de rendre ce membre (cette méthode) inaccessible à tout objet.
- Lors d'un conflit de noms si deux interfaces possèdent un membre ayant la même signature et que votre classe implémente les deux interfaces.

## 1.1 Spécification d'un exemple complet

Utilisons la notion d'interface pour fournir un polymorphisme à une hiérarchie de classe de véhicules fondée sur une **interface** :

Soit au départ une classe abstraite **Vehicule** et une interface **IVehicule**.

### 1.1.A) Une classe abstraite

La classe abstraite **Vehicule** contient trois méthodes :

<p><b>classe abstraite</b></p> <pre> <b>Véhicule</b> +<b>Démarrer()</b> +<b>RépartirPassagers ()</b> +<b>PériodicitéMaintenance()</b> </pre>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La méthode <b>Démarrer</b> qui est abstraite.</li> <li>• La méthode <b>RépartirPassagers</b> de répartition des passagers à bord du véhicule, implantée avec un corps vide.</li> <li>• La méthode <b>PériodicitéMaintenance</b> renvoyant la périodicité de la maintenance obligatoire du véhicule, implantée avec un corps vide.</li> </ul>
--	---

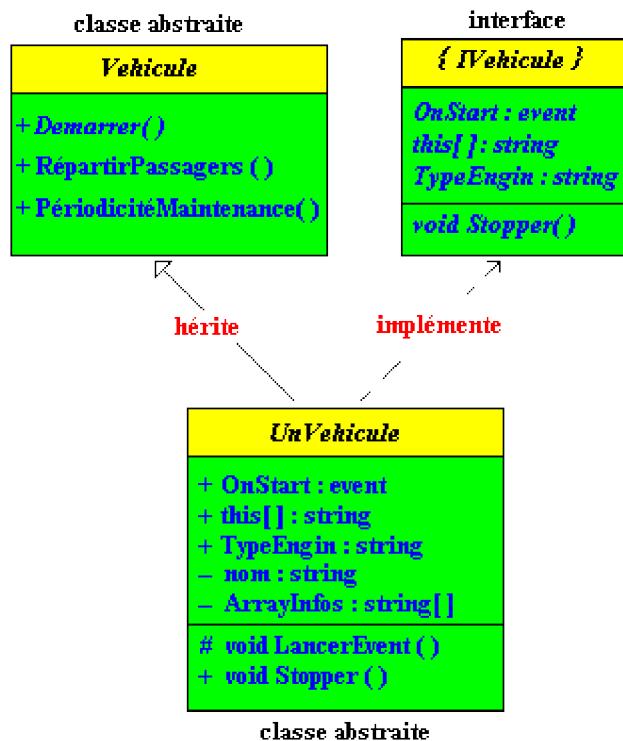
### 1.1.B) Une interface

Afin d'utiliser les possibilités de C#, l'interface **IVehicule** propose un contrat d'implémentation pour un **événement**, un **indexeur**, une **propriété** et une **méthode** :

<p><b>interface</b></p> <pre> { IVehicule }  <b>OnStart : event</b> <b>this[int] : string</b> <b>TypeEngin : string</b> <b>void Stopper()</b> </pre>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'événement <b>OnStart</b> est de type délégué (on construit un type délégué Starting( ) spécifique pour lui) et se déclenchera au démarrage du futur véhicule,</li> <li>• L'indexeur <b>this [int]</b> est de type string et permettra d'accéder à une liste indicée d'informations sur le futur véhicule,</li> <li>• La propriété <b>TypeEngin</b> est en lecture et écriture et concerne le type du futur véhicule dans la marque,</li> <li>• La méthode <b>Stopper( )</b> indique comment le futur véhicule s'immobilisera.</li> </ul>
--	---

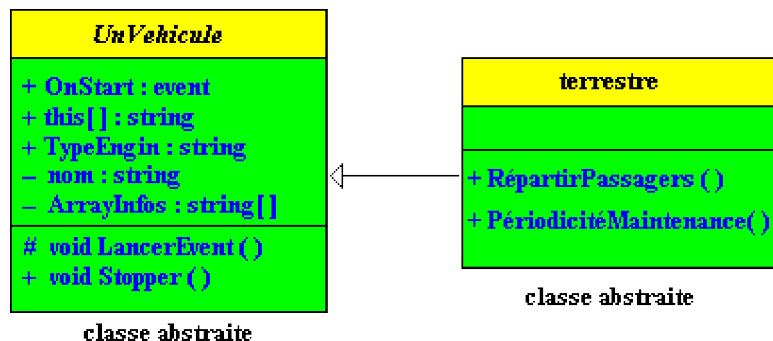
### 1.1.C) Une simulation d'héritage multiple

Nous souhaitons construire une classe abstraite **UnVéhicule** qui "hérite" à la fois des fonctionnalités de la classe **Véhicule** et de celles de l'interface **IVehicule**. Il nous suffit en C# de faire hériter la classe **UnVéhicule** de la classe **Véhicule** , puis que la classe **UnVéhicule** implémente les propositions de contrat de l'interface **IVehicule** :



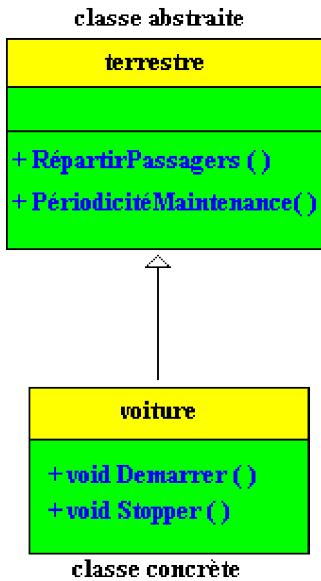
### 1.1.D) Encore une classe abstraite, mais plus "concrète"

Nous voulons maintenant proposer une spécialisation du véhicule en créant une classe abstraite **Terrestre**, base des futurs véhicules terrestres. Cette classe implantera de façon explicite la méthode **RépartirPassagers** de répartition des passagers et la méthode **PériodicitéMaintenance** renvoyant la périodicité de la maintenance. Cette classe **Terrestre** reste abstraite car elle ne fournit pas l'implémentation de la méthode **Demarrer** :

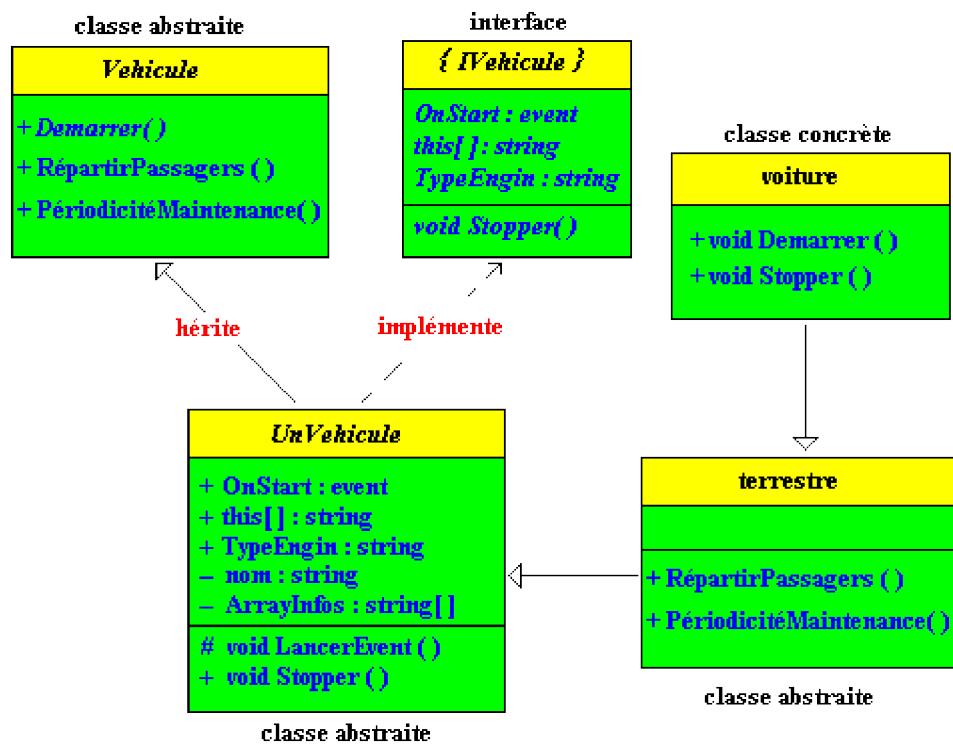


### 1.1.E) Une classe concrète

Nous finissons notre hiérarchie par une classe **Voiture** qui descend de la classe **Terrestre**, qui implante la méthode **Demarrer()** et qui redéfinie la méthode **Stopper()** :



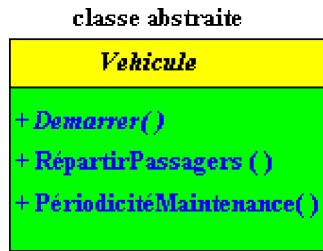
Ce qui nous donne le schéma d'héritage total suivant :



## 1.2 *Implantation en C# de l'exemple*

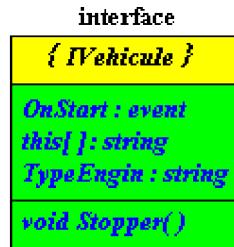
Nous proposons ci-dessous pour chaque classe ou interface une implémentation en C#.

### 1.2.A) La classe abstraite *Vehicule*



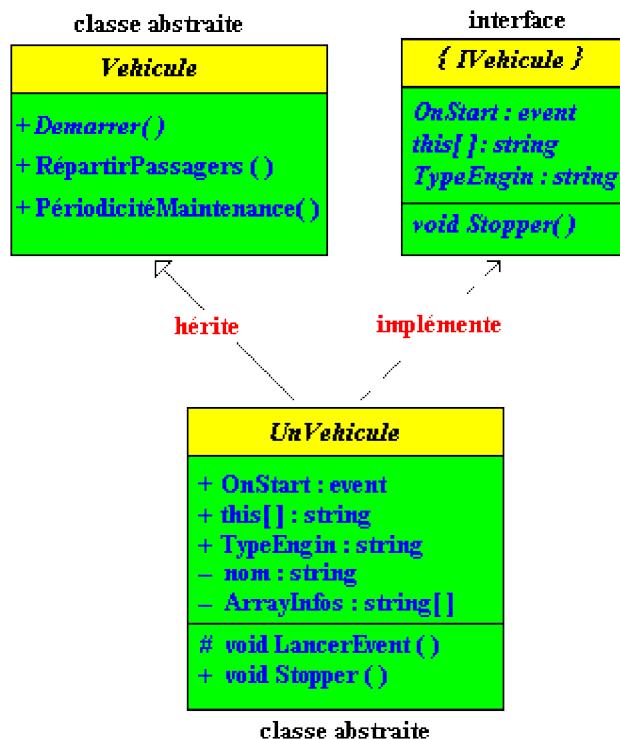
```
abstract class Véhicule // classe abstraite mère
{
    public abstract void Demarrer(); // méthode abstraite
    public void RépartirPassagers() {} // implantation de méthode avec corps vide
    public void PériodicitéMaintenance() {} // implantation de méthode avec corps vide
}
```

### 1.2.B) L'interface IVéhicule



```
public delegate void Starting(); // déclaration de type délégué
interface IVéhicule
{
    event Starting OnStart; // déclaration d'événement du type délégué : Starting
    string this[ int index]; // déclaration d'indexeur
    {
        get;
        set;
    }
    string TypeEngin // déclaration de propriété
    {
        get;
        set;
    }
    void Stopper(); // déclaration de méthode
}
```

### 1.2.C) La classe UnVéhicule

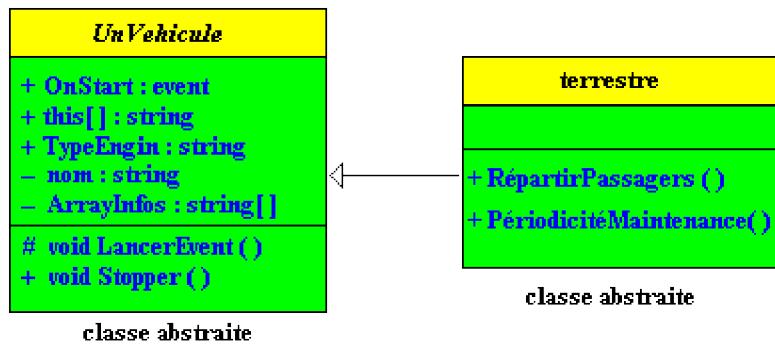


```

abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule // hérite de la classe mère et implémente l'interface
{
    private string nom = "";
    private string [ ] ArrayInfos = new string [10];
    public event Starting OnStart;
    protected void LancerEvent ()
    {
        if( OnStart != null)
            OnStart ();
    }
    public string this [ int index] // implantation Indexeur
    {
        get { return ArrayInfos[index]; }
        set { ArrayInfos[index] = value; }
    }
    public string TypeEngin // implantation propriété
    {
        get { return nom; }
        set { nom = value; }
    }
    public virtual void Stopper () { } // implantation de méthode avec corps vide
}

```

### 1.2.D) La classe Terrestre

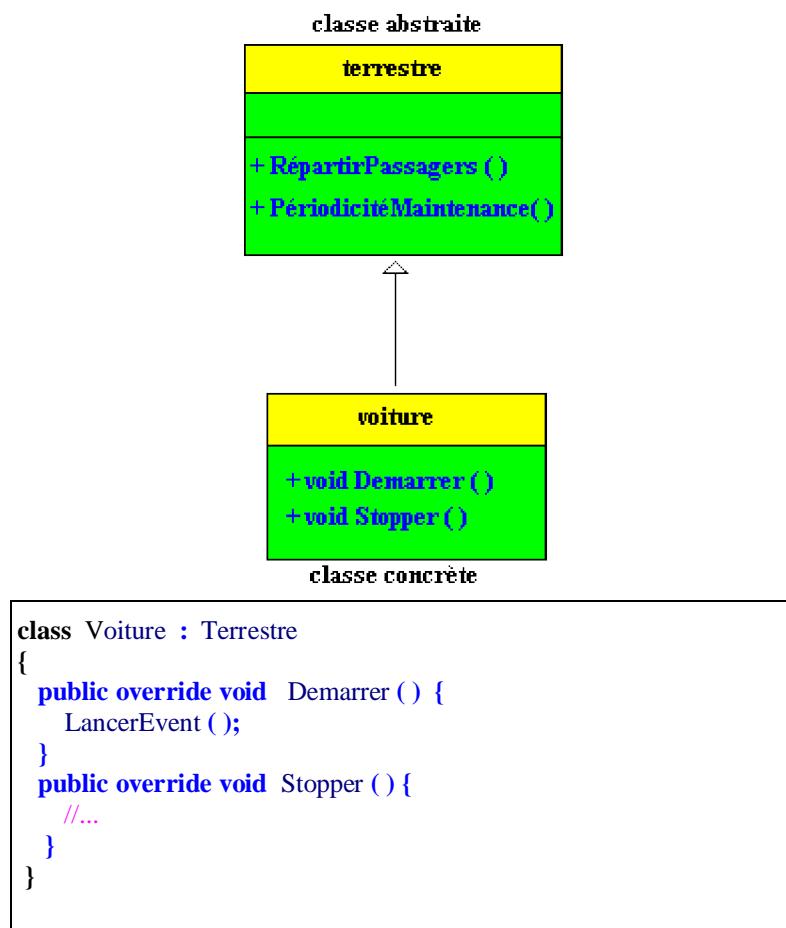


```

abstract class Terrestre : UnVehicule
{
    public new void RépartirPassagers () {
        //...implantation de méthode
    }
    public new void PériodicitéMaintenance () {
        //...implantation de méthode
    }
}

```

### 1.2.E) La classe Voiture



## 2. Analyse du code de liaison de la solution précédente

Nous nous intéressons au mode de liaison des membres du genre :

**méthodes, propriétés, indexeurs et événements.**

Rappelons au lecteur que la liaison statique indique que le compilateur lie le code lors de la compilation, alors que dans le cas d'une liaison dynamique le code n'est choisi et lié que lors de l'exécution.

### 2.1 Le code de la classe Vehicule

```
abstract class Vehicule
{
    public abstract void Demarrer (); // méthode abstraite
    public void RépartirPassagers () { } // implantation de méthode avec corps vide
    public void PériodicitéMaintenance () { } // implantation de méthode avec corps vide
}
```

**Analyse :**

Sans qualification particulière une méthode est à liaison statique :

- La méthode **public void** RépartirPassagers () est donc à liaison **statique**.
- La méthode **public void** PériodicitéMaintenance () est donc à liaison **statique**.

Une méthode qualifiée **abstract** est implicitement virtuelle :

- La méthode **public abstract void** Demarrer () est donc à liaison **dynamique**.

### 2.2 Le code de l'interface IVehicule

```
interface IVehicule
{
    event Starting OnStart; // déclaration d'événement du type délégué : Starting
    string this [ int index] // déclaration d'indexeur
    { get; set; }
    string TypeEngin // déclaration de propriété
    { get; set; }
    void Stopper (); // déclaration de méthode
}
```

**Analyse :**

Une interface n'est qu'un contrat, les membres déclarés comme signatures dans l'interface n'étant pas implémentées, la question de leur liaison ne se pose pas au niveau de l'interface, mais lors de l'implémentation dans une classe ultérieure :

- La méthode **void Stopper ()**; pourra donc être plus tard soit statique, soit dynamique.
- L'événement **event Starting OnStart**; pourra donc être plus tard soit statique, soit dynamique.
- La propriété **string TypeEngin**, pourra donc être plus tard soit statique, soit dynamique.
- L'indexeur **string this [ int index]**, pourra donc être plus tard soit statique, soit dynamique.

### 2.3 Le code de la classe UnVehicule

```
abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule
{
    private string nom = "";
    private string [ ] ArrayInfos = new string [10];
    public event Starting OnStart;
    protected void LancerEvent () {
        if( OnStart != null) OnStart();
    }
    public string this [ int index] //implantation Indexeur
    {
        get { return ArrayInfos[index]; }
        set { ArrayInfos[index] = value; }
    }
    public string TypeEngin //implantation propriété
    {
        get { return nom; }
        set { nom = value; }
    }
    public virtual void Stopper () { } //implantation de méthode avec corps vide
}
```

#### Analyse :

Le qualificateur **virtual** indique que l'élément qualifié est virtuel, donc à liaison dynamique; sans autre qualification un élément est par défaut à liaison statique :

- La méthode **public virtual void Stopper ()** est à liaison **dynamique**.
- L'événement **public event Starting OnStart** est à liaison **statique**.
- La propriété **public string TypeEngin** est à liaison **statique**.
- L'indexeur **public string this [ int index]** est à liaison **statique**.

- La méthode **protected void** LancerEvent () est à liaison **statique**.

## 2.4 Le code de la classe Terrestre

```
abstract class Terrestre : UnVehicule
{
    public new void RépartirPassagers () {
        //...implantation de méthode
    }
    public new void PériodicitéMaintenance () {
        //...implantation de méthode
    }
}
```

### Analyse :

Dans la classe mère Vehicule les deux méthodes RépartirPassagers et PériodicitéMaintenance sont à liaison statique, dans la classe Terrestre :

- La méthode **public new void** RépartirPassagers () est à liaison **statique** et masque la méthode mère.
- La méthode **public new void** PériodicitéMaintenance () est à liaison **statique** et masque la méthode mère.

## 2.5 Le code de la classe Voiture

```
class Voiture : Terrestre
{
    public override void Demarrer () {
        LancerEvent ();
    }
    public override void Stopper () {
        //...
    }
}
```

## Analyse :

La méthode Demarrer( ) est héritée de la classe mère Vehicule, la méthode Stopper( ) est héritée de la classe UnVehicule :

- La méthode **public override void** Demarrer () est à liaison **dynamique** et redéfinit la méthode abstraite mère.
- La méthode **public override void** Stopper () est à liaison **dynamique** et redéfinit la méthode virtuelle à corps vide de la classe UnVehicule.

## 3. Cohérence entre les notions de classe et d'interface dans C#

Une classe **peut implémenter plusieurs interfaces**. Dans ce cas nous avons une excellente alternative à l'**héritage multiple**.

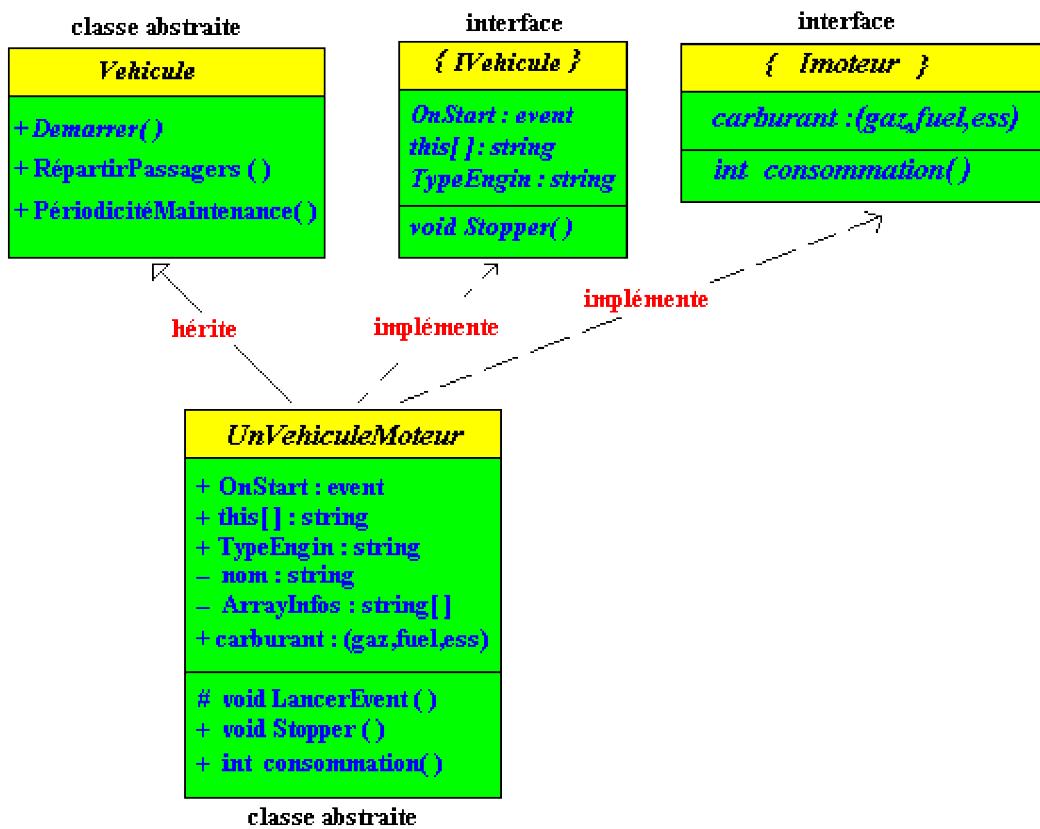
Lorsque l'on crée une interface, on fournit un ensemble de définitions et de comportements qui **ne devraient plus être modifiés**. Cette attitude de constance dans les définitions, protège les applications écrites pour utiliser cette interface.

Les variables de types interface respectent les mêmes règles de **transtypage** que les variables de types classe.

Les **objets** de type classe **clA** peuvent être **transtypés** et **référencés** par des variables d'interface **IntfA** dans la mesure où la classe **clA** **implémente l'interface IntfA**. (cf. polymorphisme d'objet)

### Une classe peut implémenter plusieurs interfaces

Soit la définition suivante où la classe UnVehiculeMoteur hérite de la classe abstraite Vehicule et implémente l'interface IVehicule de l'exemple précédent, et supposons qu'en plus cette classe implémente l'interface IMoteur. L'interface IMoteur explique que lorsqu'un véhicule est à moteur, il faut se préoccuper de son type de carburant et de sa consommation :



Ci-dessous le code C# correspondant à cette définition, plus une classe concrète **Voiture** instanciable dérivant de la classe abstraite **UnVehiculeMoteur** :

```

abstract class Vehicule {
    public abstract void Demarrer(); // méthode abstraite
    public void RépartirPassagers() { } // implantation de méthode avec corps vide
    public void PériodicitéMaintenance() { } // implantation de méthode avec corps vide
}
interface IVehicle {
    event Starting OnStart; // déclaration d'événement du type délégué : Starting
    string this[ int index]; // déclaration d'indexeur
    { get; set; }
    string TypeEngin // déclaration de propriété
    { get; set; }
    void Stopper(); // déclaration de méthode
}
enum Energie { gaz, fuel, ess } // type énuméré pour le carburant

interface IMoteur {
    Energie carburant // déclaration de propriété
    { get; }
    int consommation(); // déclaration de méthode
}

```

```

abstract class UnVehiculeMoteur : Vehicule , IVehicule , IMoteur
{
    private string nom = "";
    private Energie typeEnerg = Energie.fuel ;
    private string [ ] ArrayInfos = new string [10] ;
    public event Starting OnStart ;
    protected void LancerEvent () {
        if( OnStart != null) OnStart ();
    }
    public string this [ int index] //implantation Indexeur de IVehicule
    {
        get { return ArrayInfos[index] ; }
        set { ArrayInfos[index] = value ; }
    }
    public string TypeEngin //implantation propriété de IVehicule
    {
        get { return nom ; }
        set { nom = value ; }
    }
    public Energie carburant //implantation propriété de IMoteur
    {
        get { return typeEnerg ; }
    }
    public virtual void Stopper () { }//implantation vide de méthode de IVehicule
    public virtual int consommation () { return .... }//implantation de méthode de IMoteur
}

```

```

class Voiture : UnVehiculeMoteur {
    public override void Demarrer () {
        LancerEvent ();
    }
    public override void Stopper () {
        ...implantation de méthode
    }
    public new void RépartirPassagers () {
        ...implantation de méthode
    }
    public new void PériodicitéMaintenance () {
        ...implantation de méthode
    }
}

```

## Les interfaces et classes respectent les mêmes règles de polymorphisme

Il est tout à fait possible d'utiliser des variables de référence sur des interfaces et de les transtyper d'une manière identique à des variables de référence de classe. En particulier le polymorphisme de référence s'applique aux références d'interfaces.

### Le polymorphisme de référence sur les classes de l'exemple précédent

```

abstract class Vehicule { ... }
interface IVehicule { ... }
enum Energie { gaz , fuel , ess }
interface IMoteur { ... }

abstract class UnVehiculeMoteur : Vehicule ,

```

```

class MaClass {
    static void Main(string [ ] args) {
        const string ch; s = "le client utilise une ";
        string ch ;
        IVehicule a1;
    }
}

```

```

IVehicule , IMoteur { ... }
class Voiture : UnVehiculeMoteur { ... }

class UseVoiture1 {
    public string use ( IVehicule x){
        return x.TypeEngin ;
    }
}

class UseVoiture2 {
    public string use ( UnVehiculeMoteur x ){
        return x.TypeEngin ;
    }
}

class UseVoiture3 {
    public string use ( Voiture x ){
        return x.TypeEngin ;
    }
}

```

```

UnVehiculeMoteur b1;
Voiture c1;
a1 = new Voiture();
a1.TypeEngin = "Renault";
b1= new Voiture();
b1.TypeEngin = "Citroën";
c1 = new Voiture();
c1.TypeEngin = "Peugeot";
UseVoiture1 client = new UseVoiture1();
ch = s+client.use(a1);
System.Console.WriteLine(ch);
ch = s+client.use(b1);
System.Console.WriteLine(ch);
ch = s+client.use(c1);
System.Console.WriteLine(ch);
}
}

```

### code d'exécution avec 3 objets différents

```

static void Main(string [ ] args) {
    .... idem
    UseVoiture1 client = new UseVoiture1();
    ch = s+client.use(a1);
    System.Console.WriteLine(ch);
    ch = s+client.use(b1);
    System.Console.WriteLine(ch);
    ch = s+client.use(c1);
    System.Console.WriteLine(ch);
}

IVehicule
    |_UnVehiculeMoteur
        |_Voiture

```

Après exécution :

```

C:\D:\CsBuilder\simple\bin\Debug\Proj5
le client utilise une Renault
le client utilise une Citroën
le client utilise une Peugeot
-
```

a1 est une référence sur IVehicule, b1 est une référence sur une interface fille de IVehicule, c1 est de classe Voiture implémentant IVehicule.

Donc chacun de ces trois genres de paramètre peut être passé par polymorphisme de référence d'objet à la méthode **public string use ( IVehicule x )**

```

static void Main(string [ ] args) {
    .... idem
    UseVoiture2 client = new UseVoiture2();
    ch = s+client.use((UnVehiculeMoteur)a1);
    System.Console.WriteLine(ch);
    ch = s+client.use(b1);
    System.Console.WriteLine(ch);
    ch = s+client.use(c1);
    System.Console.WriteLine(ch);
}

IVehicule
    |_UnVehiculeMoteur
        |_Voiture

```

Après exécution :

```

C:\D:\CsBuilder\simple\bin\Debug\Proj5
le client utilise une Renault
le client utilise une Citroën
le client utilise une Peugeot
-
```

Le polymorphisme de référence d'objet appliquée à la méthode **public string use ( UnVehiculeMoteur x )** indique que les paramètres passés doivent être de type UnVehiculeMoteur ou de type descendant.

La variable a1 est une référence sur IVehicule qui ne descend pas de UnVehiculeMoteur, il faut donc transpiler la référence a1 soit : **(UnVehiculeMoteur)a1**.

```

static void Main(string [ ] args) {
    .... idem
    UseVoiture3 client = new UseVoiture3();
    ch = s+client.use( (Voiture)a1 );
    System.Console.WriteLine(ch);
    ch = s+client.use( (Voiture)b1 );

```

Après exécution :

```

C:\D:\CsBuilder\simple\bin\Debug\Proj5
le client utilise une Renault
le client utilise une Citroën
le client utilise une Peugeot
-
```

<pre>System.Console.WriteLine(ch); ch = s+client.use(c1); System.Console.WriteLine(ch); }</pre> <p><b>IVehicule</b>  <b> _UnVehiculeMoteur</b>  <b> _Voiture</b></p>	<p>Le polymorphisme de référence d'objet appliquée à la méthode <b>public string use ( Voiture x )</b> indique que les paramètres passé doivent être de type Voiture ou de type descendant.</p> <p>La variable <b>a1</b> est une référence sur IVehicule qui ne descend pas de Voiture, il faut donc transtyper la référence <b>a1</b> soit : <b>(Voiture)a1</b></p> <p>La variable <b>b1</b> est une référence sur UnVehiculeMoteur qui ne descend pas de Voiture, il faut donc transtyper la référence <b>b1</b> soit : <b>(Voiture)b1</b></p>
--	--

Les opérateurs **is** et **as** sont utilisables avec des références d'interfaces en C#. Reprenons l'exemple précédent :

```
abstract class Vehicule { ... }
interface IVehicule { ... }
enum Energie { gaz , fuel , ess }
interface IMoteur { ... }
abstract class UnVehiculeMoteur : Vehicule , IVehicule , IMoteur { ... }
class Voiture : UnVehiculeMoteur { ... }

class UseVoiture1 {
    public string use ( IVehicule x ){
        if (x is UnVehiculeMoteur) {
            int consom = (x as UnVehiculeMoteur).consommation( );
            return " consommation="+consom.ToString( );
        }
        else
            return x.TypeEngin ;
    }
}
```

## Les conflits de noms dans les interfaces

Il est possible que deux interfaces différentes possèdent des membres ayant la même signature. Une classe qui implémente ces deux interfaces se trouvera confrontée à un conflit de nom (ambiguïté). Le compilateur C# exige dès lors que l'ambiguïté soit levée avec le préfixage du nom du membre par celui de l'interface correspondante (implémentation explicite).

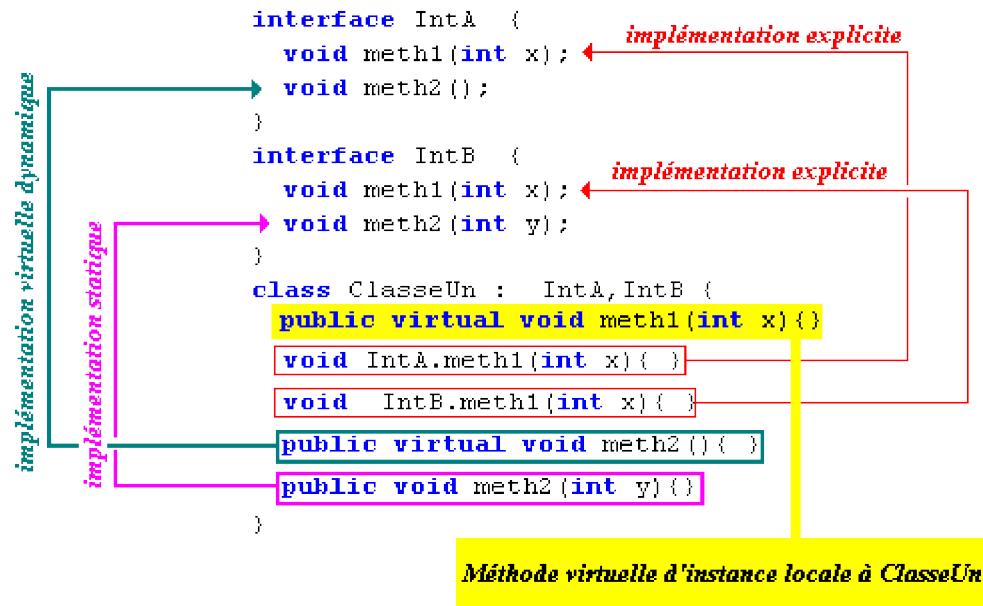
L'exemple ci-dessous est figuré avec deux interfaces IntA et IntB contenant chacune deux méthodes portant les mêmes noms et plus particulièrement la méthode meth1 possède la même signature dans chaque interface. Soit ClasseUn une classe implementant ces deux interfaces. Voici comment fait C# pour choisir les appels de méthodes implantées.

Le code source de ClasseUn implementant les deux interfaces IntA et IntB :

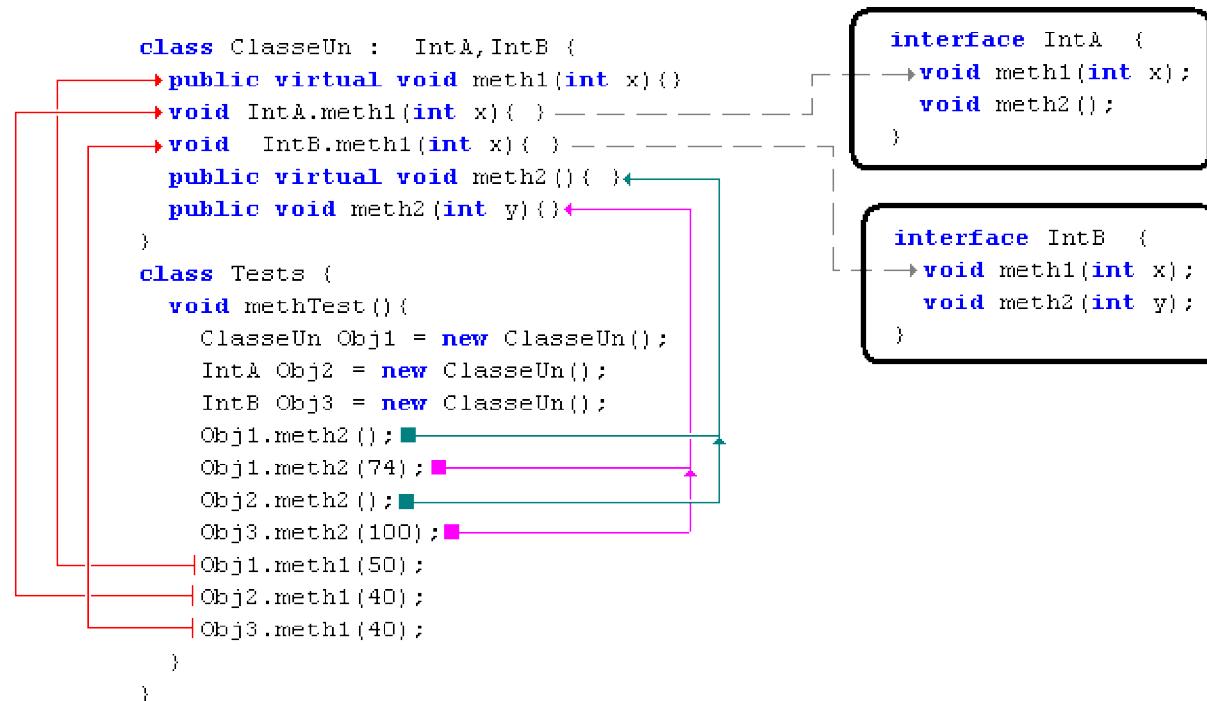
<pre>interface IntA{     void meth1( int x );     void meth2( ); } interface IntB{     void meth1( int x ); }</pre>	<pre>class ClasseUn : IntA , IntB {     public virtual void meth1( int x ){ }     void IntA.meth1( int x ){ }     void IntB.meth1( int x ){ }     public virtual void meth2( ){ }     public void meth2( int y ){ }}</pre>
---	--

<code>void meth2(int y);</code>	<code>}</code>
---------------------------------	----------------

Schéma expliquant ce que C# analyse dans le code source précédent :



Lorsque l'on instancie effectivement 3 objets de classe **ClasseUn** précédente, et que l'on déclare chaque objet avec un type de référence différent : classe ou interface, le schéma ci-dessous indique quels sont les différents appels de méthodes corrects possibles :



Il est aussi possible de transtyper une référence d'objet de classe ClasseUn en une référence d'interface dont elle hérite (les appels sont identiques à ceux du schéma précédent) :

```
class Tests {  
    void methTest( ) {  
        ClasseUn Obj1 = new ClasseUn( );  
        IntA Obj2 = ( IntA )Obj1;  
        IntB Obj3 = ( IntB )Obj1;  
        Obj1.meth2( );  
        Obj1.meth2(74);  
        Obj2.meth2( );  
        Obj3.meth2(100);  
        Obj1.meth1(50);  
        Obj2.meth1(40);  
        Obj3.meth1(40);  
    }  
}
```

Nous remarquons qu'aucun conflit et aucune ambiguïté de méthode ne sont possibles et que grâce à l'implémentation explicite, toutes les méthodes de même nom sont accessibles.

Enfin, nous avons préféré utiliser le transtypage détaillé dans :

```
IntA Obj2 = ( IntA )Obj1 ;  
Obj2.meth1(40) ;
```

plutôt que l'écriture équivalente :

```
(( IntA )Obj1).meth1(40) ; //...appel de IntA.meth1(int x)
```

Car l'oubli du parenthésage externe dans l'instruction " (( IntA )Obj1).meth1(40) " peut provoquer des incompréhensions dans la mesure où aucune erreur n'est signalé par le compilateur car ce n'est plus la même méthode qui est appelée.

```
( IntA )Obj1.meth1(40) ; //...appel de public virtual ClasseUn.meth1(int x)
```

# Classe de délégation



---

Plan général: [E](#)

## Les classes de délégations

- 1.1 Définition classe de délégation - délégué
- 1.2 Délégué et méthodes de classe - définition
- 1.3 Délégué et méthodes de classe - informations pendant l'exécution
- 1.4 Délégué et méthodes d'instance - définition
- 1.5 Plusieurs méthodes pour le même délégué
- 1.6 Exécution des méthodes d'un délégué multicast - Exemple de code

Il existe en Delphi la notion de **pointeur de méthode** utilisée pour implanter la notion de gestionnaire d'événements. C# a repris cette idée en l'encapsulant dans un concept objet plus abstrait : la notion de **classes de délégations**. Dans la machine virtuelle CLR, la gestion des événements est fondée sur les classes de délégations, il est donc essentiel de comprendre le modèle du délégué pour comprendre le fonctionnement des événements en C#.

## 1. Les classes de délégations

*Note de microsoft à l'attention des développeurs :*

*La classe **Delegate** est la classe de base pour les types délégués. Toutefois, seuls le système et les compilateurs peuvent dériver de manière explicite de la classe **Delegate** ou **MulticastDelegate**. En outre, il n'est pas possible de dériver un nouveau type d'un type délégué. La classe **Delegate** n'est pas considérée comme un type délégué. Il s'agit d'une classe utilisée pour dériver des types délégués.*

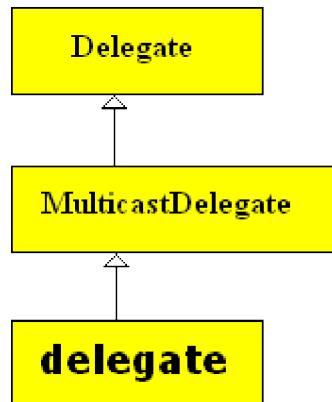
### 1.1 Définition classe de délégation - délégué

Le langage C# contient un mot clé **delegate**, permettant au compilateur de construire une classe dérivée de la classe **MulticastDelegate** dérivée elle-même de la classe **Delegate**. Nous ne pouvons pas instancier une objet de classe **Delegate**, car le constructeur est spécifié **protected** et n'est donc pas accessible :

#### Constructeurs protégés

 <a href="#">Delegate, constructeur</a>	Surchargé. Initialise un nouveau délégué.
--	---

C'est en fait via ce mot clé **delegate** que nous allons construire des classes qui ont pour nom : classes de délégations. Ces classes sont des classes du genre référence, elles sont instanciables et un objet de classe délégation est appelé un délégué.



**Un objet de classe délégation permet de référencer (pointer vers) une ou plusieurs méthodes.**

Il s'agit donc de l'extension de la notion de pointeur de méthode de Delphi. Selon les auteurs une classe de délégation peut être aussi nommée classe déléguée, type délégué voir même tout simplement délégué. Il est essentiel dans le texte lu de bien distinguer la classe et l'objet instancié.

Lorsque nous utiliserons le vocable classe délégué ou type délégué nous parlerons de la classe de délégation d'un objet délégué.

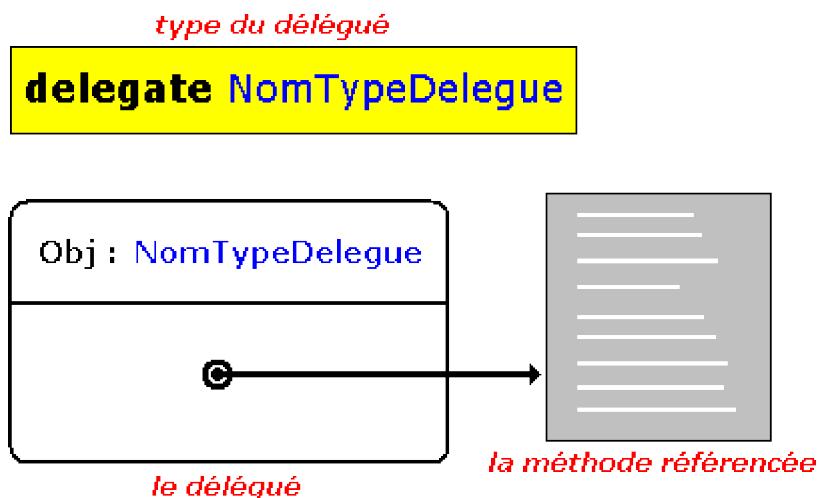
Il est donc possible de créer un nouveau type de délégué (une nouvelle classe) dans un programme, ceci d'une seule manière : en utilisant le qualificateur **delegate**. Ci-dessous nous déclarons un type délégué (une nouvelle classe particulière) nommé **NomTypeDelegue** :

```
delegate string NomTypeDelegue ( int parametre );
```

Un objet délégué peut donc être instancié à partir de cette "classe" comme n'importe quel autre objet :

```
NomTypeDelegue Obj = new NomTypeDelegue ( <paramètre> )
```

Il ne doit y avoir qu'**un seul paramètre** **<paramètre>** et c'est obligatoirement un **nom de méthode**. Soit **MethodeXYZ** le nom de la méthode passé en paramètre, nous dirons alors que le délégué (l'objet délégué) référence la méthode **MethodeXYZ**.



Les méthodes référencées par un délégué peuvent être :

des méthodes de classe ( **static** )  
ou  
des méthodes d'instance

Toutes les méthodes référencées par un même délégué ont la même signature partielle :

- même type de retour du résultat,
- même nombre de paramètres,
- même ordre et type des paramètres,
- seul leur nom diffère.

## 1.2 Délégué et méthodes de classe - définition

Un type commençant par le mot clef **delegate** est une classe délégation.

ci-dessous la syntaxe de 2 exemples de déclaration de classe délégation :

- **delegate string Deleguer1( int x );**
- **delegate void Deleguer2( string s );**

Un objet instancié à partir de la classe Deleguer1 est appelé un délégué de classe Deleguer1 :

- **Deleguer1 FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc1 );**
- où Fonc1 est une méthode :
- **static string Fonc1 ( int x ) { ... }**

Un objet instancié à partir de la classe Deleguer2 est appelé un délégué de classe Deleguer2 :

- **Deleguer2 FoncDeleg2 = new Deleguer2 ( Fonc2 );**
- où Fonc2 est une autre méthode :
- **static void Fonc2 ( string x ) { ... }**

Nous avons créé deux types délégations nommés Deleguer1 et Deleguer2 :

- Le type Deleguer1 permet de référencer des méthodes ayant un paramètre de type **int** et renvoyant un **string**.
- Le type Deleguer2 permet de référencer des méthodes ayant un paramètre de type **string** et ne renvoyant **rien**.

Les fonctions de classe Fonc1 et Fonc11 répondent à la signature partielle du type Deleguer1

- **static string Fonc1 ( int x ) { ... }**
- **static string Fonc11 ( int x ) { ... }**

On peut créer un objet (un délégué) qui va référencer l'une ou l'autre de ces deux fonctions :

- **Deleguer1 FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc1 );**  
ou bien
- **Deleguer1 FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc11 );**

On peut maintenant appeler le délégué FoncDeleg1 dans une instruction avec un paramètre d'entrée de type **int**, selon que le délégué référence Fonc1 ou bien Fonc11 c'est l'une ou l'autre des ces fonctions qui est en fait appelée.

Source d'un exemple C# et exécution :

```
delegate string Deleguer1 ( int x );

class ClasseA {
    static string Fonc1 ( int x ) {
        return ( x * 10 ).ToString ();
    }
    static string Fonc11 ( int x ) {
        return ( x * 100 ).ToString ();
    }
    static void Main ( string [] args ) {
        string s = Fonc1 ( 32 );
        System .Console.WriteLine ("Fonc1(32) = " + s );
        s = Fonc11 ( 32 ); //appel de fonction classique
        System .Console.WriteLine ("Fonc11(32) = " + s );
        System .Console.WriteLine ("\nLe délégué référence Fonc1 :");
        Deleguer1 FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc1 );
```

```

s = FoncDeleg1 ( 32 ); // appel au délégué qui appelle la fonction
System .Console.WriteLine ("FoncDeleg1(32) = " + s );
System .Console.WriteLine ("\nLe délégué référence maintenant Fonc11 :");
FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc11 ) ; // on change d'objet référencé (de fonction)
s = FoncDeleg1 ( 32 ); // appel au délégué qui appelle la fonction
System .Console.WriteLine ("FoncDeleg1(32) = " + s );
System .Console.ReadLine ();
}
}

```

Résultats d'exécution sur la console :

```

D:\CsBuilder\Delegates\bin\Debug\PrDelegate.exe
Fonc1(32) = 320
Fonc11(32) = 3200

Le délégué référence Fonc1 :
FoncDeleg1(32) = 320

Le délégué référence maintenant Fonc11 :
FoncDeleg1(32) = 3200

```

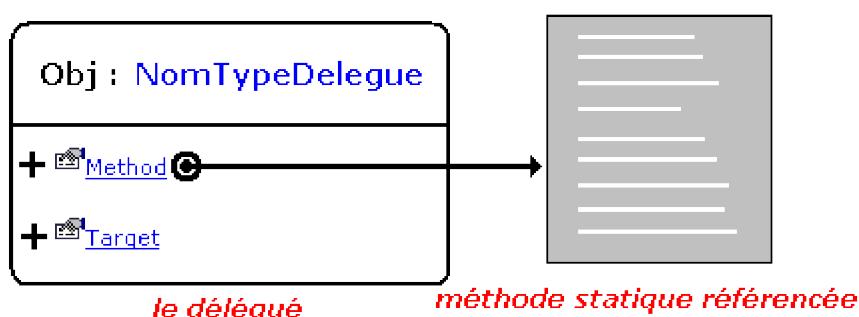
### 1.3 Délégué et méthodes de classe - informations pendant l'exécution

Comme une référence de délégué peut pointer (référencer) vers des méthodes de classes différentes au cours de l'exécution, il est intéressant d'obtenir des informations sur la méthode de classe actuellement référencée par le délégué.

Nous donnons ci-dessous les deux propriétés publiques qui sont utiles lors de cette recherche d'informations, elles proviennent de la classe mère Delegate non héritable par programme :

*type du délégué*

**delegate NomTypeDelegue**



### Propriétés publiques

<a href="#">Method</a> (hérité de <a href="#">Delegate</a> )	Obtient la méthode static représentée par le délégué.
<a href="#">Target</a> (hérité de <a href="#">Delegate</a> )	Obtient l'instance de classe sur laquelle le délégué en cours appelle la méthode d'instance.

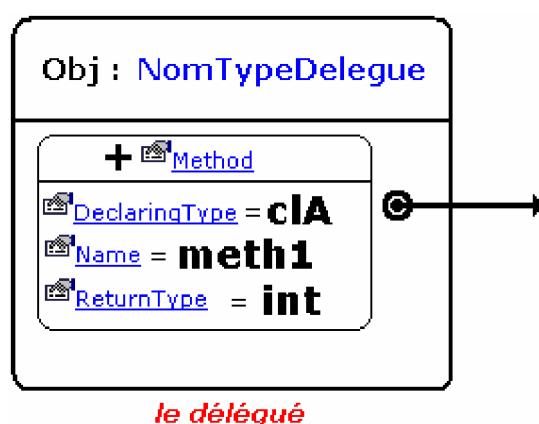
La propriété **Target** sert plus particulièrement lorsque le délégué référence une méthode d'instance, la propriété **Method** est [la seule utilisable](#) lorsque la méthode référencée par le délégué est une méthode de classe (méthode marquée **static**). Lorsque la méthode référencée par le délégué est une méthode de classe le champ **Target** a la valeur **null**.

Ci-dessous nous avons extrait quelques informations concernant la propriété **Method** qui est elle-même de classe **MethodInfo** :

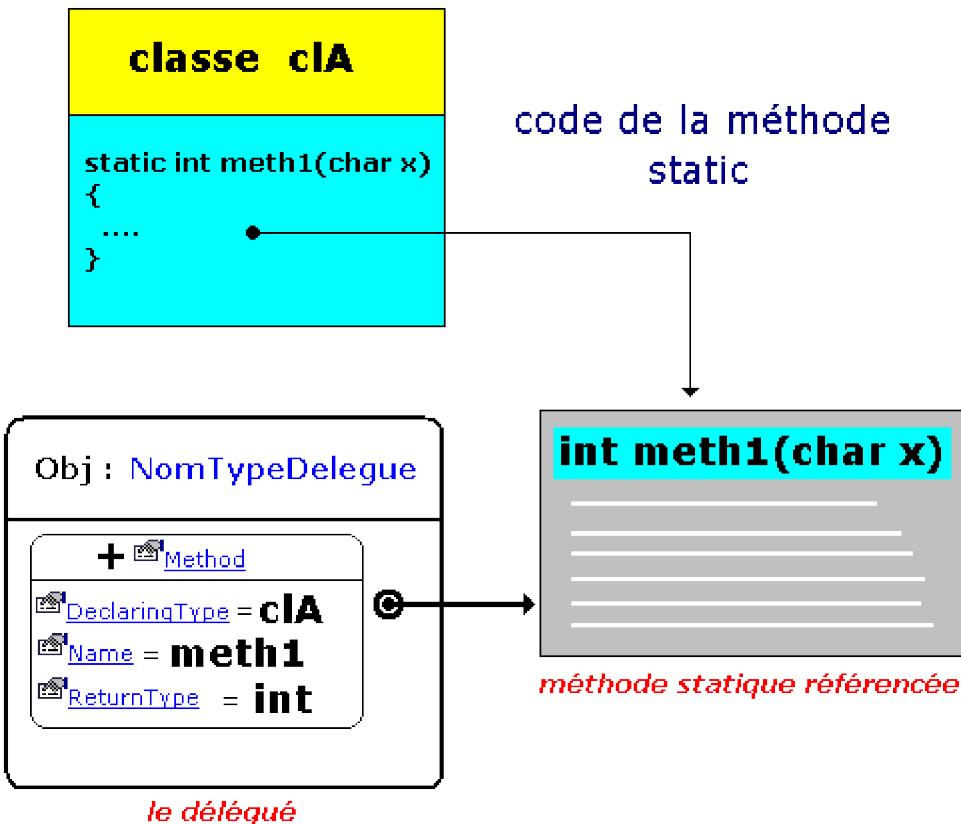
Obtient la méthode static représentée par le délégué.

<a href="#">CallingConvention</a> (hérité de <a href="#">MethodBase</a> )	Obtient une valeur indiquant les conventions d'appel de cette méthode.
<a href="#">DeclaringType</a> (hérité de <a href="#">MemberInfo</a> )	Obtient la classe qui déclare ce membre.
<a href="#">Name</a> (hérité de <a href="#">MemberInfo</a> )	Obtient le nom de ce membre.
<a href="#">ReturnType</a>	Obtient le type de retour de cette méthode.

Ces propriétés sont des membres de la propriété **Method** qui est applicable uniquement lorsque le délégué en cours référence une méthode de classe (qualifiée **static**).



Nous illustrons dans la figure ci-après, dans le cas d'une méthode de classe, l'utilisation des propriétés **Name**, **DeclaringType** et **ReturnType** membres de la propriété **Method** :



Nous obtenons ainsi des informations sur le **nom**, le **type** du résultat et la **classe** de la méthode **static** pointée par le délégué.

Source complet exécutable d'un exemple d'information sur la méthode de classe référencée :

```
namespace PrDelegate {
    delegate string Deleguer1 ( int x );

    class ClasseA {
        static string Fonc1 ( int x ) {
            return ( x * 10 ).ToString ();
        }
    }

    static void Main ( string [ ] args ) {
        System .Console.WriteLine ("\nLe délégué référence Fonc1 :");
        Deleguer1 FoncDeleg1 = new Deleguer1 ( Fonc1 );
        System .Console.WriteLine ( "nom : "+FoncDeleg1.Method.Name );
        System .Console.WriteLine ( "classe : "+FoncDeleg1.Method.DeclaringType.ToString() );
        System .Console.WriteLine ( "retour : "+FoncDeleg1.Method.ReturnType.ToString() );
        System .Console.ReadLine ();
    }
}
```

Résultats d'exécution sur la console :

```

D:\CsBuilder\Delegates\bin\Debug\PrD
Le délégué référence Fonc1 :
nom : Fonc1
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.String

```

## 1.4 Délégué et méthodes d'instance - définition

Outre une méthode de classe, un délégué peut pointer aussi vers une méthode d'instance(une méthode d'un objet). Le fonctionnement (déclaration, instanciation, utilisation) est identique à celui du référencement d'une méthode de classe, avec syntaxiquement l'obligation, lors de l'instanciation du délégué, d'indiquer le nom de l'objet ainsi que le nom de la méthode **Obj.Méthode** (similitude avec le pointeur de méthode en Delphi).

Ci-dessous la syntaxe d'un exemple de déclaration de classe délégation pour une méthode d'instance, nous devons :

1°) Déclarer ne classe contenant une méthode public

```

class clA {
    public int meth1(char x){ .... }
}

```

2°) Déclarer un type délégation

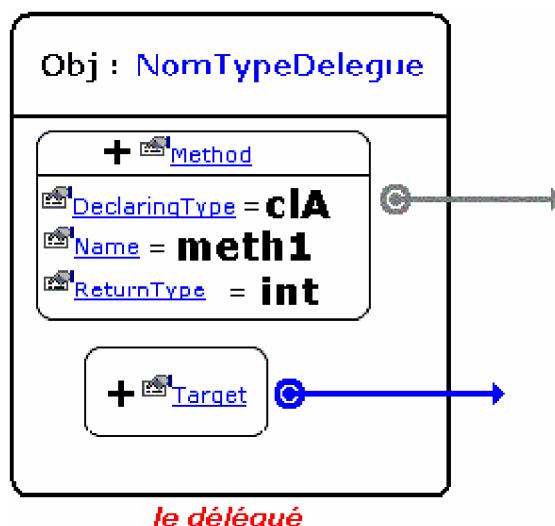
```
delegate int Deleguer( char x );
```

3°) Instancier un objet de la classe clA

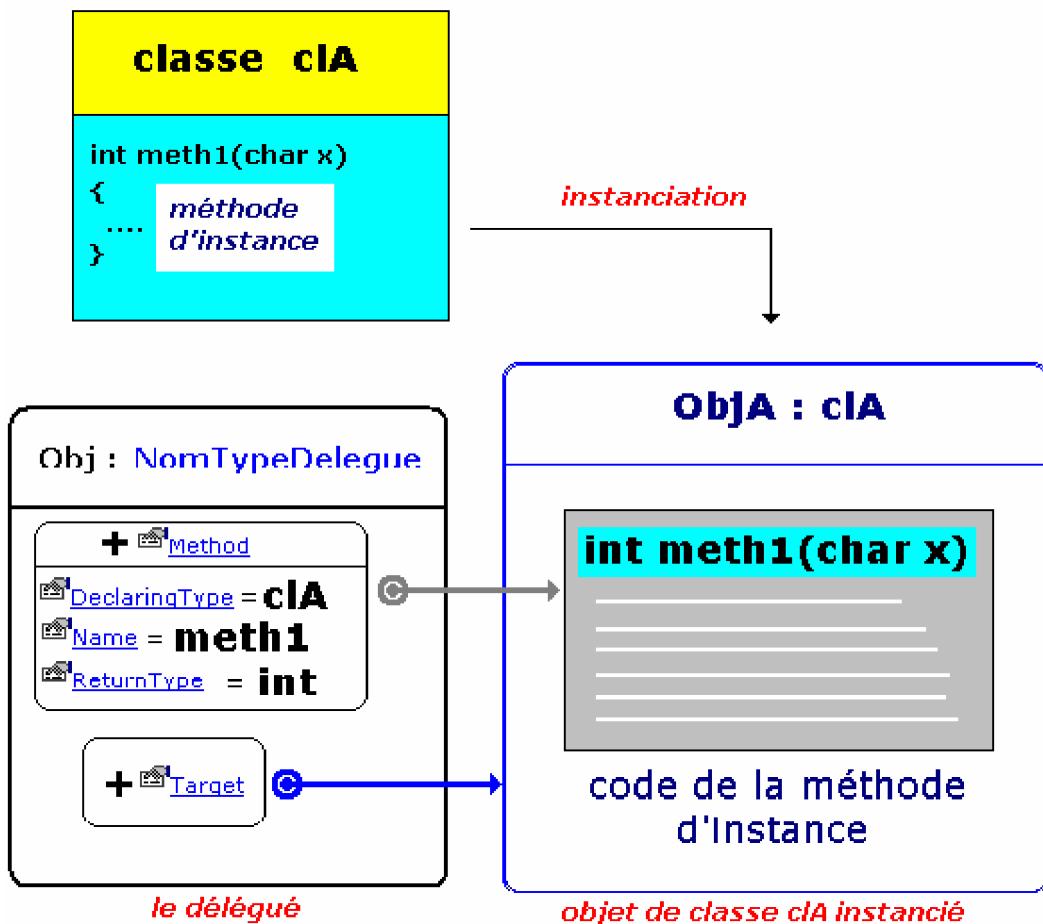
```
clA ObjA = new clA();
```

4°) Instancier à partir de la classe Deleguer un délégué

```
Deleguer FoncDeleg = new Deleguer ( ObjA.meth1 );
```



Nous illustrons dans la figure ci-après, dans le cas d'une méthode d'instance, l'utilisation de membres de la propriété **Method** et de la propriété **Target** :



Source complet exécutable d'un exemple d'information sur la méthode d'instance référencée :

```
namespace PrDelegate {

delegate int Deleguer ( char x );

class ClasseA {
    public int meth1 ( char x ) {
        return x ;
    }

    static void Main ( string [ ] args ) {
        ClasseA ObjX , ObjA = new ClasseA( );
        System .Console.WriteLine ("Un délégué référence ObjA.meth1 :");
        Deleguer FoncDeleg = new Deleguer ( ObjA.meth1 );
        ObjX = (ClasseA)FoncDeleg.Target;
        if (ObjX.Equals(ObjA))
            System.Console.WriteLine ("Target référence bien ObjA");
        else System.Console.WriteLine ("Target ne référence pas ObjA");
        System.Console.WriteLine ( "\nnom :" +FoncDeleg.Method.Name );
        System.Console.WriteLine ( "classe :" + FoncDeleg.Method.DeclaringType.ToString( ) );
        System.Console.WriteLine ( "retour :" +FoncDeleg.Method.ReturnType.ToString( ) );
        System.Console.ReadLine ( );
    }
}
```

Résultats d'exécution sur la console :

```
D:\CsBuilder\Delegates\bin\Debug\PrDelegate.exe
Un délégué référence ObjA.meth1 :
Target référence bien ObjA

nom : meth1
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
```

Dans le programme précédent, les lignes de code suivantes :

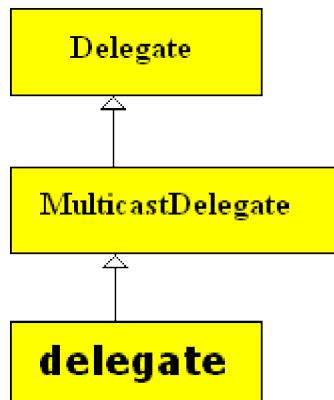
```
ObjX = (ClasseA)FoncDeleg.Target ;
if (ObjX.Equals(ObjA))
    System.Console.WriteLine ("Target référence bien ObjA") ;
else System.Console.WriteLine ("Target ne référence pas ObjA") ;
```

servent à faire "pointer" la référence *ObjX* vers l'objet vers lequel pointe *FoncDeleg.Target*. La référence de cet objet est transotypée car *ObjX* est de type *ClasseA*, *FoncDeleg.Target* est de type *Object* et le compilateur n'accepterait pas l'affectation *ObjX = FoncDeleg.Target*. Le test *if (ObjX.Equals(ObjA))...* permet de nous assurer que les deux références *ObjX* et *ObjA* pointent bien vers le même objet.

### 1.5 Plusieurs méthodes pour le même délégué

C# autorise le référencement de plusieurs méthodes par le même délégué, nous utiliserons le vocabulaire de délégué multicast pour bien préciser qu'il référence plusieurs méthodes. Le délégué multicast conserve les référencements dans une liste d'objet. Les méthodes ainsi référencées peuvent chacune être **du genre méthode de classe ou méthode d'instance**, elles doivent avoir la même signature.

Rappelons qu'un type délégué multicast est une classe qui hérite intrinsèquement de la classe **MulticastDelegate** :



La documentation de .Net Framework indique que la classe *MulticastDelegate* contient en particulier trois champs privés :

```
Object _target ;
Int32 _methodPtr ;
```

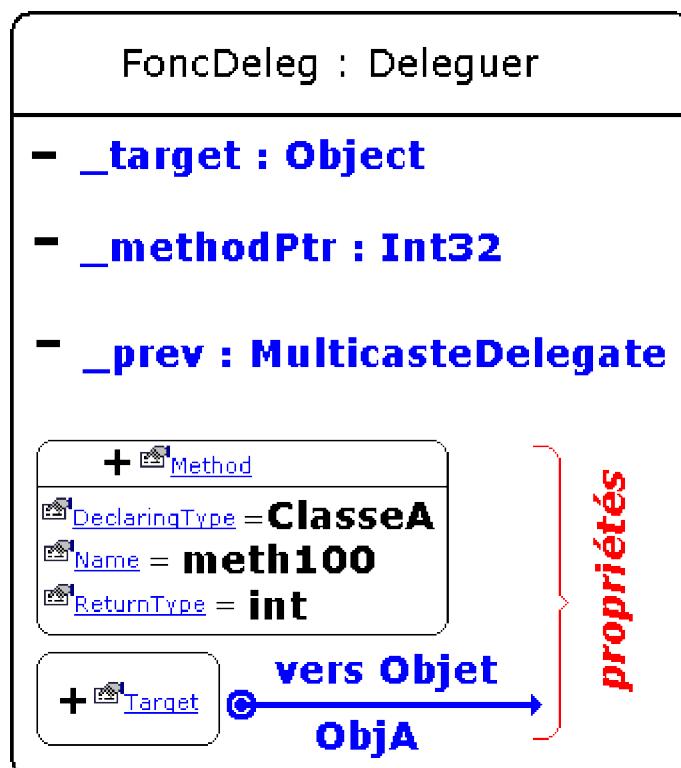
```
MulticasteDelegate _prev ;
```

Le champ `_prev` est utilisé pour maintenir une liste de MulticasteDelegate

Lorsque nous déclarons un programme comme celui-ci :

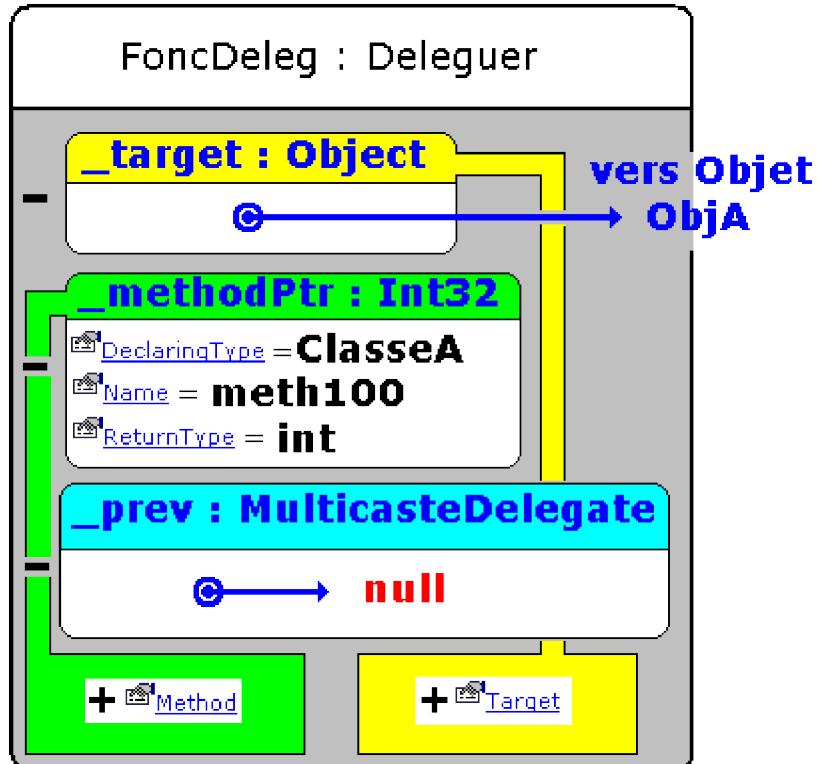
```
delegate int Deleguer ( char x );  
  
class ClasseA {  
    public int meth100 ( char x ) {  
        System.Console.WriteLine ("Exécution de meth100(\""+x+"\")");  
        return x+100 ;  
    }  
    static void Main ( string [] args ) {  
        ClasseA ObjA = new ClasseA();  
        Deleguer FoncDeleg = new Deleguer ( ObjA.meth100 );  
    }  
}
```

Lors de l'exécution, nous avons vu qu'il y a création d'un `ObjA` de `ClasseA` et création d'un objet délégué `FoncDeleg`, les propriétés **Method** et **Target** sont automatiquement initialisées par le compilateur :



En fait, ce sont les champs privés qui sont initialisés et les propriétés `Method` et `Target` qui sont en lecture seulement, lisent les contenus respectifs de `_methodPtr` et de `_target`; le champ `_prev` est pour l'instant mis à `null`, enfin la méthode `meth100(...)` est actuellement en tête de liste.

Figure virtuelle de l'objet délégué à ce stade :



Il est possible d'ajouter une nouvelle méthode meth101(...) au délégué qui va la mettre en tête de liste à la place de la méthode meth100(...) qui devient le deuxième élément de la liste. C# utilise l'opérateur d'addition pour implémenter l'ajout d'une nouvelle méthode au délégué. Nous étendons le programme précédent :

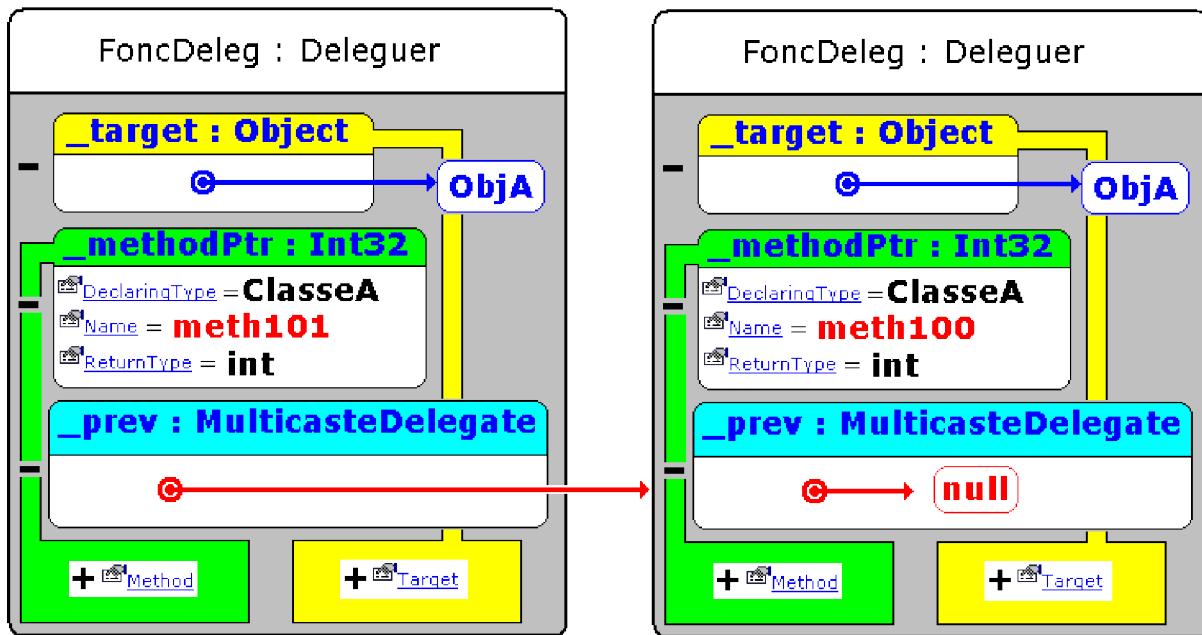
```

delegate int Deleguer ( char x );

class ClasseA {
    public int meth100 ( char x ) {
        System.Console.WriteLine ("Exécution de meth100(\"+x+\")");
        return x+100 ;
    }
    public int meth101 ( char x ) {
        System.Console.WriteLine ("Exécution de meth101(\"+x+\")");
        return x+101 ;
    }
    static void Main ( string [] args ) {
        ClasseA ObjA = new ClasseA();
        //-- meth100 est en tête de liste :
        Deleguer FoncDeleg = new Deleguer ( ObjA.meth100 );
        // meth101 est ajoutée en tête de liste devant meth100 :
        FoncDeleg = FoncDeleg + new Deleguer ( ObjA.meth101 );
    }
}

```

Figure virtuelle de l'objet délégué à cet autre stade :



C# permet de consulter et d'utiliser si nous le souhaitons toutes les référencement de méthodes en nous renvoyant la liste dans une tableau de référence de type **Delegate** grâce à la méthode **GetInvocationList**. Le source ci-dessous retourne dans le tableau Liste, la liste d'appel dans l'ordre d'appel, du délégué FoncDeleg :

```
Delegate[ ] Liste = FoncDeleg.GetInvocationList( );
```

### 1.6 Exécution des méthodes d'un délégué multicast - Exemple de code

Lorsque l'on invoque le délégué sur un paramètre effectif, C# appelle et exécute séquentiellement les méthodes contenues dans la liste jusqu'à épuisement. **L'ordre d'appel est celui du stockage** : la première stockée est exécutée en premier, la suivante après, **la dernière méthode ajoutée est exécutée en dernier**, s'il y a un **résultat de retour, c'est celui de la dernière méthode ajoutée qui est renvoyé**, les autres résultats de retour sont ignorés. L'exemple ci-dessous reprend les notions que nous venons d'exposer.

Source complet exécutable d'un exemple de délégué multicast :

```
namespace PrDelegate {
    delegate int Deleguer ( char x );
    class ClasseA {
        public int champ;
        public int meth100 ( char x ) {
            System.Console.WriteLine ("Exécution de meth100(\""+x+"\")");
            return x+100 ;
        }
        public int meth101 ( char x ) {
            System.Console.WriteLine ("Exécution de meth101(\""+x+"\")");
            return x+101 ;
        }
        public int meth102 ( char x ) {
            System.Console.WriteLine ("Exécution de meth102(\""+x+"\")");
            return x+102 ;
        }
    }
}
```

```

System.Console.WriteLine ("Exécution de meth102(\""+x+"\")");
return x+102 ;
}
public static int meth103 ( char x ) {
System.Console.WriteLine ("Exécution de meth103(\""+x+"\")");
return x+103 ;
}

static void Main ( string [] args ) {
System.Console.WriteLine ("Un délégué référence ObjA.meth1 : ");
ClasseA ObjX , ObjA = new ClasseA( );
-- instantiation du délégué avec ajout de 4 méthodes :
Deleguer FoncDeleg = new Deleguer ( ObjA.meth100 ) ;
FoncDeleg += new Deleguer ( ObjA.meth101 ) ;
FoncDeleg += new Deleguer ( ObjA.meth102 ) ;
FoncDeleg += new Deleguer ( meth103 ) ;

--la méthode meth103 est en tête de liste :
ObjX = (ClasseA)FoncDeleg.Target ;
if (ObjX == null) System.Console.WriteLine ("Méthode static, Target = null") ;
else if (ObjX.Equals(ObjA))System .Console.WriteLine ("Target référence bien ObjA") ;
else System.Console.WriteLine ("Target ne référence pas ObjA") ;
System.Console.WriteLine ( "\nnom :" +FoncDeleg.Method.Name ) ;
System.Console.WriteLine ( "classe :" +FoncDeleg.Method.DeclaringType.ToString() ) ;
System.Console.WriteLine ( "retour :" +FoncDeleg.Method.ReturnType.ToString() );

--Appel du délégué sur le paramètre effectif 'a' :
ObjA.champ = FoncDeleg('a'); //code ascii 'a' = 97
System.Console.WriteLine ( "\nvaleur du champ :" +ObjA.champ) ;
System.Console.WriteLine ( "-----" ) ;

-- Parcours manuel de la liste des méthodes référencées :
Delegate[ ] Liste = FoncDeleg.GetInvocationList( ) ;
foreach ( Delegate Elt in Liste )
{
    ObjX = (ClasseA)Elt.Target ;
    if (ObjX == null) System.Console.WriteLine ("Méthode static, Target = null") ;
    else if (ObjX.Equals(ObjA))System .Console.WriteLine ("Target référence bien ObjA") ;
    else System.Console.WriteLine ("Target ne référence pas ObjA") ;
    System.Console.WriteLine ( "\nnom :" +Elt.Method.Name ) ;
    System.Console.WriteLine ( "classe :" +Elt.Method.DeclaringType.ToString() ) ;
    System.Console.WriteLine ( "retour :" +Elt.Method.ReturnType.ToString() ) ;
    System.Console.WriteLine ( "-----" ) ;
}
System.Console.ReadLine () ;
}
}
}

```

Résultats d'exécution sur la console :

```

D:\CsBuilder\Delegates\bin\Debug\PrDelegate.exe
Un délégué référence ObjA.meth1 :
Méthode static, Target = null

nom : meth103
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
Exécution de meth100('a')
Exécution de meth101('a')
Exécution de meth102('a')
Exécution de meth103('a')

valeur du champ : 200
-----
Target référence bien ObjA

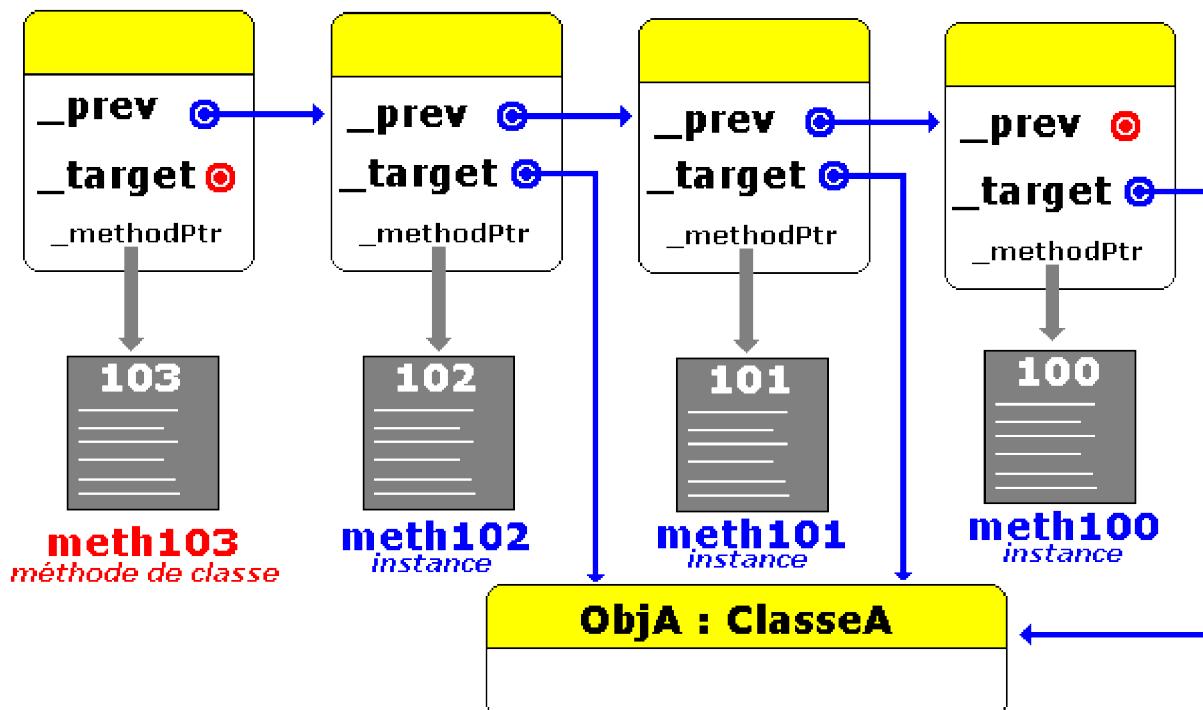
nom : meth100
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
-----
Target référence bien ObjA

nom : meth101
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
-----
Target référence bien ObjA

nom : meth102
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
-----
Méthode static, Target = null

nom : meth103
classe : PrDelegate.ClasseA
retour : System.Int32
-----
```

Nous voyons bien que le délégué **FoncDeleg** contient la liste des référencements des méthodes meth100, meth101, meth102 et meth103 ordonné comme figuré ci-dessous :



Remarquons que le premier objet de la liste est une référence sur une méthode de classe, la propriété Target renvoie la valeur **null** (le champ \_target est à **null**).

La méthode de classe meth103 ajoutée en dernier est bien en tête de liste :

```
Un délégué référence ObjA.meth1 :  
Méthode static, Target = null  
  
nom : meth103  
classe : PrDelegate.ClasseA  
retour : System.Int32
```

L'invocation du délégué lance l'exécution séquentielle des 4 méthodes :

```
Exécution de meth100('a')  
Exécution de meth101('a')  
Exécution de meth102('a')  
Exécution de meth103('a')
```

et le retour du résultat est celui de meth103('a') :

```
valeur du champ : 200
```

Le parcours manuel de la liste montre bien que ce sont des objets de type **Delegate** qui sont stockés et que l'on peut accéder entre autre possibilités, à leurs propriétés :

```
Target référence bien ObjA  
  
nom : meth100  
classe : PrDelegate.ClasseA  
retour : System.Int32  
  
Target référence bien ObjA  
  
nom : meth101  
classe : PrDelegate.ClasseA  
retour : System.Int32  
  
Target référence bien ObjA  
  
nom : meth102  
classe : PrDelegate.ClasseA  
retour : System.Int32  
  
Méthode static, Target = null  
  
nom : meth103  
classe : PrDelegate.ClasseA  
retour : System.Int32
```

# Les exceptions en



---

Plan général: [Table des matières](#)

## 1. Les exceptions : syntaxe, rôle, classes

- 1.1 Comment gérer une exception dans un programme
- 1.2 Principe de fonctionnement de l'interception

## 2. Interception d'exceptions hiérarchisées

- 2.1 Interceptions de plusieurs exceptions
- 2.2 Ordre d'interception d'exceptions hiérarchisées

## 3. Redéclenchement d'une exception mot-clé : throw

- 3.1 Déclenchement manuel d'une exception de classe déjà existante
- 3.2 Déclenchement manuel d'une exception personnalisée

## 4. Clause finally

## 5. Un exemple de traitement d'exceptions sur des fichiers

## 6. Une solution de l'exemple précédent en C#

# 1. Les exceptions : syntaxe, rôle, classes

Rappelons au lecteur que la sécurité de fonctionnement d'une application peut être rendue instable par toute une série de facteurs :

Des problèmes liés au matériel : par exemple la perte subite d'une connexion à un port, un disque défectueux... Des actions imprévues de l'utilisateur, entraînant par exemple une division par zéro... Des débordements de stockage dans les structures de données...

Toutefois les faiblesses dans un logiciel pendant son exécution, peuvent survenir : lors des entrées-sorties, lors de calculs mathématiques interdits (comme la division par zéro), lors de fausses manoeuvres de la part de l'utilisateur, ou encore lorsque la connexion à un périphérique est inopinément interrompue, lors d'actions sur les données. Le logiciel doit donc se "**défendre**" contre de tels incidents potentiels, nous nommerons cette démarche la programmation défensive !

## Programmation défensive

La **programmation défensive** est une attitude de pensée consistant à prévoir que le logiciel sera soumis à des défaillances dues à certains paramètres externes ou internes et donc à prévoir une réponse adaptée à chaque type de situation.

En programmation défensive il est possible de protéger directement le code à l'aide de la notion d'exception. L'objectif principal est d'améliorer la qualité de "**robustesse**" (définie par B.Meyer) d'un logiciel. L'utilisation des exceptions avec leur mécanisme intégré, autorise la construction rapide et efficace de logiciels robustes.

## Rôle d'une exception

Une exception est chargée de signaler un comportement **exceptionnel** (mais prévu) d'une partie spécifique d'un logiciel. Dans les langages de programmation actuels, les exceptions font partie du langage lui-même. C'est le cas de C# qui intègre **les exceptions comme une classe particulière**: la classe **Exception**. Cette classe contient un nombre important de classes dérivées.

## Comment agit une exception

Dès qu'une erreur se produit comme un manque de mémoire, un calcul impossible, un fichier inexistant, un transtypage non valide,..., **un objet de la classe adéquate dérivée de la classe Exception est instancié**. Nous dirons que le logiciel "**déclenche une exception**".

### 1.1 Comment gérer une exception dans un programme

#### Programme sans gestion de l'exception

Soit un programme C# contenant un incident d'exécution (une division par zéro dans l'instruction  $x = 1/0;$ ) dans la méthode meth() de la classe Action1, cette méthode est appelée dans la classe UseAction1 à travers un objet de classe Action1 :

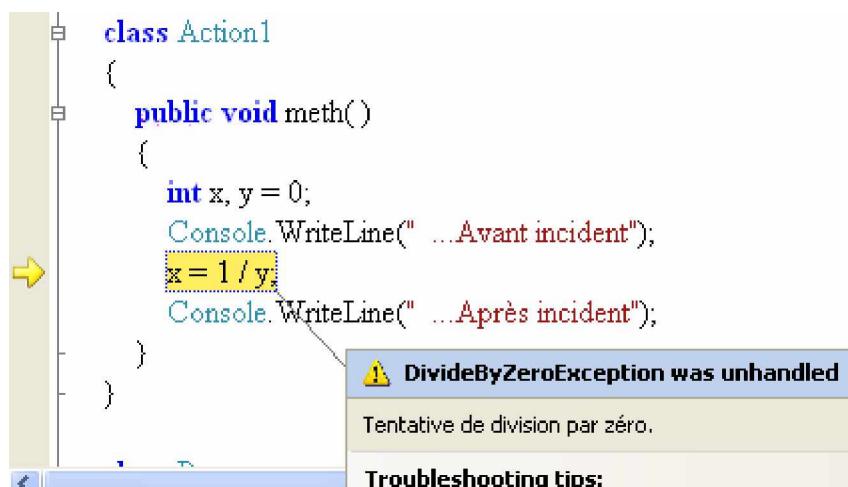
```

class Action1 {
    public void meth()
    {
        int x, y = 0;
        Console.WriteLine(" ...Avant incident");
        x = 1 / y;
        Console.WriteLine(" ...Après incident");
    }
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action1 Obj = new Action1();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        Obj.meth();
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}

```

Lors de l'exécution, après avoir affiché les chaînes "**Début du programme**" et "**...Avant incident**", le programme s'arrête et le CLR signale une erreur. Voici ci-dessous l'affichage obtenu dans Visual C# :



**Sur la console l'affichage est le suivant :**

**Début du programme.  
...Avant incident.**

*Le programme s'est arrêté à cet endroit et ne peut plus poursuivre son exécution.*

**Que s'est-il passé ?**

La méthode Main :

- a instancié un objet Obj de classe Action1,
- a affiché sur la console la phrase "**Début du programme**",
- a invoqué la méthode meth() de l'objet Obj,
- a affiché sur la console la phrase "**...Avant incident**",
- a exécuté l'instruction "x = 1/0;"

Dès que l'instruction "x = 1/0;" a été exécutée celle-ci a provoqué un incident. **En fait une exception de la classe DivideByZeroException a été "levée" (un objet de cette classe a été instancié) par le CLR**, cette classe hérite de la classe ArithmeticException selon la hiérarchie d'héritage suivante de .Net Framework :

```
System.Object
  |__System.Exception
    |__System.SystemException
      |__System.ArithmeticException
        |__System.DivideByZeroException
```

La classe mère de **toutes** les exceptions de .Net Framework est la classe **Exception**.

Le CLR a arrêté le programme immédiatement à cet endroit parce qu'elle n'a pas trouvé de code d'interception de cette exception qu'il a levée automatiquement :

```
class Action1 {
    public void meth()
    {
        int x, y=0;
        Console.WriteLine("...Avant incident");
        x = 1 / y; ↓
        Console.WriteLine("...Après incident");
    }
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action1 Obj = new Action1();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        Obj.meth(); ↓
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}
```

Nous allons voir comment intercepter (on dit aussi "attraper" - to catch) cette exception afin de faire réagir notre programme pour qu'il ne s'arrête pas brutalement.

### Programme avec gestion de l'exception

C# possède une instruction qui permet d'intercepter des exceptions dérivant de la classe Exception :

**try ... catch**

On dénomme cette instruction : un gestionnaire d'exceptions. Syntaxe **minimale** d'un tel gestionnaire try ... catch :

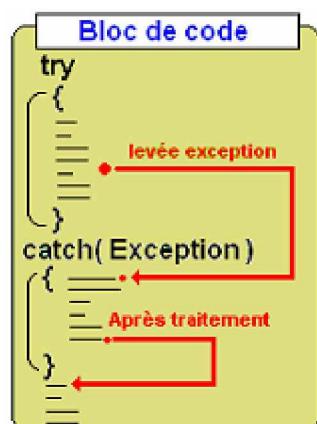
```

try {
    <lignes de code à protéger>
}catch ( UneException ) {
    <lignes de code réagissant à l'exception UneException >
}

```

Le type **UneException** est obligatoirement une classe qui **hérite de la classe Exception**.

Schéma du fonctionnement d'un tel gestionnaire :



Le gestionnaire d'exception "déroute" l'exécution du programme vers le bloc d'interception catch qui traite l'exception (exécute le code contenu dans le bloc catch), puis renvoie et continue l'exécution du programme vers le code situé après le gestionnaire lui-même.

## 1.2 Principe de fonctionnement de l'interception

Dès qu'une **exception est levée** (instanciée), le CLR **stoppe immédiatement** l'exécution normale du programme à la **recherche d'un gestionnaire** d'exception susceptible d'intercepter (saisir) et de traiter cette exception. Cette recherche s'effectue à partir du **bloc englobant** et se poursuit sur les blocs plus englobants si aucun gestionnaire de **cette exception** n'a été trouvé.

Soit le même programme C# que précédemment, contenant un incident d'exécution (une division par zéro dans l'instruction  $x = 1/0;$ ). Cette fois nous allons gérer l'incident grâce à un gestionnaire d'exception **try..catch** dans le bloc englobant immédiatement supérieur.

### Programme avec traitement de l'incident par try...catch :

```

class Action1 {
    public void meth()
    {
        int x, y =0;
        Console.WriteLine(" ...Avant incident");
        x = 1 / y;
        Console.WriteLine(" ...Après incident");
    }
}

```

```

        }
    }

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action1 Obj = new Action1();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        try
        {
            Obj.meth();
        }
        catch (DivideByZeroException)
        {
            Console.WriteLine("Interception exception");
        }
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}

```

Figuration du déroulement de l'exécution de ce programme :

```

class Action1 {
    public void meth()
    {
        int x, y=0;
        Console.WriteLine(" ...Avant incident");
        x = 1 / y;           ← engendre une exception
        Console.WriteLine(" ...Après incident");
    }
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action1 Obj = new Action1();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        try
        {
            Obj.meth();          ← levée d'une DivideByZeroException
        }
        catch (DivideByZeroException) ←
        {
            Console.WriteLine("Interception exception"); ← traitement puis
        }
        Console.WriteLine("Fin du programme.");   ← poursuite
                                            de l'exécution
    }
}

```

Ci-dessous l'affichage obtenu sur la console lors de l'exécution de ce programme :

**Début du programme.**  
**...Avant incident**  
**Interception exception**  
**Fin du programme.**

- Nous remarquons que le CLR a donc bien exécuté le code d'interception situé dans le corps du "**catch** (`DivideByZeroException`){}...", il a poursuivi l'exécution normale après le gestionnaire.
- Le gestionnaire d'exception se situe dans la méthode Main (code englobant) qui appelle la méthode meth() qui lève l'exception.

Il est aussi possible d'atteindre l'objet d'exception qui a été instancié (ou levé) en déclarant un identificateur local au bloc catch du gestionnaire d'exception try ... catch, cet objet est disponible dans tout le corps de la clause catch. Dans l'exemple qui suit, on déclare un objet Except de classe `DivideByZeroException` et l'on lit le contenu de deux de ses propriétés

**Message** et **Source** :

```
try{
    Obj.meth();
}
catch ( DivideByZeroException Except ) {
    // accès aux membres publiques de l'objet Except :
    Console.WriteLine("Interception exception message : " + Except.Message);
    Console.WriteLine("Interception exception source : " + Except.Source);
    ....
}
```

## 2. Interception d'exceptions hiérarchisées

### 2.1 Interceptions de plusieurs exceptions

Dans un gestionnaire try...catch, il est en fait possible d'intercepter plusieurs types d'exceptions différentes et de les traiter.

Ci-après nous montrons la syntaxe d'un tel gestionnaire qui fonctionne comme un sélecteur ordonné, ce qui signifie qu'**une seule clause d'interception est exécutée**.

Dès qu'une exception intervient dans le <bloc de code à protéger>, le CLR scrute séquentiellement toutes les clauses **catch** de la première jusqu'à la dernière. Si l'exception actuellement levée est d'un des types présents dans la liste des clauses le traitement associé est effectué, la scrutation est abandonnée et le programme poursuit son exécution après le gestionnaire.

```
try {
    <bloc de code à protéger>
}
catch ( TypeException1 E ) { <Traitement TypeException1 > }
catch ( TypeException2 E ) { <Traitement TypeException2 > }
....
catch ( TypeExceptionn E ) { <Traitement TypeExceptionn > }
```

Où TypeException1, TypeException12, ..., TypeExceptionn sont des classes d'exceptions obligatoirement toutes **distinctes**.

Seule une seule clause **catch** ( TypeException E ) { ... } est exécutée ( celle qui correspond au bon type de l'objet d'exception instancié ).

### Exemple théorique :

Soit **SystemException** la classe des exceptions prédéfinies dans le nom d'espace System de .Net Framework, **InvalidCastException**, **IndexOutOfRangeException**, **NullReferenceException** et **ArithmeticalException** sont des classes dérivant directement de la classe **SystemException**.

Supposons que la méthode meth() de la classe Action2 puisse lever quatre types différents d'exceptions: **InvalidCastException**, **IndexOutOfRangeException**, **NullReferenceException** et **ArithmeticalException**.

Notre gestionnaire d'exceptions est programmé pour intercepter l'une de ces 4 catégories. Nous figurons ci-dessous les trois schémas d'exécution correspondant chacun à la levée (l'instanciation d'un objet) d'une exception de l'un des trois types et son interception :

```
class Action2 {
    public void meth()
    {
        // une exception est levée ....
    }
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action2 Obj = new Action2();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        try
        {
            Obj.meth();
        }
        catch ( InvalidCastException E )
        {
            Console.WriteLine("Interception InvalidCastException");
        }
        catch ( IndexOutOfRangeException E )
        {
            Console.WriteLine("Interception IndexOutOfRangeException ");
        }
        catch ( NullReferenceException E )
        {
            Console.WriteLine("Interception NullReferenceException");
        }
        catch ( ArithmeticalException E )
        {
            Console.WriteLine("Interception ArithmeticalException");
        }
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}
```

Nous figurons ci-après deux schémas d'interception sur l'ensemble des quatre possibles d'une éventuelle exception qui serait levée dans la méthode meth( ) de l'objet Obj.

#### q Schéma d'interception d'une **IndexOutOfRangeException** :

```

static void Main(string[] args)
{
    Action2 Obj = new Action2();
    Console.WriteLine("Début du programme.");
    try
    {
        Obj.meth();          levée d'une IndexOutOfRangeException
    }
    catch ( InvalidCastException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception InvalidCastException");
    }
    catch ( IndexOutOfRangeException E ) ← Traitemen
    {
        Console.WriteLine("Interception IndexOutOfRangeException ");
    }
    catch ( NullReferenceException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception NullReferenceException");
    }
    catch ( ArithmeticException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception ArithmeticException");
    }
    Console.WriteLine("Fin du programme.");
}

```

q Schéma d'interception d'une ArithmeticException :

```

static void Main(string[] args)
{
    Action2 Obj = new Action2();
    Console.WriteLine("Début du programme.");
    try
    {
        Obj.meth();          levée d'une ArithmeticException
    }
    catch ( InvalidCastException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception InvalidCastException");
    }
    catch ( IndexOutOfRangeException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception IndexOutOfRangeException ");
    }
    catch ( NullReferenceException E )
    {
        Console.WriteLine("Interception NullReferenceException");
    }
    catch ( ArithmeticException E ) ← Traitemen
    {
        Console.WriteLine("Interception ArithmeticException");
    }
    Console.WriteLine("Fin du programme.");
}

```

## 2.2 Ordre d'interception d'exceptions hiérarchisées

Dans un gestionnaire **try...catch** comprenant plusieurs clauses, la recherche de la clause **catch** contenant le traitement de la classe d'exception appropriée, s'effectue séquentiellement dans l'ordre d'écriture des lignes de code.

Soit le pseudo-code C# suivant :

```
try {  
    <bloc de code à protéger générant un objet exception>  
}  
catch ( TypeException1 E ) { <Traitement TypeException1 > }  
catch ( TypeException2 E ) { <Traitement TypeException2 > }  
....  
catch ( TypeExceptionn E ) { <Traitement TypeExceptionn > }
```

La recherche va s'effectuer comme si le programme contenait des **if...else if...** imbriqués :

```
if (<Objet exception> is TypeException1) { <Traitement TypeException1 > }  
else if (<Objet exception> is TypeException2) { <Traitement TypeException2 > }  
....  
else if (<Objet exception> is TypeExceptionn) { <Traitement TypeExceptionn > }
```

Les tests sont effectués sur l'appartenance de l'objet d'exception à une classe à l'aide de l'opérateur **is**.

Signalons que l'opérateur **is** agit sur une classe et ses classes filles (sur une hiérarchie de classes), c'est à dire que tout objet de classe TypeExceptionX est aussi considéré comme un objet de classe parent au sens du test d'appartenance en particulier cet objet de classe TypeExceptionX est aussi considéré objet de classe Exception qui est la classe mère de toutes les exceptions C#.

Le test d'appartenance de classe dans la recherche d'une clause **catch** fonctionne d'une façon identique à l'opérateur **is** dans les **if...else**

On choisira donc, lorsqu'il y a une hiérarchie entre les exceptions à interceppter, de placer le code de leurs gestionnaires dans l'ordre inverse de la hiérarchie.

**Exemple** : Soit une hiérarchie d'exceptions de C#

```
System.Exception  
|__System.SystemException  
    |__System.InvalidCastException  
    |__System.IndexOutOfRangeException  
    |__System.NullReferenceException  
    |__System.ArithmeticException
```

Soit le modèle de gestionnaire d'interception déjà fourni plus haut :

```
try { <bloc de code à protéger générant un objet exception> }  
catch (InvalidCastException E ) { <Traitement InvalidCastException > }  
catch ( IndexOutOfRangeException E ) { <Traitement IndexOutOfRangeException > }  
catch ( NullReferenceException E ) { <Traitement NullReferenceException > }
```

```
catch (ArithmeticException E) { <Traitement ArithmeticException> }
```

Supposons que nous souhaitions intercepter une cinquième classe d'exception, par exemple une `DivideByZeroException`, nous devons rajouter une clause :

```
catch (DivideByZeroException E) { <Traitement DivideByZeroException> }
```

Insérons cette clause en dernier dans la liste des clauses d'interception :

```
try
{
    Obj.meth();
}
catch ( InvalidCastException E )
{
    Console.WriteLine("Interception InvalidCastException");
}
catch ( IndexOutOfRangeException E )
{
    Console.WriteLine("Interception IndexOutOfRangeException ");
}
catch ( NullReferenceException E )
{
    Console.WriteLine("Interception NullReferenceException");
}
catch ( ArithmeticException E )
{
    Console.WriteLine("Interception ArithmeticException");
}
catch ( DivideByZeroException E )
{
    Console.WriteLine("Interception DivideByZeroException ");
}
Console.WriteLine("Fin du programme.");
}
```

Nous lançons ensuite la compilation de cette classe et nous obtenons un message d'erreur :

**Error 1 : Une clause catch précédente intercepte déjà toutes les expressions de this ou d'un super type ('System.ArithmeticException')**

Le compilateur proteste à partir de la clause `catch (DivideByZeroException E)` en nous indiquant que l'exception est déjà interceptée.

## Que s'est-il passé ?

Le fait de placer en premier la clause `catch (ArithmeticException E)` chargée d'intercepter les exceptions de classe `ArithmeticException` implique que n'importe quelle exception héritant de `ArithmeticException` comme par exemple `DivideByZeroException`, est considérée comme une `ArithmeticException`. Dans un tel cas cette `DivideByZeroException` est interceptée par la clause `catch (ArithmeticException E)` mais elle **n'est jamais** interceptée par la clause `catch (DivideByZeroException E)`.

Le seul endroit où le compilateur C# acceptera l'écriture de la `catch (DivideByZeroException E)` se situe dans cet exemple **avant la clause catch (ArithmeticException E)**. Ci-dessous l'écriture d'un programme correct :

```

try
{
    Obj.meth();
}
catch ( InvalidCastException E )
{
    Console.WriteLine("Interception InvalidCastException");
}
catch ( IndexOutOfRangeException E )
{
    Console.WriteLine("Interception IndexOutOfRangeException ");
}
catch ( NullReferenceException E )
{
    Console.WriteLine("Interception NullReferenceException");
}
catch ( DivideByZeroException E )
{
    Console.WriteLine("Interception DivideByZeroException ");
}
catch ( ArithmeticException E )
{
    Console.WriteLine("Interception ArithmeticException");
}
Console.WriteLine("Fin du programme.");
}

```

Dans ce cas la recherche séquentielle dans les clauses permettra le filtrage correct des classes filles puis ensuite le filtrage des classes mères.

**On choisira donc, lorsqu'il y a une hiérarchie entre les exceptions à intercepter, de placer le code de leurs clauses dans l'ordre inverse de la hiérarchie.**

### 3. Redéclenchement d'une exception mot-clé : throw

Il est possible de déclencher soi-même des exceptions en utilisant l'instruction **throw**, voir même de déclencher des exceptions personnalisées ou non. Une exception personnalisée est une classe héritant de la classe **System.Exception** définie par le développeur lui-même.

#### 3.1 Déclenchement manuel d'une exception de classe déjà existante

Le CLR peut déclencher une exception automatiquement comme dans l'exemple de la levée d'une **DivideByZeroException** lors de l'exécution de l'instruction "x = 1/y ;".

Le CLR peut aussi lever (déclencher) une exception à votre demande suite à la rencontre d'une instruction **throw**. Le programme qui suit lance une **ArithmeticException** avec le message "**Mauvais calcul !**" dans la méthode **meth()** et intercepte cette exception dans le bloc englobant **Main**. Le traitement de cette exception consiste à afficher le contenu du champ message de l'exception grâce à la propriété **Message** de l'exception :

```

class Action3
{
    public void meth()
    {
        int x = 0;
        Console.WriteLine(" ...Avant incident");
        if (x == 0)
            throw new ArithmeticException("Mauvais calcul !");
        Console.WriteLine(" ...Après incident");
    }
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action3 Obj = new Action3();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        try
        {
            Obj.meth();
        }
        catch (ArithmeticException E)
        {
            Console.WriteLine("Interception ArithmeticException : "+E.Message);
        }
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}

```

*Résultats de l'exécution du programme précédent :*

**Début du programme.**

**...Avant incident**

**Interception ArithmeticException : Mauvais calcul !**

**Fin du programme.**

### 3.2 Déclenchement manuel d'une exception personnalisée

Pour une exception personnalisée, le mode d'action est strictement identique, il vous faut seulement auparavant créer une nouvelle classe **héritant obligatoirement de la classe Exception** ou de n'importe laquelle de ses sous-classes.

Reprendons le programme précédent et créons une classe d'exception que nous nommerons **ArithmeticExceptionPerso** héritant de la classe des **ArithmeticException** puis exécutons ce programme :

```

class ArithmeticExceptionPerso : ArithmeticException
{
    public ArithmeticExceptionPerso(String s) : base(s)
    {
    }
}

class Action3
{
    public void meth()
    {
        int x = 0;
        Console.WriteLine(" ...Avant incident");
    }
}

```

```

    if (x == 0)
        throw new ArithmeticExceptionPerso ("Mauvais calcul !");
    Console.WriteLine(" ...Après incident");
}
}

class Program {
    static void Main(string[] args)
    {
        Action3 Obj = new Action3();
        Console.WriteLine("Début du programme.");
        try
        {
            Obj.meth();
        }
        catch (ArithmeticExceptionPerso E)
        {
            Console.WriteLine("Interception ArithmeticExceptionPerso: "+E.Message);
        }
        Console.WriteLine("Fin du programme.");
    }
}

```

**Résultats de l'exécution du programme précédent :**

**Début du programme.**

**...Avant incident**

**Interception ArithmeticExceptionPerso : Mauvais calcul !**

**Fin du programme.**

L'exécution de ce programme est identique à celle du programme précédent, notre exception personnalisée fonctionne bien comme les exceptions prédefinies de C#.

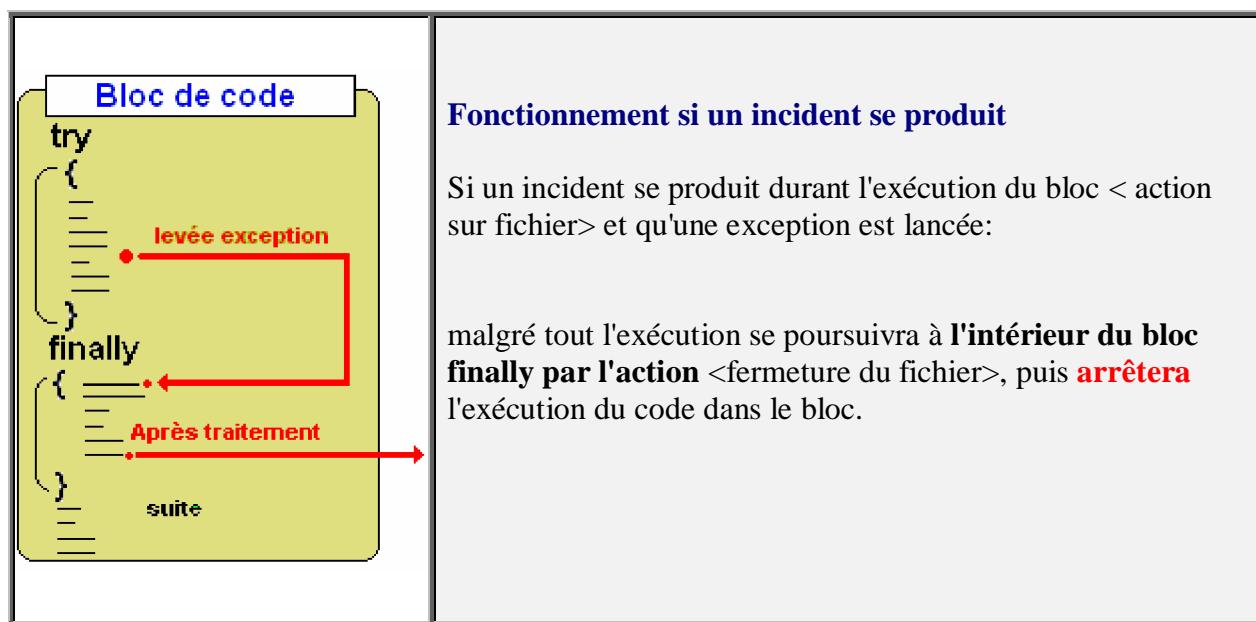
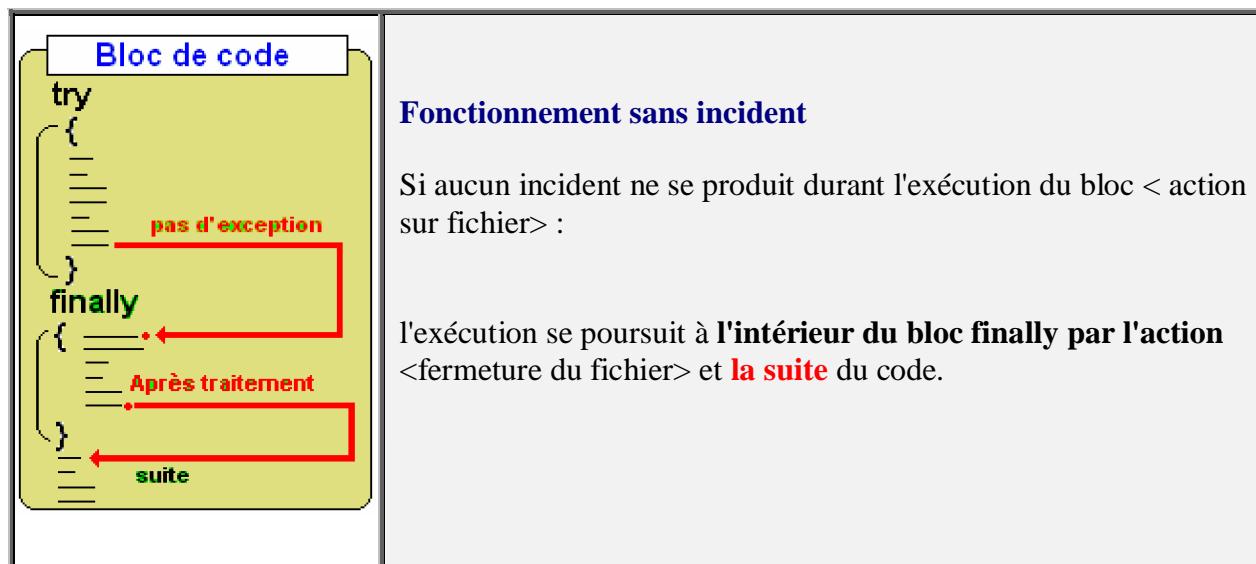
## 4. Clause finally

Supposons que nous soyons en présence d'un code contenant une éventuelle levée d'exception, mais supposons que quoiqu'il se passe nous désirions qu'un certain type d'action ait toujours lieu (comme par exemple fermer un fichier qui a été ouvert auparavant). Il existe en C# une **clause spécifique optionnelle** dans la syntaxe des gestionnaires d'exception permettant ce type de réaction du programme, c'est la clause **finally**. Voici en pseudo C# une syntaxe de cette clause :

```

<Ouverture du fichier>
try {
    < action sur fichier>
}
finally {
    <fermeture du fichier>
}
.... suite

```



La syntaxe C# autorise l'écriture d'une clause **finally** associée à plusieurs clauses **catch** :

```

try {
    <code à protéger>
}
catch (exception1 e) { <traitement de l'exception1> }
catch (exception2 e) { <traitement de l'exception2> }
...
finally { <action toujours effectuée> }

```

**Remarque :**

Si le code du bloc à protéger dans try...finally contient une instruction de rupture de séquence comme break, return ou continue, le code de la clause finally{...} est malgré tout exécuté avant la rupture de séquence.

Nous avons vu lors des définitions des itérations **while**, **for** et de l'instruction **continue**, que l'équivalence suivante entre un **for** et un **while** valide dans le cas général, était mise en défaut si le corps d'instruction contenait un **continue** (instruction forçant l'arrêt d'un tour de boucle et relançant l'itération suivante) :

*Equivalence incorrecte si Instr contient un continue :*

```
Expr1 ;
while ( Expr2 )
{ Instr ;
  Expr3
}
```

**for (Expr1 ; Expr2 ; Expr3) Instr**

*Equivalence correcte même si Instr contient un continue :*

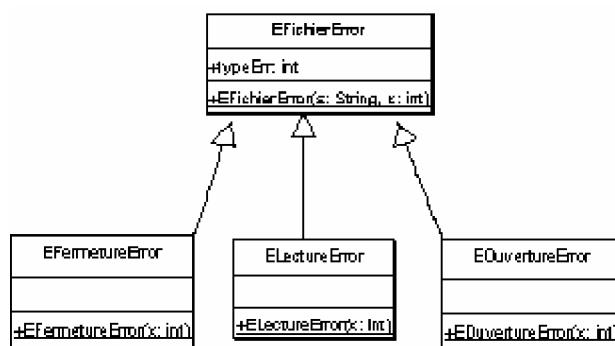
```
Expr1 ;
while ( Expr2 )
{
try {
  Instr ;
} finally {
  Expr3
}
}
```

**for (Expr1 ; Expr2 ; Expr3) Instr**

## 5. Un exemple de traitement d'exceptions sur des fichiers

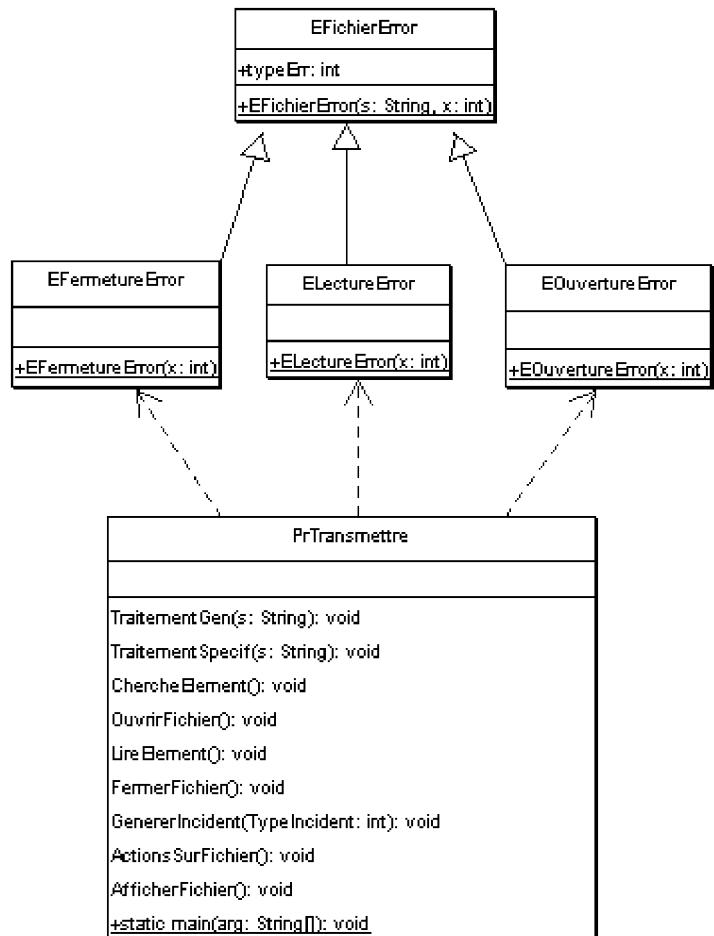
Créons une hiérarchie d'exceptions permettant de signaler des incidents sur des manipulations de fichiers.

Pour cela on distingue essentiellement trois catégories d'incidents qui sont représentés par trois classes :



**Enoncé :** Nous nous proposons de mettre en oeuvre les concepts précédents sur un exemple simulant un traitement de fichier. L'application est composée d'un bloc principal <programme> qui appelle une suite de blocs imbriqués.

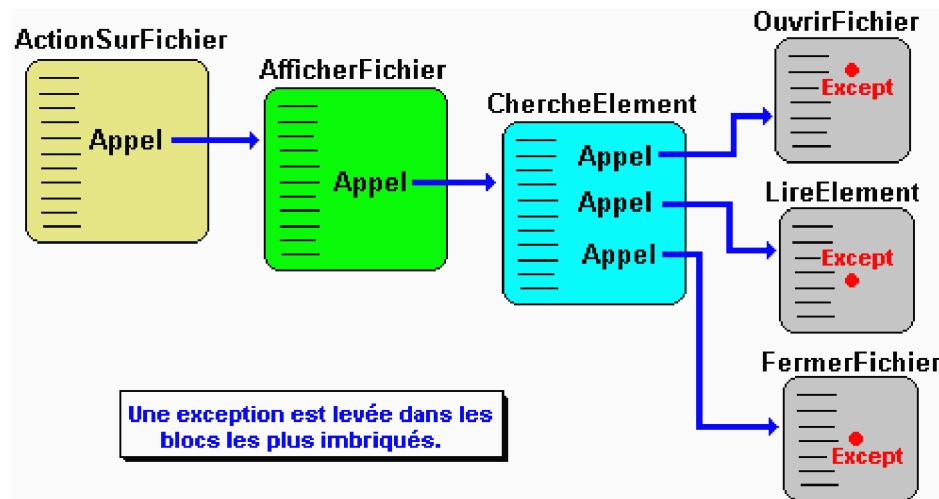
Les classes en jeu et les blocs de programmes (méthodes) acteurs dans le traitement des exceptions sont figurées dans les diagrammes UML de droite :



```

<programme>
...<ActionsSurFichier>
....<AfficheFichier>
.....<ChercheElement>
.....<OuvrirFichier> --> exception
.....<LireElement> --> exception
.....<FermerFichier> --> exception
  
```

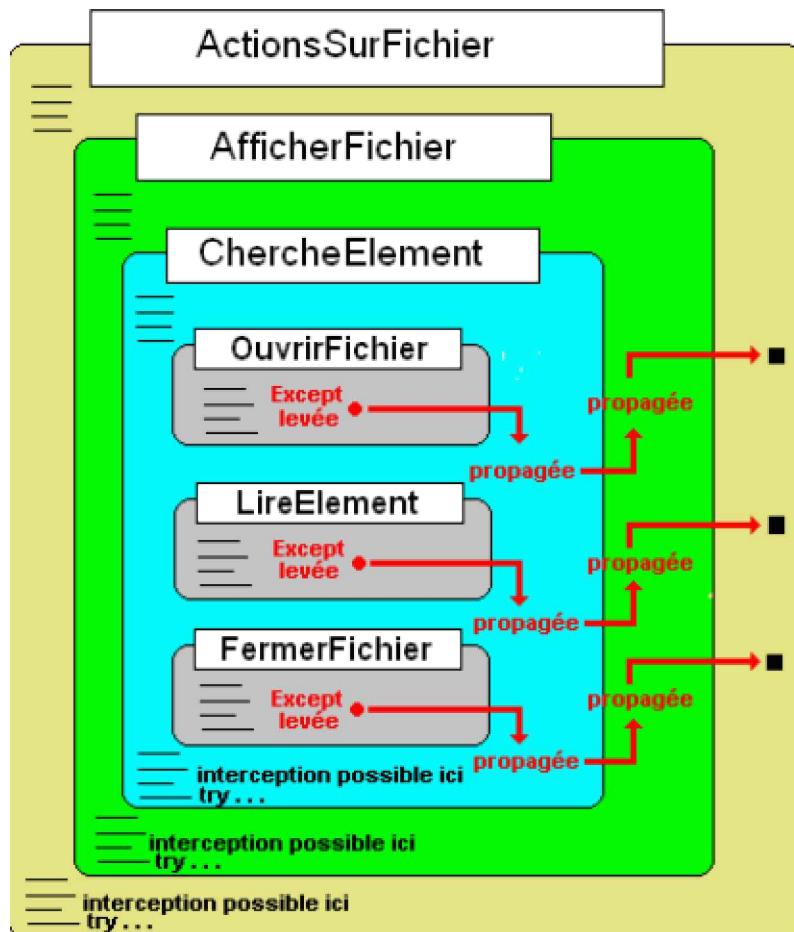
Les trois blocs du dernier niveau les plus internes <OuvrirFichier>, <LireElement> et <FermerFichier> peuvent lancer chacun une exception selon le schéma ci-après :



- *La démarche*

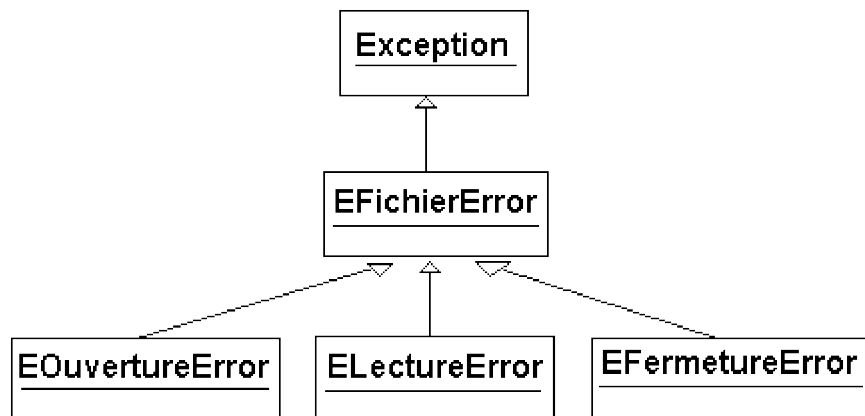
Les éventuelles exceptions lancées par les blocs <OuvrirFichier>, <LireElement> et <FermerFichier> doivent pouvoir se **propager** aux blocs de niveaux englobant afin d'être

interceptables à n'importe quel niveau.



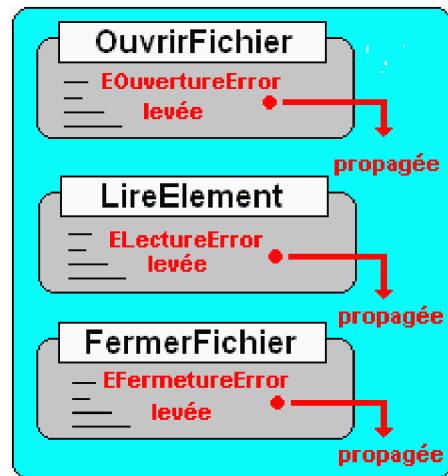
- *Les classes d'exception*

On propose de créer une classe générale d'exception **EFichierError** héritant de la classe des **Exception**, puis 3 classes d'exception héritant de cette classe EFichierError :



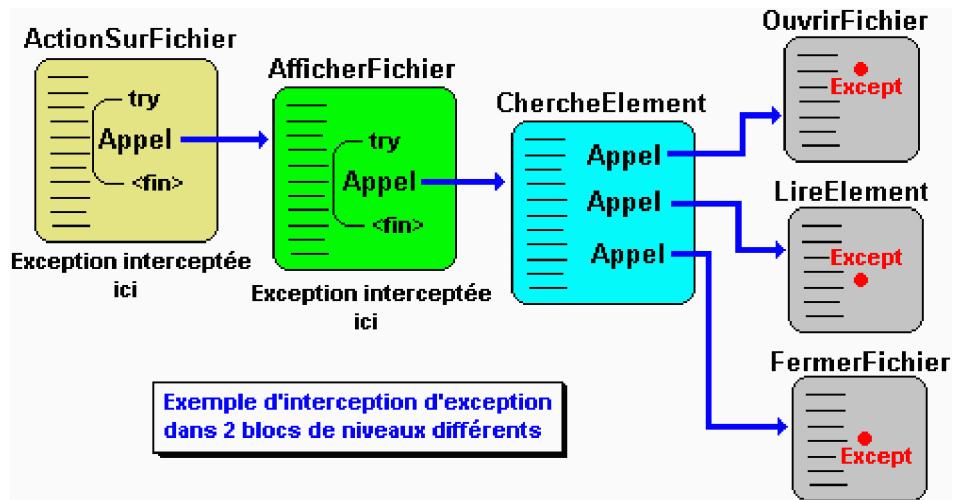
- *Les blocs lançant éventuellement une exception*

Chaque bloc le plus interne peut lancer (lever) une exception de classe différente et la propage au niveau supérieur :



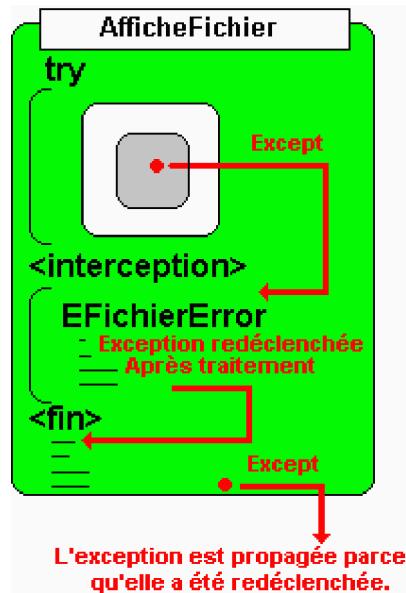
- *Les blocs interceptant les exceptions*

Nous proposons par exemple d'intercepter les exceptions dans les deux blocs <ActionsSurFichier> et <AfficheFichier> :



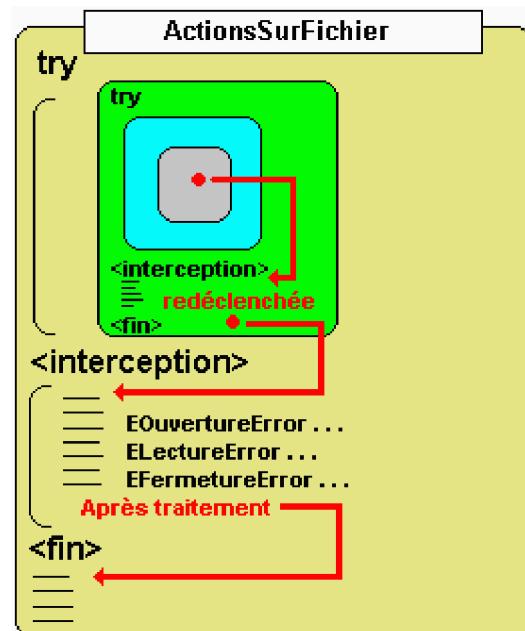
### *Le bloc <AfficherFichier>*

Ce bloc interceptera une exception de type EFichierError, puis la redéclenchera après traitement :



### *Le bloc <ActionsSurFichier>*

Ce bloc interceptera une exception de l'un des trois types EOuvertureError, ELectureError ou EFermetureError :



## 6. Une solution de l'exemple précédent en C#

```

using System;
namespace PrTests
{
    /* pseudo-Traitement d'un fichier à plusieurs niveaux,
     * avec exception et relance d'exception
     */
    class EFichierError : Exception {
        public int typeErr ;
        public EFichierError ( String s, int x ): base ( s ) {
            typeErr = x ;
        }
    }
}
  
```

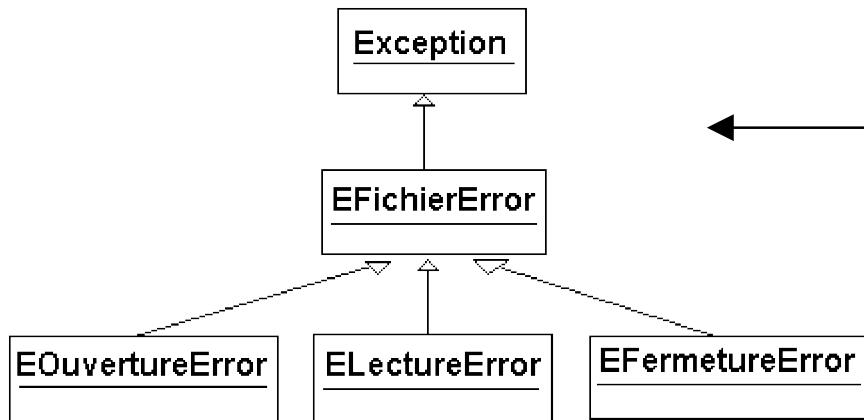
```

class EOuvertureError : EFichierError {
    public EOuvertureError ( int x ): base ("Impossible d'ouvrir le fichier !",x ) { }
}

class ELectureError : EFichierError{
    public ELectureError ( int x ): base ("Impossible de lire le fichier !",x ) { }
}

class EfermetureError : EFichierError{
    public EfermetureError ( int x ): base ("Impossible de fermer le fichier !",x ) { }
}
}

```



//-----

```

public class PrTransmettre {

    void TraitementGen ( String s ) {
        System .Console.WriteLine
("traitement general de l'erreur: " + s );
    }

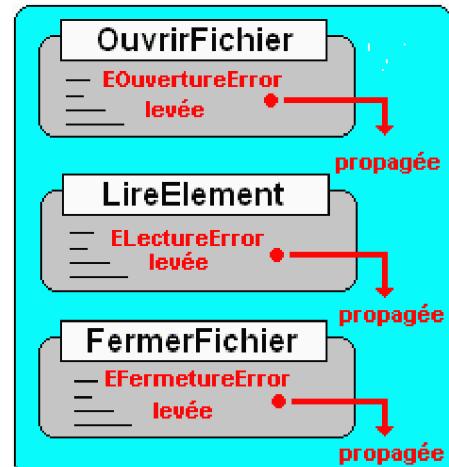
    void TraitementSpecif ( String s ) {
        System .Console.WriteLine
("traitement specifique de l'erreur: " + s );
    }

    void OuvrirFichier () {
        System .Console.WriteLine (" >> Action ouverture..."); GenererIncident ( 1 );
        System .Console.WriteLine (" >> Fin ouverture.");
    }

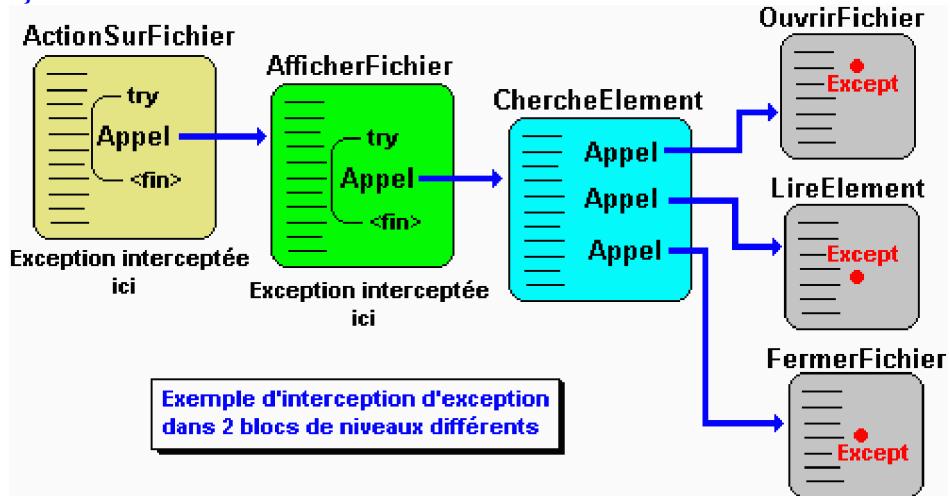
    void LireElement () {
        System .Console.WriteLine (" >> Action lecture..."); GenererIncident ( 2 );
        System .Console.WriteLine (" >> Fin lecture.");
    }

    void FermerFichier () {
        System .Console.WriteLine (" >> Action fermeture..."); GenererIncident ( 3 );
        System .Console.WriteLine (" >> Fin fermeture.");
    }
}

```



```
void ChercheElement () {
    OuvrirFichier ();
    LireElement ();
    FermerFichier ();
}
```



```
//-----
void GenererIncident (int TypeIncident) {
    int n ;
    Random nbr = new Random ();
    switch (TypeIncident)
    {
        case 1 : n = nbr.Next () % 4 ;
        if (n == 0)
            throw new EOuvertureError (TypeIncident);
        break;
        case 2 : n = nbr.Next () % 3 ;
        if (n == 0)
            throw new ELectureError (TypeIncident);
        break;
        case 3 : n = nbr.Next () % 2 ;
        if (n == 0)
            throw new EFermetureError (TypeIncident);
        break;
    }
}
```

```
//-----
```

```

void ActionsSurFichier () {
    System .Console.WriteLine ("Debut du travail sur le fichier.");
}

try
{
    System .Console.WriteLine (".....");
    AfficherFichier ();
}

catch( EOuvertureError E )
{
    TraitementSpecif ( E.Message );
}

catch( ELectureError E )
{
    TraitementSpecif ( E.Message );
}

catch( EFermetureError E )
{
    TraitementSpecif ( E.Message );
}

System.Console.WriteLine ("Fin du travail sur le fichier.");
}

```

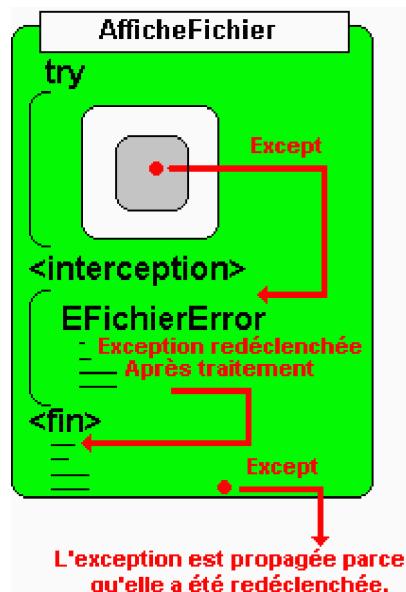
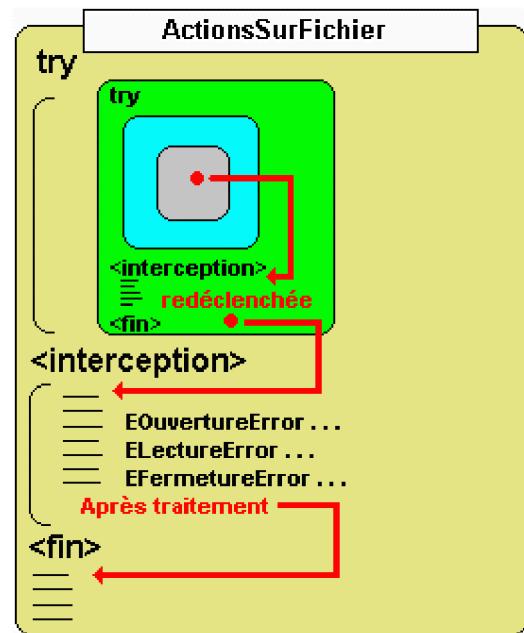
```

//-----
void AfficherFichier () {

try  {
    ChercheElement ();
}
catch( EFichierError E )  {
    TraitementGen ( E.Message );
    throw E ;
}

public static void Main ( string [ ] arg ) {
    PrTransmettre Obj = new PrTransmettre ();
    try  {
        Obj.ActionsSurFichier ();
    }
    catch( EFichierError E )  {
        System .Console.WriteLine ( " Autre type d'Erreur
générale Fichier !" );
    }
    System .Console.ReadLine ();
}
}
}

```



# Processus et multi-threading



---

Plan général: [F](#)

## 1. Rappels

- 1.1 La multiprogrammation
- 1.2 Multitâche et processus
- 1.3 Multi-threading et processus

## 2. C# autorise l'utilisation des processus et des threads

- 2.1 Les processus avec C#
- 2.2 Comment exécuter une application à partir d'une autre application
- 2.3 Comment atteindre un processus déjà lancé
- 2.4 Comment arrêter un processus

## 3. C# et les threads

- 3.1 Comment créer un Thread
- 3.2 Comment endormir, arrêter ou interrompre un Thread
- 3.3 Exclusion mutuelle, concurrence, section critique, et synchronisation
- 3.4 Section critique en C# : lock
- 3.5 Section critique en C# : Monitor
- 3.6 Synchronisation commune aux processus et aux threads

## 1. Rappels

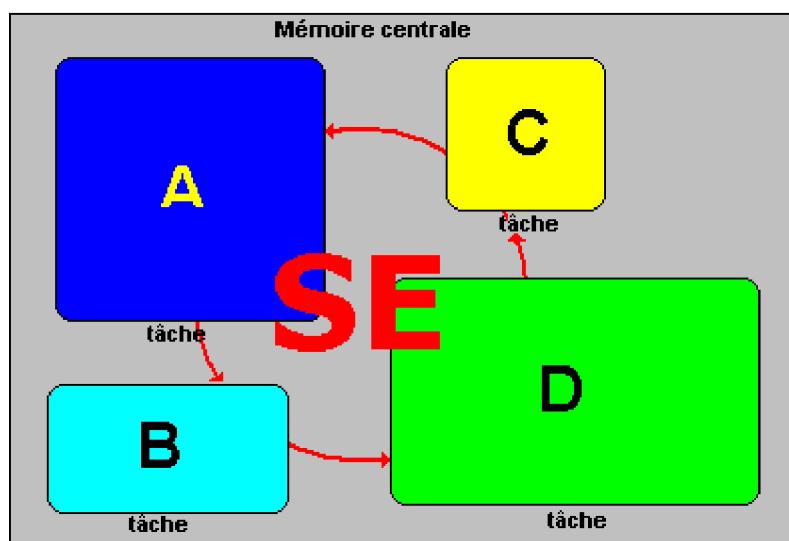
### 1.1 La multiprogrammation

Nous savons que les ordinateurs fondés sur les principes d'une machine de Von Neumann, sont des machines séquentielles donc n'exécutant qu'une seule tâche à la fois. Toutefois, le gaspillage de temps engendré par cette manière d'utiliser un ordinateur (le processeur central passe l'écrasante majorité de son temps à attendre) a très vite été endigué par l'invention de systèmes d'exploitations de multiprogrammation ou multitâches, permettant l'exécution "simultanée" de plusieurs tâches.

Dans un tel système, les différentes tâches sont exécutées sur une machine disposant d'**un seul processeur**, en apparence **en même temps** ou encore **en parallèle**, en réalité elles sont exécutées séquentiellement chacune à leur tour, ceci ayant lieu tellement vite pour notre conscience que nous avons l'impression que les programmes s'exécutent simultanément. Rappelons ici qu'une tâche est une application comme un traitement de texte, un navigateur Internet, un jeu,... ou d'autres programmes spécifiques au système d'exploitation que celui-ci exécute.

### 1.2 Multitâche et processus

Le noyau du système d'exploitation SE, conserve en permanence le contrôle du temps d'exécution en distribuant cycliquement des tranches de temps (time-slicing) à chacune des applications A, B, C et D figurées ci-dessous. Dans cette éventualité, une application représente dans le système un **processus** :



Rappelons la définition des **processus** donnée par A.Tanenbaum: un programme qui s'exécute et qui possède **son propre espace mémoire** : ses registres, ses piles, ses variables et son propre processeur virtuel (simulé en multiprogrammation par la commutation entre processus effectuée par le processeur unique).

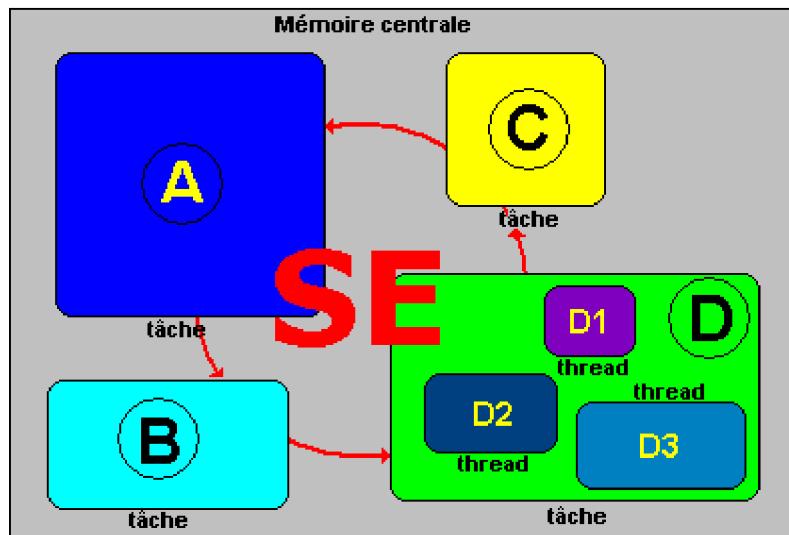
### Thread

En fait, chaque processus peut lui-même fonctionner comme le système d'exploitation en lançant des sous-tâches internes au processus et par là même reproduire le fonctionnement de la multiprogrammation. Ces sous-tâches sont nommées "flux d'exécution" ou **Threads**.

Ci-dessous nous supposons que l'application D exécute en même temps les 3 Threads D1, D2 et D3 :

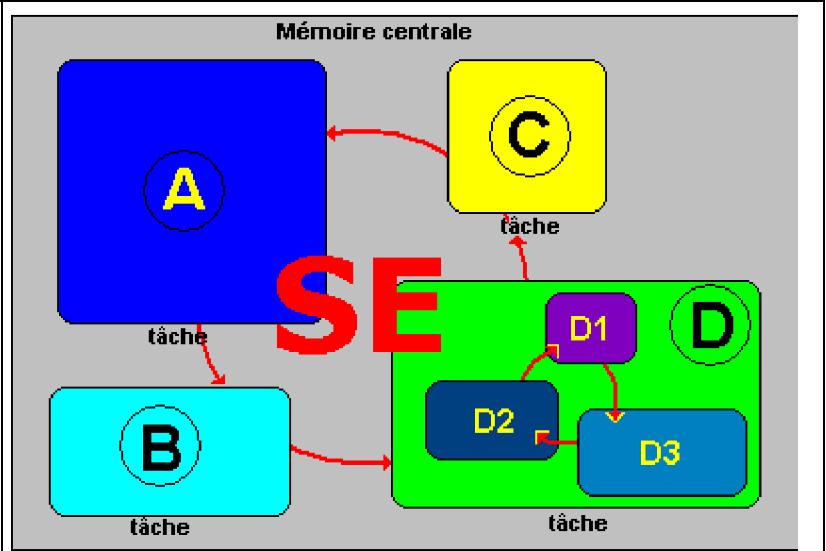


Reprendons l'exemple d'exécution précédent, dans lequel 4 processus s'exécutent "en même temps" et incluons notre processus D possédant 3 flux d'exécutions (threads) :



La commutation entre les threads d'un processus fonctionne de la même façon que la commutation entre les processus, chaque thread se voit alloué cycliquement, lorsque le processus D est exécuté une petite tranche de temps.

Le partage et la répartition du temps sont effectués **uniquement** par le système d'exploitation :



### 1.3 Multithreading et processus

#### Définition :

La majorité des systèmes d'exploitation (Windows, Linux, Solaris, MacOs,...) supportent l'utilisation d'application contenant des threads, l'on désigne cette fonctionnalité sous le nom de **Multi-threading**.

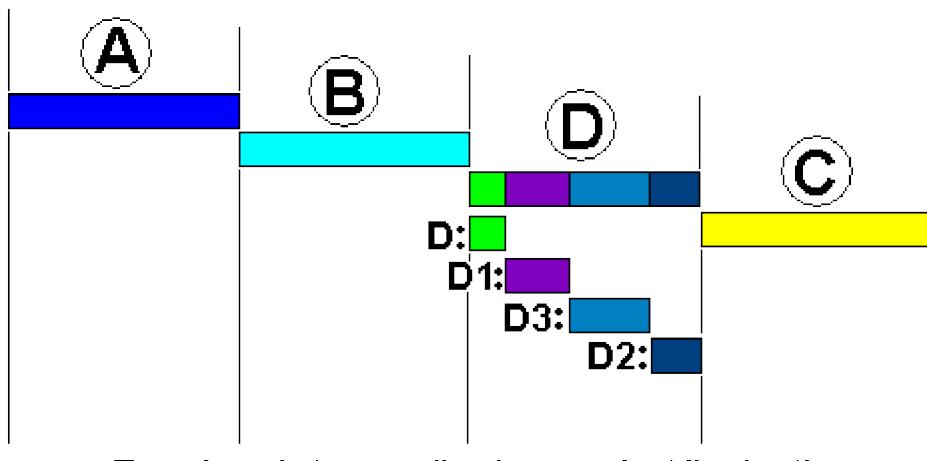
#### Différences entre threads et processus :

- Communication entre threads **plus rapide** que la communication entre processus,
- Les threads partagent un **même espace de mémoire** (de travail) entre eux,
- Les processus ont chacun un **espace mémoire personnel**.

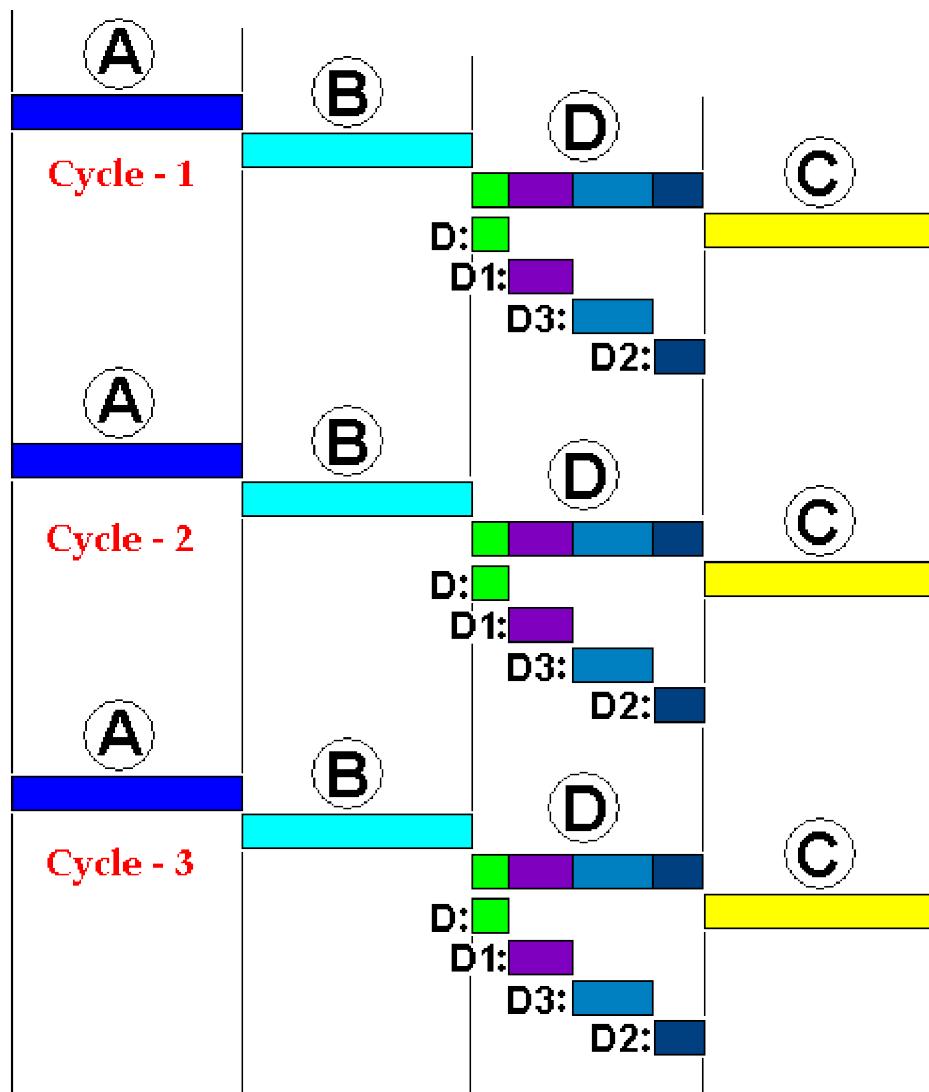
Dans l'exemple précédent, figurons les processus A, B, C et le processus D avec ses threads dans un graphique représentant une tranche de temps d'exécution allouée par le système et supposée être la même pour chaque processus.



Le système ayant alloué le même temps d'exécution à chaque processus, lorsque par exemple le tour vient au processus D de s'exécuter dans sa tranche de temps, il exécutera une petite sous-tranche pour D1, pour D2, pour D3 et attendra le prochain cycle. Ci-dessous un cycle d'exécution :



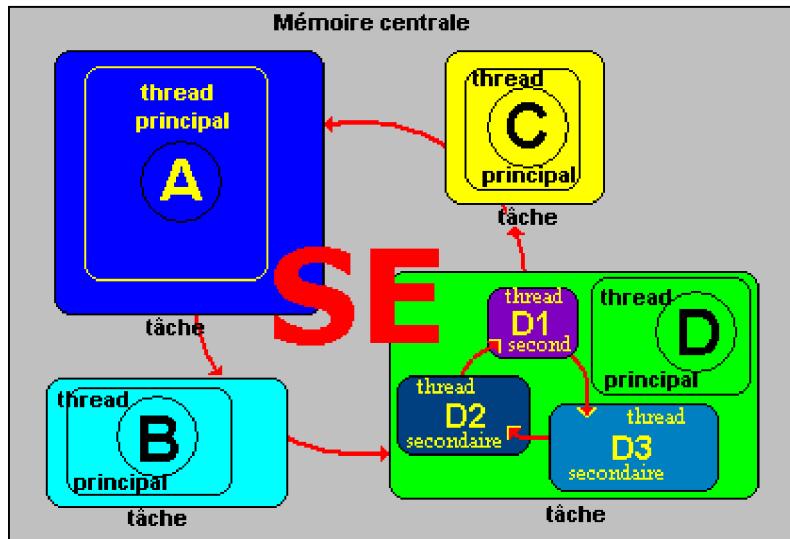
Voici sous les mêmes hypothèses de temps égal d'exécution alloué à chaque processus, le comportement de l'exécution sur 3 cycles consécutifs :



Le langage C# dispose de classes permettant d'écrire et d'utiliser des threads dans vos applications.

## 2. C# autorise l'utilisation des processus et des threads

Lorsqu'un programme C# s'exécute en dehors d'une programmation de multi-threading, le processus associé comporte automatiquement un thread appelé **thread principal**. Un autre thread utilisé dans une application s'appelle un thread secondaire. Supposons que les quatre applications (ou tâches) précédentes A, B, C et D soient toutes des applications C#, et que D soit celle qui comporte trois threads secondaires D1, D2 et D3 "parallèlement" exécutés :



## 2.1 Les processus avec C#

Il existe dans .Net Framework une classe nommée **Process** dans l'espace de nom **System.Diagnostics**, permettant d'accéder à des processus locaux à la machine ou distants et de les manipuler ( démarrer, surveiller, stopper, ...). Cette classe est bien documentée par la bibliothèque MSDN de Microsoft, nous allons dans ce paragraphe montrer comment l'utiliser à partir d'un cas pratique souvent rencontré par le débutant : comment lancer une autre application à partir d'une application déjà en cours d'exécution.

## 2.2 Comment exécuter une application à partir d'une autre

1° ) Instancier un objet de classe **Process** :

```
| Process AppliAexecuter = new Process();
```

2°) Paramétrier les informations de lancement de l'application à exécuter :

Parmi les nombreuses propriétés de la classe **Process** la propriété **StartInfo** (**public**

**ProcessStartInfo StartInfo {get; set;}**) est incontournable, car elle permet ce paramétrage.

Supposons que notre application se nomme "Autreappli.exe" qu'elle soit située sur le disque C: dans le dossier "Travail", qu'elle nécessite au démarrage comme paramètre le nom d'un fichier contenant des données, par exemple le fichier "donnees.txt" situé dans le dossier "C:\infos". La propriété **StartInfo** s'utilise alors comme suit afin de préparer le lancement de l'application :

```
AppliAexecuter.StartInfo.FileName ="c:\\Travail\\Autreappli.exe";
AppliAexecuter.StartInfo.UseShellExecute = false;
AppliAexecuter.StartInfo.RedirectStandardOutput = false;
Appliexec.StartInfo.Arguments ="c:\\infos\\donnees.txt";
```

Remarques :

- q **UseShellExecute = false:** permet de lancer directement l'application sans avoir à utiliser l'interface shell du système d'exploitation.

- q RedirectStandardOutput = **false**: la sortie standard du processus reste dirigée vers l'écran par défaut.

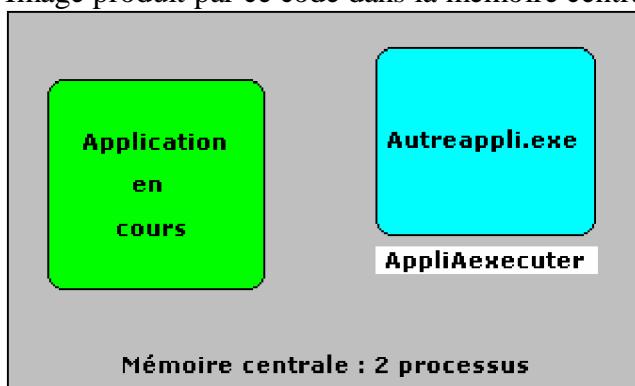
3°) Démarrer le processus par exemple par la surcharge d'instance de la méthode Start( ) de la classe **Process** :

```
| AppliAexecuter.Start();
```

Code récapitulatif de la méthode Main pour lancer un nouveau processus dans une application en cours d'exécution :

```
public static void Main( )
{
    Process AppliAexecuter = new Process();
    AppliAexecuter.StartInfo.FileName ="c:\\Travail\\Autreappli.exe";
    AppliAexecuter.StartInfo.UseShellExecute = false;
    AppliAexecuter.StartInfo.RedirectStandardOutput = false;
    Appliexec.StartInfo.Arguments ="c:\\infos\\donnees.txt";
    AppliAexecuter.Start();
}
```

Image produit par ce code dans la mémoire centrale :



### 2.3 Comment atteindre un processus déjà lancé

Atteindre le processus courant de l'application appelante :

```
| Process Courant = Process.GetCurrentProcess();
```

Atteindre toutes les instances de processus d'une application nommée "Autreappli.exe" lancée plusieurs fois grâce à son nom sur l'ordinateur local :

```
| Process [] localProcess = Process.GetProcessesByName("Autreappli");
```

Atteindre toutes les instances de processus d'une application nommée "Autreappli.exe" lancée plusieurs fois grâce à son nom sur un ordinateur distant de nom "ComputerDistant" :

```
| Process [] localProcess = Process.GetProcessesByName("Autreappli","ComputerDistant");
```

Atteindre toutes les instances de processus d'une application nommée "Autreappli.exe" lancée plusieurs fois grâce à son nom sur un ordinateur distant d'adresse IP connue par exemple "101.22.34.18":

```
| Process [] localProcess = Process.GetProcessesByName("Autreappli","101.22.34.18");
```

Atteindre un processus grâce à l'identificateur unique sur un ordinateur local de ce processus par exemple 9875 :

```
| Process localProcess = Process.GetProcessById(9875);
```

Atteindre un processus grâce à l'identificateur unique de ce processus par exemple 9875 sur un ordinateur distant de nom "ComputerDistant" :

```
| Process localProcess = Process.GetProcessById(9875, "ComputerDistant");
```

Atteindre un processus grâce à l'identificateur unique de ce processus par exemple 9875 sur un ordinateur distant d'adresse IP connue par exemple "101.22.34.18" :

```
| Process localProcess = Process.GetProcessById(9875, "101.22.34.18");
```

## 2.4 Comment arrêter un processus

*Seuls les processus locaux peuvent être stoppés dans .Net Framework, les processus distants ne peuvent qu'être surveillés.*

**Si le processus est une application fenêtrée** (application possédant une interface IHM)

La méthode "**public bool CloseMainWindow( )**" est la méthode à employer

```
| Process AppliAexecuter = new Process();  
| ....  
| AppliAexecuter.CloseMainWindow();
```

Cette méthode renvoie un booléen qui indique :

- q **True** si la fermeture a été correctement envoyée et le processus est stoppé.
- q **False** si le processus n'est pas stoppé soit parce qu'il y a eu un incident, soit parce que le processus n'était une application fenêtrée (application console).

**Si le processus n'est pas une application fenêtrée** (application console)

La méthode "**public void Kill( )**" est la méthode à employer

```
| Process AppliAexecuter = new Process();  
| ....  
| AppliAexecuter.Kill();
```

*Ou bien :*

```
| if( !AppliAexecuter.CloseMainWindow() )  
|     AppliAexecuter.Kill();
```

### 3. C# et les threads

Comme l'avons déjà signalé tous les systèmes d'exploitation modernes permettent la programmation en multi-threading, le .Net Framework contient une classe réservée à cet usage dans l'espace de noms `System.Threading` : la classe non héritable `Thread` qui implémente l'interface `_Thread`.

```
| public sealed class Thread: _Thread
```

Cette classe `Thread` sert à créer, contrôler, et modifier les priorités de threads.

#### 3.1 Comment créer un Thread

Le C# 2.0 propose quatre surcharges du constructeur de `Thread`, toutes utilisent la notion de **delegate** pour préciser le code à exécuter dans le thread, nous examinons celle qui est la plus utilisée depuis la version 1.0.

```
| public Thread ( ThreadStart start );
```

Le paramètre `start` de type `ThreadStart` est un objet **delegate** sans paramètre qui pointe sur (fait référence à) la méthode à appeler à chaque exécution du thread ainsi créé :

```
| public delegate void ThreadStart ( );
```

Vous devez donc écrire une méthode de classe ou d'instance ayant la même signature que le **delegate void ThreadStart ()**, puis créer l'objet **delegate** qui pointera vers cette méthode. Vous pouvez nommer cette méthode du nom que vous voulez, pour rester dans le style Java nous la dénommerons `run()`. Ci-dessous un pseudo-code C# de création d'un thread à partir d'un délégué pointant sur une méthode de classe :

```
public class ChargerDonnees {  
    public static void run(){ .... }  
}  
  
public class AppliPrincipale {  
    public static void Main( ){  
        ThreadStart ChargerDelegate = new ThreadStart (ChargerDonnees.run);  
        Thread thrdChargement = new Thread(ChargerDelegate);  
    }  
}
```

Notons qu'il est possible d'alléger le code d'instanciation du thread en créant un objet délégué anonyme qui est passé en paramètre au constructeur de `Thread` :

```
| Thread thrdChargement = new Thread( new ThreadStart (ChargerDonnees.run) );
```

Dans l'exemple qui suit nous lançons trois threads en plus du thread principal automatiquement construit par le CLR pour chaque processus, l'un à partir d'une méthode **static** `run0` de la classe `Program` et les deux autres à partir d'une méthode **static** `run1` et d'une méthode d'instance `run2` de

la classe **AfficherDonnees** :

```
public class AfficherDonnees
{
    public static void run1()
    {
        for (int i1 = 1; i1 < 100; i1++)
            System.Console.WriteLine(">>> thread1 = " + i1);
    }
    public void run2()
    {
        for (int i2 = 1; i2 < 100; i2++)
            System.Console.WriteLine("*** thread2 = " + i2);
    }
}
public class Program
{
    public static void run0()
    {
        for (int i0 = 1; i0 < 100; i0++)
            System.Console.WriteLine(".... thread0 = " + i0);
    }
    static void Main(string[] args)
    {
        Console.WriteLine("Lancement des threads :");
        AfficherDonnees obj = new AfficherDonnees();
        Thread thread0 = new Thread(new ThreadStart( run0 ));
        Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(AfficherDonnees.run1));
        Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(obj.run2));
        thread0.Start();
        thread1.Start();
        thread2.Start();
        for (int i = 1; i < 100; i++)
            System.Console.WriteLine(" i = " + i);
        System.Console.WriteLine("fin de tous les threads.");
    }
}
```

*Résultats de l'exécution du programme précédent (dépendants de votre configuration machine+OS) :*

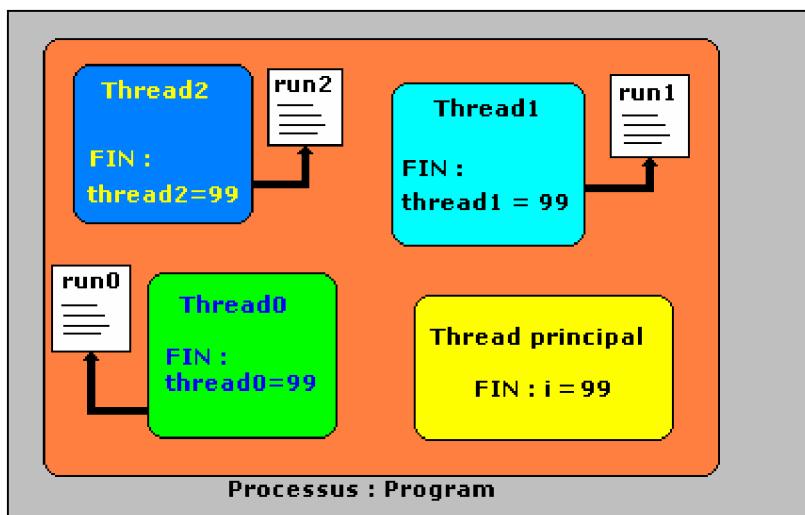
**Lancement des threads :**

```
.... thread0 = 1
>>> thread1 = 1
i = 1
*** thread2 = 1
.... thread0 = 2
>>> thread1 = 2
i = 2
*** thread2 = 2
.... thread0 = 3
.....
i = 98
*** thread2 = 98
.... thread0 = 99
>>> thread1 = 99
i = 99
*** thread2 = 99
fin de tous les threads.
```

L'exécution précédente montre bien que chacun des thread0, thread1 et thread2 se voient allouer

une tranche de temps pendant laquelle chacun d'eux exécute une partie de sa boucle **for** et imprime ses informations sur la console. Chaque thread se termine lorsque le code de la méthode run vers laquelle il pointe a fini de s'exécuter.

Nous figurons ci-après l'image de la mémoire centrale pour le processus **Program** avec chacun des 3 threads instanciés pointant vers la méthode qu'il exécute :



### 3.2 Comment endormir, arrêter ou interrompre un Thread

La société Microsoft a déprécié depuis la version 2.0 du .Net Framework les méthodes **Suspend()** et **Resume()** qui permettaient d'effectuer la synchronisation entre les threads, toutefois elles n'ont pas été supprimées. En ce sens Microsoft adopte la même attitude que Sun pour Java, afin de ne pas encourager les développeurs à utiliser des outils qui se sont montrés sensibles aux blocages du type verrou mortel. Nous ne proposerons donc pas ces méthodes dangereuses au lecteur, mais plutôt des méthodes sûres.

#### Endormir : Méthode Sleep ( ... )

On parle d'endormir un thread pendant un certain temps **t**, lorsque l'exécution de ce thread est arrêtée pendant ce temps **t**, c'est à dire que le thread est retiré de la file d'attente de l'algorithme d'ordonnancement du système. A la fin du temps **t**, le thread est automatiquement "réveillé" par le système, c'est à dire qu'il est replacé dans la file d'attente de l'ordonnanceur et donc son exécution repart.

La méthode "**public static void Sleep( int millisecondsTimeout )**" sert à endormir un thread pendant un temps exprimé en millisecondes. Dans la méthode **run0()** de l'exemple précédent si nous rajoutons l'instruction "**Thread.Sleep(2);**", nous "ralentissons" l'exécution de la boucle, puisque à tous les tours de boucles nous bloquons le thread qui l'exécute pendant 2 ms.

```

public static void run0()
{
    for (int i0 = 1; i0 < 100; i0++)
    {
        System.Console.WriteLine(".... thread0 = " + i0);
        Thread.Sleep(2);
    }
}

```

```
}
```

Résultats de l'exécution du programme précédent avec `Thread.Sleep(2)` dans la méthode `run0()` :

Lancement des threads :

```
.... thread0 = 1
>>> thread1 = 1
i = 1
*** thread2 = 1
.....
i = 98
*** thread2 = 98
.... thread0 = 79
>>> thread1 = 99
i = 99
*** thread2 = 99
.... thread0 = 80
fin de tous les threads.
.... thread0 = 81
.... thread0 = 82
.... thread0 = 83
.... thread0 = 84
```

```
.... thread0 = 85
.... thread0 = 86
.... thread0 = 87
.... thread0 = 88
.... thread0 = 89
.... thread0 = 90
.... thread0 = 91
.... thread0 = 92
.... thread0 = 93
.... thread0 = 94
.... thread0 = 95
.... thread0 = 96
.... thread0 = 97
.... thread0 = 98
.... thread0 = 99
```

(résultats dépendants de votre configuration machine+OS)

Notons que cette exécution est semblable à la précédente, du moins au départ, car nous constatons vers la fin que le thread0 a pris un léger retard sur ses collègues puisque le thread1 et le thread2 se terminent avec la valeur 99, le thread principal affiche la phrase "**fin de tous les threads**" alors que le thread0 n'a pas encore dépassé la valeur 80.

Les trois threads thread1, thread2 et le thread principal sont en fait terminés seul le thread0 continue son exécution jusqu'à la valeur 99 qui clôture son activité.

## Arrêter : Méthode Abort ( ... )

Dans l'exemple précédent le message "**fin de tous les threads**" n'est pas conforme à la réalité puisque le programme est bien arrivé à la fin du thread principal, mais thread0 continue son exécution. Il est possible de demander au système d'arrêter définitivement l'exécution d'un thread, cette demande est introduite par la méthode d'instance **Abort** de la classe `Thread` qui lance le processus d'arrêt du thread qui l'appelle.

Nous reprenons le programme précédent dans lequel nous lançons une demande d'arrêt du thread0 par l'instruction : `thread0.Abort();`

```
public class AfficherDonnees
{
    public static void run1()
    {
        for (int i1 = 1; i1 < 100; i1++)
            System.Console.WriteLine(">>> thread1 = " + i1);
    }
    public void run2()
    {
        for (int i2 = 1; i2 < 100; i2++)
            System.Console.WriteLine("*** thread2 = " + i2);
    }
}
```

```

public class Program
{
    public static void run0()
    {
        for (int i0 = 1; i0 < 100; i0++)
            System.Console.WriteLine(".... thread0 = " + i0);
            Thread.Sleep(2);
    }
    static void Main(string[] args)
    {
        Console.WriteLine("Lancement des threads :");
        AfficherDonnees obj = new AfficherDonnees();
        Thread thread0 = new Thread(new ThreadStart(run0));
        Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(AfficherDonnees.run1));
        Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(obj.run2));
        thread0.Start();
        thread1.Start();
        thread2.Start();
        for (int i = 1; i < 100; i++)
            System.Console.WriteLine(" i = " + i);
        thread0.Abort();
        System.Console.WriteLine("fin de tous les threads.");
    }
}

```

*Résultats de l'exécution du programme précédent avec Thread.Sleep(2) et thread0.Abort() :*  
**Lancement des threads :**

```

....  thread0 = 1
>>> thread1 = 1
i = 1
*** thread2 = 1
.....
i = 98
*** thread2 = 98
....  thread0 = 79
>>> thread1 = 99
i = 99
*** thread2 = 99
....  thread0 = 80
fin de tous les threads. (Résultats dépendants de votre configuration machine+OS)

```

Le thread0 a bien été arrêté avant sa fin normale, avec comme dernière valeur 80 pour l'indice de la boucle **for**.

## Attendre : Méthode Join ( ... )

Un thread peut se trouver dans des états d'exécution différents selon qu'il est actuellement en cours d'exécution, qu'il attend, qu'il est arrêté etc... Il existe en C# un type énuméré **ThreadState** qui liste toutes les valeurs possibles des états d'un thread :

```

public enum ThreadState { Running = 0, StopRequested = 1, SuspendRequested = 2, Background = 4, Unstarted = 8, Stopped = 16, WaitSleepJoin = 32, Suspended = 64, AbortRequested = 128, Aborted = 256 }

```

Dans la classe **Thread**, nous trouvons une propriété "**public ThreadState ThreadState {get;}**" en lecture seule qui fournit pour un thread donné son état d'exécution. En consultant cette propriété le

développeur peut connaître l'état "en direct" du thread, notons que cet état peut varier au cours du temps.

On peut faire attendre la fin d'exécution complète d'un thread pour qu'un autre puisse continuer son exécution, cette attente est lancée par l'une des trois surcharges de la méthode d'instance **Join** de la classe **Thread** :

```
| public void Join();
```

Dans le programme précédent rappelons-nous que le thread0 prend du "retard" sur les autres car nous l'avons ralenti avec un `Sleep(2)`. Au lieu de l'arrêter définitivement avant la dernière instruction de la méthode Main remplaçons l'instruction "`thread0.Abort();`" par l'instruction "`thread0.Join();`".

Que se passe-t-il : Le thread principal qui exécute la méthode main, invoque la méthode **Join** du thread0 avant de terminer son exécution, ce qui signifie que le thread principal bloque tant que le thread0 n'a pas fini complètement son exécution. Nous ajoutons au programme précédent une méthode **public static void** `etatsThreads` qui affiche l'état d'exécution du thread principal et des 3 threads instanciés :

```
public static void etatsThreads(Thread principal, Thread thrd1, Thread thrd2, Thread thrd3 )
{
    System.Console.WriteLine(principal.Name + " : " + principal.ThreadState);
    System.Console.WriteLine(thrd1.Name + " : " + thrd1.ThreadState);
    System.Console.WriteLine(thrd2.Name + " : " + thrd2.ThreadState);
    System.Console.WriteLine(thrd3.Name + " : " + thrd3.ThreadState);
}

static void Main(string[] args)
{
    Console.WriteLine("Lancement des threads :");
    AfficherDonnees obj = new AfficherDonnees();
    Thread principal = Thread.CurrentThread;
    principal.Name = "principal";
    Thread thread0 = new Thread(new ThreadStart(run0));
    thread0.Name = "thread0";
    Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(AfficherDonnees.run1));
    thread1.Name = "thread1";
    Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(obj.run2));
    thread2.Name = "thread2";
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    thread0.Start();
    thread1.Start();
    thread2.Start();
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    for (int i = 1; i < 100; i++)
    {
        System.Console.WriteLine(" i = " + i);
    }
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    thread0.Join();
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    System.Console.WriteLine("fin de tous les threads.");
}
```

Nous obtenons une référence sur le thread principal par la propriété `CurrentThread` dans

l'instruction : Thread principal = Thread.CurrentThread.

Résultats de l'exécution du programme précédent avec Thread.Sleep(2) et thread0.Join() :

Lancement des threads principal : Running thread0 : Unstarted thread1 : Unstarted thread2 : Unstarted .... thread0 = 1 >>> thread1 = 1 principal : Running *** thread2 = 1 >>> thread1 = 2 .... thread0 = 2 thread0 : WaitSleepJoin *** thread2 = 2 >>> thread1 = 3 .... thread0 = 3 thread1 : WaitSleepJoin *** thread2 = 3 >>> thread1 = 4 thread2 : WaitSleepJoin .... thread0 = 4 *** thread2 = 4 >>> thread1 = 5 i = 1 .....	i = 99 principal : Running .... thread0 = 85 thread0 : WaitSleepJoin thread1 : Stopped .... thread0 = 86 thread2 : Stopped .... thread0 = 87 .... thread0 = 88 .... thread0 = 89 .... thread0 = 90 .... thread0 = 91 .... thread0 = 92 .... thread0 = 93 .... thread0 = 94 .... thread0 = 95 .... thread0 = 96 .... thread0 = 97 .... thread0 = 98 .... thread0 = 99 principal : Running thread0 : Stopped thread1 : Stopped thread2 : Stopped fin de tous les threads.
--	---

(Résultats dépendants de votre configuration machine+OS)

Au début de l'exécution les états sont :

principal : Running  
thread0 : Unstarted  
thread1 : Unstarted  
thread2 : Unstarted

Seul le thread principal est en état d'exécution, les 3 autres nonencore démarrés.

Après invocation de la méthode **Start** de chaque thread, la tour revient au thread principal pour exécuter la boucle **for (int i = 1; i < 100; i++)**, les 3 autres threads sont dans la file d'attente :

principal : Running  
thread0 : WaitSleepJoin  
thread1 : WaitSleepJoin  
thread2 : WaitSleepJoin

Après la fin de l'exécution de la boucle **for (int i = 1; i < 100; i++)** du thread principal celui-ci est sur le point de s'arrêter, les thread1 et thread2 ont fini leur exécution, le thread0 continue son exécution car ralenti par le Sleep(2) à chaque tour de boucle :

principal : Running  
thread0 : WaitSleepJoin  
thread1 : Stopped  
thread2 : Stopped

Après la terminaison du décompte de la boucle du thread0 jusqu'à la valeur 99, le thread0 se termine et le thread principal est sur le point de se terminer (il ne lui reste plus la dernière

instruction d'affichage " System.Console.WriteLine("fin de tous les threads.")" à exécuter) :

```
principal : Running
thread0 : Stopped
thread1 : Stopped
thread2 : Stopped
fin de tous les threads.
```

## Interrompre-réveiller : Méthode Interrupt ( ... )

Si le thread est dans l'état **WaitSleepJoin** c'est à dire soit endormi (**Sleep**), soit dans la file d'attente attendant son tour (**Wait**), soit en attente de la fin d'un autre thread (**Join**), il est alors possible d'interrompre son état d'attente grâce à la méthode **Interrupt**. Cette méthode interrompt temporairement le thread qui l'invoque et lance une exception du type **ThreadInterruptedException**.

Dans le programme précédent nous ajoutons l'instruction "**thread0.Interrupt()**" dans la méthode Main, juste après la fin de la boucle **for (int i = 1; i < 100; i++) {...}**. Lors de l'exécution, dès que le thread0 se met en mode **WaitSleepJoin** par invocation de la méthode **Sleep(2)**, il est interrompu :

The screenshot shows a debugger interface with a code editor and a 'Quick Console' window. In the code editor, a yellow arrow points to the line `Thread.Sleep(2);` inside a loop. A modal dialog box titled 'ThreadInterruptedException was unhandled' is displayed, containing the message 'Thread interrompu à partir d'un état d'attente.' and troubleshooting tips. The 'Actions' section includes 'View Detail...' and 'Copy exception detail to the clipboard'. The 'Quick Console' window shows the execution of the program, with variable values like `i = 93`, `thread2 = 97`, etc., and thread states like `principal : Running` and `thread0 : Running`.

```
public static void run0()
{
    for (int i1 = 1; i1 < 100; i1++)
    {
        System.Console.WriteLine(".... thread0 = " + i1);
        Thread.Sleep(2);
    }
}

Quick Console
i = 93
*** thread2 = 97
.... thread0 = 84
>>> thread1 = 98
i = 94
*** thread2 = 98
>>> thread1 = 99
.... thread0 = 85
i = 95
*** thread2 = 99
i = 96
.... thread0 = 86
i = 97
i = 98
.... thread0 = 87
i = 99
principal : Running
thread0 : Running
```

Une exception **ThreadInterruptedException** a bien été lancée et peut être interceptée dans le thread principal.

Nous listons ci-dessous le code source de la méthode Main produisant l'interruption du thread0

figurée précédemment :

```
static void Main(string[] args)
{
    Console.WriteLine("Lancement des threads :");
    AfficherDonnees obj = new AfficherDonnees();
    Thread principal = Thread.CurrentThread;
    principal.Name = "principal";
    Thread thread0 = new Thread(new ThreadStart(run0));
    thread0.Name = "thread0";
    Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(AfficherDonnees.run1));
    thread1.Name = "thread1";
    Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(obj.run2));
    thread2.Name = "thread2";
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    thread0.Start();
    thread1.Start();
    thread2.Start();
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    for (int i = 1; i < 100; i++)
    {
        System.Console.WriteLine(" i = " + i);
    }
    thread0.Interrupt();
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    thread0.Join();
    etatsThreads(principal, thread0, thread1, thread2);
    System.Console.WriteLine("fin de tous les threads.");
}
```

**Attention :** La rapidité du processeur, l'influence du CLR et la charge instantanée du système changent considérablement les résultats obtenus ! Il faut donc n'utiliser ces outils que pour du parallélisme réel et non pour du séquentiel (cf. la notion de synchronisation paragraphe suivant)

### 3.3 Exclusion mutuelle, concurrence, section critique, et synchronisation

#### ressource partagée

D'un point de vue général, plusieurs processus peuvent accéder en lecture et en écriture à un **même espace mémoire** par exemple : accéder à un spooler d'imprimante, réservé une page en mémoire centrale, etc... Cet espace mémoire partagé par plusieurs processus se dénomme **une ressource partagée**.

#### concurrence

Lorsque le résultat final après exécution des processus à l'intérieur sur une ressource partagée n'est pas déterministe, mais dépend de l'ordre dans lequel le système d'exploitation a procédé à l'exécution de chacun des processus, on dit que l'on est en situation de **concurrence**.

#### synchronisation

Lorsqu'une structure de données est accédée par des processus en situation de concurrence, il est impossible de prévoir le comportement des threads sur cette structure. Si l'on veut obtenir un comportement déterministe, il faut ordonner les exécutions des processus d'une manière séquentielle afin d'être sûr qu'**un seul** processus accède à toute la structure **jusqu'à la fin** de son exécution , puis laisse la main au processus suivant etc. Cet régulation des exécutions des processus s'appelle la **synchronisation**.

## Exclusion mutuelle

Lorsque plusieurs processus travaillent sur une ressource partagée, la synchronisation entre les divers processus sous-entend que cette ressource partagée est exclusivement à la disposition d'un processus pendant sa durée complète d'exécution. Le mécanisme qui permet à un seul processus de s'exécuter sur une ressource partagée à l'exclusion de tout autre, se dénomme l'**exclusion mutuelle**.

## section critique

Lorsqu'un bloc de lignes de code traite d'accès par threads synchronisés à une ressource partagée on dénomme ce bloc de code une **section critique**.

Tout ce que nous venons de voir sur les processus se reporte intégralement aux **threads** qui sont des processus légers.

Dans un système d'exploitation de multiprogrammation, ces situations de concurrence sont très courantes et depuis les années 60, les informaticiens ont mis en œuvre un arsenal de réponses d'exclusion mutuelle ; ces réponses sont fondées sur les notions de **verrous**, **sémaphores**, **mutex**, **moniteurs**.

Le développeur peut avoir besoin dans ses programmes de gérer des situations de concurrence comme par exemple dans un programme de réservation de place de train et d'édition de billet de transport voyageur. Le multi-threading et les outils de synchronisation que le langage de programmation fournira seront une aide très précieuse au développeur dans ce style de programmation.

Pour programmer de la synchronisation entre threads, le langage C# met à la disposition du développeur les notions de **verrous**, **sémaphores**, **mutex**, **moniteurs**.

### 3.4 Section critique en C# : lock

## L'instruction lock (...) { .... }

Le mot clef **lock** détermine un bloc d'instructions en tant que **section critique**. Le verrouillage de cette section critique est obtenu par exclusion mutuelle sur un objet spécifique nommé verrou qui peut être dans deux états : soit disponible ou libre, soit verrouillé. Ci-dessous la syntaxe C# de l'instruction lock :

```
object verrou = new object();
lock ( verrou )
{
    ... lignes de code de la section critique
}
```

Lorsqu'un thread Th1 veut entrer dans la section critique délimitée par lock, nous sommes en face de deux possibilités selon que l'objet verrou est libre ou non :

- q **Si l'objet verrou est libre** (c'est à dire qu'aucun autre thread n'exécute le code de la section critique) alors on dit que le thread Th1 acquiert le verrou, d'autre part il le verrouille pour tout autre thread. Dès que le thread Th1 finit d'exécuter la dernière instruction de la section

critique, il libère le verrou qui devient disponible pour un autre thread.

- q **Si l'objet verrou n'est pas libre** et qu'un thread Th2 demande à acquérir ce verrou (veut entrer dans la section critique) pendant que Th1 est dans la section critique, le thread Th2 est alors mis dans la file d'attente associée à l'objet verrou par le CLR (le thread est donc bloqué en attente). Chaque nouveau thread demandant à acquérir ce verrou est rangé dans la file d'attente du verrou tant que ce dernier n'est pas libéré. Dès que le verrou devient libre le CLR autorise le thread en tête de file à acquérir le verrou et ce thread est retiré de la file d'attente des threads du verrou.
- q **Si une exception est levée** dans la section critique, le verrou est automatiquement libéré par l'instruction lock pour ce thread.

### *Exemple C# de synchronisation avec lock :*

1°) Partons d'un exemple où le fait qu'il n'y ait pas de synchronisation provoque un comportement erratique. Soit un tableau d'entiers "int[ ] datas = new int[50]" tous à la valeur 1, nous construisons trois threads modifiant ce tableau, le premier rajoute 1 à chaque cellule du tableau, le second multiplie par 2 le contenu de chaque cellule du tableau, le troisième soustrait 1 à chaque cellule du tableau.

Nous créons une classe **ThreadModifierDonnees** dont la vocation est de permettre à des délégués, à qui nous donnerons un nom lors de leur instanciation, de travailler sur le tableau d'entiers à travers une méthode run().

Dans cette classe **ThreadModifierDonnees** la méthode run( ) effectue une action différente selon le nom du délégué qui l'invoque (ajouter 1, multiplier par 2, soustraire 1).

Afin de souligner la concurrence entre les 3 threads nous déséquilibrions les temps alloués aux threads par un endormissement différent pour le thread1 (**Thread.Sleep(1);**) et pour le thread2 (**Thread.Sleep(0) ;**), le thread3 restant indemne de toute modification temporelle :

```
public class ThreadModifierDonnees
{
    private int[ ] donnees;
    private string nom;
    public ThreadModifierDonnees(int[ ] donnees, string nom)
    {
        this.donnees = donnees;
        this.nom = nom;
    }
    public void run( )
    {
        for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)
        {
            if (nom == "modif1")
            {
                donnees[i] += 1;
                Thread.Sleep(1);
            }
            else
                if (nom == "modif2")
                {
                    donnees[i] *= 2;
                    Thread.Sleep(0);
                }
            else
        }
    }
}
```

```

        if (nom == "modif3")
            donnees[i] -= 1;
    }
}

public class Program
{
    public static int[ ] datas = new int[50];

    public static void afficherDatas()
    {
        for (int i = 0; i < datas.Length; i++)
            Console.WriteLine(datas[i]);
        Console.WriteLine();
    }

    public static void initDatas()
    {
        for (int i = 0; i < 50; i++)
            datas[i]=1;
    }

    static void Main(string[] args)
    {
        initDatas();
        ThreadModifierDonnees modif_1 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif1");
        ThreadModifierDonnees modif_2 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif2");
        ThreadModifierDonnees modif_3 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif3");
        afficherDatas();
        Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(modif_1.run));
        Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(modif_2.run));
        Thread thread3 = new Thread(new ThreadStart(modif_3.run));
        thread1.Start();
        thread2.Start();
        thread3.Start();
        afficherDatas();
        System.Console.ReadLine();
    }
}

```

La méthode initDatas() rempli de 1 le tableau datas, la méthode afficherDatas affiche le contenu des 50 cellules du tableau datas.

Après avoir lancé les 3 threads nous affichons afficherDatas affiche de nouveau le contenu des 50 cellules du tableau datas. En relançant plusieurs fois le programme nous obtenons des résultats différents (qui peuvent aussi différer d'une machine à l'autre) dûs au fait que les threads ne sont pas synchronisés sur la boucle **for** de la méthode **run** :

Exécution : (*Résultats dépendants de votre configuration machine+OS*)

Execution : [Résultats dépendants de votre configuration machine](#)

Autre exécution : (*Résultats dépendants de votre configuration machine+OS*)

Haut exécution : (résultats dépendants de l'ordre des éléments)

Autre exécution : (*Résultats dépendants de votre configuration machine+OS*)

etc ...

**2°)** A l'évidence, les résultats ne sont pas fiables puisqu'ils dépendent du temps et de la charge du système, donc ce programme n'est pas valide. Afin de remédier à cet inconvénient majeur nous utilisons un verrouillage de la boucle `for` dans la méthode `run` et nous déclarons un verrou de type object dans la classe `ThreadModifierDonnees`. L'objet verrou est **static** afin que ce soit le même objet pour toutes les instances de telle sorte que les threads consulteront le même verrou :

```
public class ThreadModifierDonnees
{
    private int[] donnees;
    private string nom;
    private static object verrou = new object();

    public ThreadModifierDonnees(int[] donnees, string nom)
    {
        this.donnees = donnees;
        this.nom = nom;
    }

    public void run()
    {
        lock (verrou)
        {
            for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)
            {
                if (nom == "modif1")
                {
                    donnees[i] += 1;
                    Thread.Sleep(1);
                }
                else
                if (nom == "modif2")
                {
                    donnees[i] *= 2;
                    Thread.Sleep(0);
                }
                else
                if (nom == "modif3")
                {
                    donnees[i] -= 1;
                }
            }
        }
    }
}
```

Le code de la classe `Program` reste identique, et les résultats de l'exécution sont déterministes et dirigés uniquement par l'ordre séquentiel de lancement des 3 threads

1°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant :

```
thread1.Start();  
thread2.Start();  
thread3 Start();
```

2°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread2.Start();  
thread1.Start();  
thread3.Start();
```

Résultats d'exécution pour l'ordre de lancement 2,1,3 :

3°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread3.Start();  
thread2.Start();  
thread1.Start();
```

Résultats d'exécution pour l'ordre de lancement 3,2,1 :

Si le thread principal « va trop vite » on lui demande d'attendre la fin de l'exécution des 3 autres threads avant qu'il exécute la méthode afficherDatas()

```
thread1.Join(); // on attend que ce thread ait terminé la totalité de son exécution  
thread2.Join(); // on attend que ce thread ait terminé la totalité de son exécution  
thread3.Join(); // on attend que ce thread ait terminé la totalité de son exécution  
afficherDatas();
```

### **3.5 Section critique en C# : Monitor**

## La classe Monitor

Cette classe fournit un moyen général de synchroniser les accès à un objet en C#. Elle est abstraite

```
public sealed abstract class Monitor
```

Elle contient des méthodes permettant à un thread de travailler plus finement sur une section critique que l'instruction lock. Voici trois méthodes static de la classe **Monitor** permettant à un thread :

- q D'acquérir un verrou : **public static void** Enter(object obj);
  - q De libérer un verrou : **public static void** Exit(object obj);
  - q D'essayer d'acquérir un verrou : **public static bool** TryEnter(object obj);

Les méthodes Enter et Exit permettent de délimiter une section critique :

```
object verrou = new object();
Monitor.Enter ( verrou );
... lignes de code de la section critique
Monitor.Exit ( verrou );
```

La méthode TryEnter permet à un thread de consulter l'état d'un verrou et dans l'éventualité où ce verrou est verrouillé, si le développeur le souhaite, de ne pas mettre immédiatement le thread dans

la file d'attente du verrou, mais d'effectuer d'autres actions. Ci-dessous un pseudo-code C# dans lequel le thread qui exécute la méthode2() teste l'état du verrou avant de rentrer dans la section critique contenue dans la méthode1() ou bien effectue d'autres actions si cette section critique est occupée par un autre thread :

```
private object verrou = new object();

public void methode1()
{
    Monitor.Enter ( verrou ) ;
    ... lignes de code de la section critique
    Monitor.Exit ( verrou ) ;
}

.....
public void methode2()
{
    if (Monitor.TryEnter ( verrou ) )
        methode1( );
    else
        ...Autres actions
}
```

Dans le cas où une exception serait levée dans une section critique le verrou n'est pas automatiquement levé comme avec l'instruction **lock()**{...}, Microsoft conseille au développeur de protéger son code par un **try...finally**. Voici le code minimal permettant d'assurer cette protection semblablement à un lock :

```
object verrou = new object();
Monitor.Enter ( verrou ) ;
try
{
    ... lignes de code de la section critique
}
finally
{
    Monitor.Exit ( verrou ) ;
}
```

Dans l'exemple précédent de section critique mettant à jour les 50 cellules d'un tableau d'entiers, nous remplaçons l'instruction **lock** par un appel aux méthodes **static Enter et Exit** de la classe **Monitor** sans protection du code :

```
public class ThreadModifierDonnees
{
    private int[] donnees;
    private string nom;
    private static object verrou = new object();

    public ThreadModifierDonnees(int[] donnees, string nom)
    {
        this.donnees = donnees;
        this.nom = nom;
```

```

}
public void run()
{
    Monitor.Enter ( verrou ) ;
    for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)
    {
        if (nom == "modif1")
        {
            donnees[i] += 1;
            Thread.Sleep(1);
        }
        else
            if (nom == "modif2")
            {
                donnees[i] *= 2;
                Thread.Sleep(0);
            }
        else
            if (nom == "modif3")
            {
                donnees[i] -= 1;
            }
    }
    Monitor.Exit ( verrou ) ;
}
}

```

Même programme avec appel aux méthodes **static Enter** et **Exit** de la classe **Monitor** et protection du code par **try...finally** dans la méthode **run( )**:

```

public void run()  {
    Monitor.Enter ( verrou ) ;
    try
    {
        for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)  {
            if (nom == "modif1")
            {
                donnees[i] += 1;
                Thread.Sleep(1);
            }
            else
                if (nom == "modif2")
                {
                    donnees[i] *= 2;
                    Thread.Sleep(0);
                }
            else
                if (nom == "modif3")
                {
                    donnees[i] -= 1;
                }
        }
    }
    finally { Monitor.Exit ( verrou ) ; }
}
}

```

### 3.6 Synchronisation commune aux processus et aux threads

Il existe dans la version C# 2.0 deux classes permettant de travailler aussi bien avec des threads qu'avec des processus.

## La classe Semaphore

```
public sealed class Semaphore : WaitHandle
```

**Semaphore** est une classe dédiée à l'accès à une ressource partagée non pas par un seul thread mais par un nombre déterminé de threads lors de la création du sémaphore à travers son constructeur dont nous donnons une surcharge :

```
public Semaphore ( int initialCount, int maximumCount );
```

initialCount = le nombre de thread autorisés à posséder le sémaphore en plus du thread principal, la valeur 0 indique que seul le thread principal possède le sépmaphore au départ.

MaximumCount = le nombre maximal de thread autorisés à posséder le sémaphore.

Pour essayer de simuler une section critique accessible par un seul thread à la fois par la notion de verrou, il faut instancier un sémaphore avec un maximumCount = 1 et utiliser les méthodes *WaitOne* et *Release* de la classe **Semaphore** :

```
Semaphore verrou = new Semaphore (0, 1);  
verrou.WaitOne ( );  
... lignes de code de la section critique  
verrou.Release ( );
```

Toutefois l'utilisation d'un sémaphore même avec *maximumCount = 1* ne permet pas d'ordonnancer les accès à la section critique, dans ce cas le sémaphore sert seulement à assurer qu'une section critique est accédée entièrement par un seul thread. Illustrons ce propos avec notre exemple de code partagé mettant à jour les 50 cellules d'un tableau d'entiers.

Nous créons un sémaphore **public static** dans la classe **ThreadModifierDonnees** que nous nommons verrou, nous supprimons les endormissements Sleep(...), nous instancions le sémaphore **Semaphore** verrou = **new Semaphore** (0, 1), enfin nous encadrons la section critique par les appels des méthodes *WaitOne* et *Release* :

```
public class ThreadModifierDonnees  
{  
    private int[] donnees;  
    private string nom;  
    public static Semaphore verrou = new Semaphore ( 0, 1 );  
  
    public ThreadModifierDonnees(int[] donnees, string nom)  
    {  
        this.donnees = donnees;  
        this.nom = nom;  
    }  
    public void run()  
    {
```

```

verrou.WaitOne( );
for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)
{
    if (nom == "modif1")
    {
        donnees[i] += 1;
        Thread.Sleep(1);
    }
    else
        if (nom == "modif2")
    {
        donnees[i] *= 2;
        Thread.Sleep(0);
    }
    else
        if (nom == "modif3")
    {
        donnees[i] -= 1;
    }
}
verrou.Release( );

```

Dans la méthode Main de la classe `Program`, par construction du sémaphore c'est le thread principal qui possède le sémaphore verrou, on fait libérer ce sémaphore par le thread principal par l'instruction "`ThreadModifierDonnees.verrou.Release(1)`" qui a vocation à autoriser un des 3 threads `thread1`, `thread2` ou `thread3` à entrer dans la section critique :

```
static void Main(string[] args)
{
    initDatas();
    ThreadModifierDonnees modif_1 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif1");
    ThreadModifierDonnees modif_2 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif2");
    ThreadModifierDonnees modif_3 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif3");
    afficherDatas();
    Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(modif_1.run));
    Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(modif_2.run));
    Thread thread3 = new Thread(new ThreadStart(modif_3.run));
    thread1.Start();
    thread2.Start();
    thread3.Start();
    ThreadModifierDonnees.verrou.Release(1);
    afficherDatas();
    System.Console.ReadLine();
}
```

Le résultat obtenu est identique à celui que nous avions obtenu avec lock ou Monitor :

Pour l'ordre de lancement des threads suivant :

```
thread1.Start();  
thread2.Start();  
thread3 Start();
```

### Résultats d'exécution :

Il ne faut pas s'y méprendre, si l'on change l'ordre de lancement on a toujours l'accès garanti par le sémaphore à la section critique par un seul thread, mais l'ordre d'accès séquentiel n'est pas garanti :

1°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread2.Start();  
thread1.Start();  
thread3.Start();
```

#### Résultats d'exécution :

2°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread3.Start();  
thread2.Start();  
thread1.Start();
```

#### Résultats d'exécution :

## La classe Mutex

**public sealed class Mutex : WaitHandle**

**Mutex** est une classe dédiée à la synchronisation entre processus ou entre threads. Elle permet un accès exclusif à une ressource partagée en situation de concurrence : elle autorise un accès exclusif à cette ressource par un seul thread ou processus. Si un thread ou processus acquiert un mutex, l'autre thread ou processus qui veut acquérir ce mutex est interrompu jusqu'à ce que le premier thread ou processus libère le mutex. Elle fonctionne comme un sémaphore à un seul thread autorisé.

Les méthodes intéressantes pour gérer une section critique sont semblables à celle de la classe `Semaphore`, on peut considérer la classe `Mutex` comme une simplification de la classe `Semaphore` dans le cas d'un seul thread ou d'un seul processus qui accède à la section critique. Elle possède toutefois l'avantage sur la classe `Semaphore` de permettre de gérer l'**ordre d'accès séquentiel à la section critique**.

On utilise les méthodes *WaitOne* et *ReleaseMutex* de la classe **Mutex**:

```
Semaphore verrou = new Mutex();  
  
verrou.WaitOne();  
... lignes de code de la section critique  
verrou.ReleaseMutex();
```

Ci-dessous le code de la classe `ThreadModifierDonnees` avec un mutex **public** que nous nommons verrou, nous avons aussi supprimé les endormissements `Sleep(...)`, et nous encadrons la section critique par les appels des méthodes `WaitOne` et `ReleaseMutex` :

```

public class ThreadModifierDonnees
{
    private int[] donnees;
    private string nom;
    public static Mutex verrou = new Mutex( );

    public ThreadModifierDonnees(int[] donnees, string nom)
    {
        this.donnees = donnees;
        this.nom = nom;
    }
    public void run()
    {
        verrou.WaitOne();
        for (int i = 0; i < donnees.Length; i++)
        {
            if (nom == "modif1")
            {
                donnees[i] += 1;
                Thread.Sleep(1);
            }
            else
                if (nom == "modif2")
                {
                    donnees[i] *= 2;
                    Thread.Sleep(0);
                }
            else
                if (nom == "modif3")
                {
                    donnees[i] -= 1;
                }
        }
        verrou.ReleaseMutex();
    }
}

```

Nous retrouvons dans la méthode Main de la classe **Program**, un code identique à celui correspondant à une utilisation d'un **lock** ou d'un **Monitor** :

```

static void Main(string[] args)
{
    initDatas();
    ThreadModifierDonnees modif_1 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif1");
    ThreadModifierDonnees modif_2 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif2");
    ThreadModifierDonnees modif_3 = new ThreadModifierDonnees(datas, "modif3");
    afficherDatas();
    Thread thread1 = new Thread(new ThreadStart(modif_1.run));
    Thread thread2 = new Thread(new ThreadStart(modif_2.run));
    Thread thread3 = new Thread(new ThreadStart(modif_3.run));
    thread1.Start();
    thread2.Start();
    thread3.Start();
    afficherDatas();
    System.Console.ReadLine();
}
}

```

Nous donnons les résultats obtenus selon l'ordre de lancement des thread :

1°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant :

```
thread1.Start();  
thread2.Start();  
thread3.Start();
```

#### Résultats d'exécution :

2°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread2.Start();  
thread1.Start();  
thread3.Start();
```

#### Résultats d'exécution :

3°) Pour l'ordre de lancement des threads suivant:

```
thread3.Start();  
thread2.Start();  
thread1.Start();
```

#### Résultats d'exécution :

Ces résultats sont identiques à ceux que l'on obtient en utilisant un lock.

En conclusion, l'instruction **lock** s'avère être la plus souple et la plus simple à utiliser pour définir une section critique et pour assurer une synchronisation efficace des threads sur cette section critique.

# IHM et Winforms



- 
- ▣ **Les événements**
  - ▣ **Propriétés et indexeurs**
  - ▣ **Fenêtres et ressources**
  - ▣ **Contrôles dans les formulaires**
  - ▣ **Exceptions comparées**
  - ▣ **Flux et fichiers : données simples**

# Programmation événementielle et visuelle

---

Plan du chapitre: 

## Introduction

### 1. Programmation visuelle basée sur les pictogrammes

### 2. Programmation orientée événements

### 3. Normalisation du graphe événementiel

*le graphe événementiel arcs et sommets  
les diagrammes d'états UML réduits*

### 4. Tableau des actions événementielles

### 5. Interfaces liées à un graphe événementiel

### 6. Avantages et modèle de développement RAD visuel

*le modèle de la spirale (B.Boehm)  
le modèle incrémental*

## 1. Programmation visuelle basée sur les pictogrammes

Le développement visuel rapide d'application est fondé sur le concept de programmation visuelle associée à la montée en puissance de l'utilisation des Interactions Homme-Machine (IHM) dont le dynamisme récent ne peut pas être méconnu surtout par le débutant. En informatique les systèmes MacOs, Windows, les navigateurs Web, sont les principaux acteurs de l'ingénierie de l'IHM. Actuellement dans le développement d'un logiciel, un temps très important est consacré à l'ergonomie et la communication, cette part ne pourra que grandir dans un avenir proche; car les utilisateurs veulent s'adresser à des logiciels efficaces (ce qui va de soi) mais aussi conviviaux et faciles d'accès.

Les développeurs ont donc besoin d'avoir à leur disposition des produits de développement adaptés aux nécessités du moment. A ce jour la programmation visuelle est une des réponses à cette attente des développeurs.

La programmation visuelle au tout début a été conçue pour des personnes n'étant pas des programmeurs en basant ses outils sur des manipulations de pictogrammes.

Le raisonnement communément admis est qu'un dessin associé à une action élémentaire est plus porteur de sens qu'une phrase de texte.

A titre d'exemple ci-dessous l'on enlève le "fichier.bmp" afin de l'effacer selon deux modes de communication avec la machine: utilisation d'icônes ou entrée d'une commande textuelle.

### Effacement avec un langage d'action visuelle (souris)

Action :	Réponse :
  Corbeille	 Corbeille

### Effacement avec un langage textuel (clavier)

Action :	Réponse :
<code>del c:\Exemple\Fichier.bmp</code>	?

Nous remarquons donc déjà que l'interface de communication MacOs, Windows dénommée "bureau électronique" est en fait un outil de programmation de commandes systèmes.

Un langage de programmation visuelle permet "d'écrire" la partie communication d'un programme uniquement avec des dessins, diagrammes, icônes etc... Nous nous intéressons aux systèmes RAD (Rapid Application Development) visuels, qui sont fondés sur des langages objets à bases d'icônes ou pictogrammes. Visual Basic de MicroSoft est le premier RAD visuel a avoir été commercialisé dès 1991, il est fondé sur un langage Basic étendu incluant des objets étendus en VB.Net depuis 2001, puis dès 1995 Delphi le premier RAD visuel de Borland fondé sur Pascal objet, puis actuellement toujours de Borland : C++Builder RAD visuel fondé sur le langage C++ et Jbuilder, NetBeans RAD visuel de Sun fondés sur le langage Java, Visual C++, Visual J++ de Microsoft, puis Visual studio de Microsoft etc...

Le développeur trouve actuellement, une offre importante en outil de développement de RAD visuel y compris en open source. Nous proposons de définir un langage de RAD visuel ainsi :

Un **langage visuel** dans un RAD visuel est un **générateur de code source** du langage de base qui, derrière chaque action visuelle (dépôt de contrôle, click de souris, modifications des propriétés, etc...) engendre des lignes de code automatiquement et d'une manière transparente au développeur.

Des outils de développement tels que Visual Basic, Delphi ou C# sont adaptés depuis leur création à la programmation visuelle pour débutant. Toutefois l'efficacité des dernières versions a étendu leur champ au développement en général et dans l'activité industrielle et commerciale avec des versions "entreprise" pour VB et "Architect" pour Delphi et les versions .Net.

En outre, le système windows est le plus largement répandu sur les machines grand public (90% des PC vendus en sont équipés), il est donc très utile que le débutant en programmation sache utiliser un produit de développement (rapide si possible) sur ce système.

### Proposition :

Nous considérons dans cet ouvrage, la programmation visuelle à la fois comme une **fin** et comme un **moyen**.

La programmation visuelle est sous-tendue par la réactivité des programmes en réponse aux actions de l'utilisateur. Il est donc nécessaire de construire des programmes qui répondent à des

sollicitations externes ou internes et non plus de programmer séquentiellement (ceci est essentiellement dû aux architectures de Von Neumann des machines) : ces sollicitations sont appelées des événements.

Le concept de **programmation dirigée ou orientée par les événements** est donc la composante essentielle de la programmation visuelle.

## Terminons cette présentation par 5 remarques sur le concept de RAD :

### Utiliser un RAD simple mais puissant

Nous ne considérerons pas comme utile pour des débutants de démarrer la programmation visuelle avec des RAD basés sur le **langage C++**. Du fait de sa large permissivité ce langage permet au programmeur d'adopter certaines **attitudes dangereuses** sans contrôle possible. Seul le programmeur confirmé au courant des pièges et des subtilités de la programmation et du langage, pourra exploiter sans risque la richesse de ce type de RAD.

### Avoir de bonnes méthodes dès le début

Le RAD Visual C# inclus dans Visual Studio, a des **caractéristiques très proches de celles de ses parents Java et Delphi**, tout en apportant quelques améliorations. L'aspect fortement typé du langage C# autorise la prise en compte par le développeur débutant de bonnes attitudes de programmation.

### C'est Apple qui en a été le promoteur

Le premier environnement de développement visuel professionnel fut basé sur **Object Pascal** et a été conçu par Apple pour le système d'exploitation **MacOs**, sous la dénomination de **MacApp** en 1986. Cet environnement objet visuel permettait de développer des applications MacIntosh avec souris, fenêtre, menus déroulants etc...

### Microsoft l'a popularisé

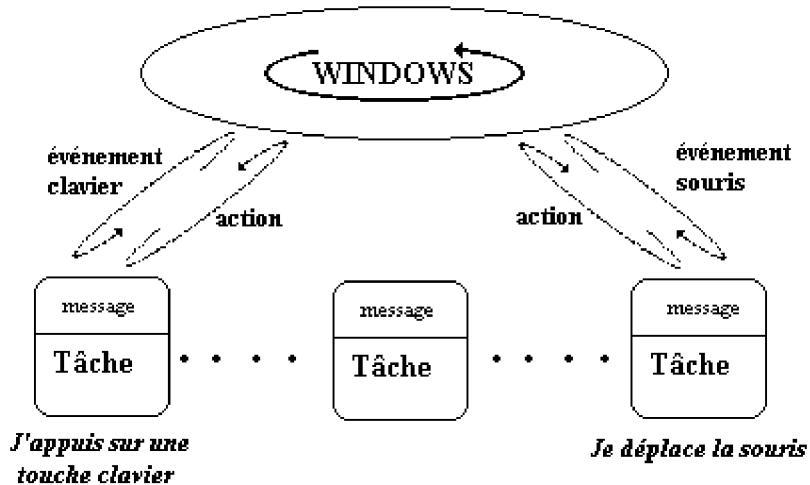
Le RAD Visual Basic de MicroSof conçu à partir de 1992, basé sur le langage Basic avait pour objectif le développement de petits logiciels sous Windows par des **programmeurs non expérimentés et occasionnels**. Actuellement il se décline en VB.Net un langage totalement orienté objet faisant partie intégrante de la plate-forme .Net Framework de Microsoft avec Visual C#.

### Le concept de RAD a de beaux jours devant lui

Le métier de développeur devrait à terme, consister grâce à des outils tels que les RAD visuels, à prendre un "caddie" et à aller dans un supermarché de composants logiciels génériques adaptés à son problème. Il ne lui resterait plus qu'à assembler le flot des événements reliant entre eux ces logiciels en kit.

## 2. Programmation orientée événements

Sous les versions actuelles de Windows, système multi-tâches préemptif sur micro-ordinateur, les concepts quant à la programmation par événement restent sensiblement les mêmes que sous les anciennes versions.



Nous dirons que le système d'exploitation passe l'essentiel de son " temps " à attendre une action de l'utilisateur (événement). Cette action déclenche un message que le système traite et envoie éventuellement à une application donnée.

### Une définition de la programmation orientée événements

**Logique de conception selon laquelle un programme est construit avec des objets et leurs propriétés et d'après laquelle les interventions de l'utilisateur sur les objets du programme déclenchent l'exécution des routines associées.**

Par la suite, nous allons voir dans ce chapitre que la programmation d'une application " windows-like " est essentiellement une **programmation par événements associée à une programmation classique**.

Nous pourrons construire un logiciel qui réagira sur les interventions de l'utilisateur si nous arrivons à intercepter dans notre application les messages que le système envoie. Or l'environnement RAD ( C#, comme d'ailleurs avant lui Visual Basic de Microsoft), autorise la consultation de tels messages d'un façon simple et souple.

### Deux approches pour construire un programme

- q L'**approche événementielle** intervient principalement dans l'interface entre le logiciel et l'utilisateur, mais aussi dans la liaison dynamique du logiciel

avec le système, et enfin dans la sécurité.

- q *L'approche visuelle* nous aide et simplifie notre tâche dans la construction du dialogue homme-machine.
- q *La combinaison de ces deux approches produit un logiciel habillé et adapté au système d'exploitation.*

Il est possible de relier certains objets entre eux par des relations événementielles. Nous les représenterons par un graphe (structure classique utilisée pour représenter des relations).

Lorsque l'on utilise un système multi-fenêtré du genre windows, l'on dispose du clavier et de la souris pour agir sur le système. En utilisant un RAD visuel, il est possible de **construire un logiciel qui se comporte comme le système sur lequel il s'exécute**. L'intérêt est que l'utilisateur aura moins d'efforts à accomplir pour se servir du programme puisqu'il aura des fonctionnalités semblables au système. Le fait que l'utilisateur reste dans un **environnement familier** au niveau de la manipulation et du confort du dialogue, assure le logiciel d'un capital confiance de départ non négligeable.

### 3. Normalisation du graphe événementiel

Il n'existe que peu d'éléments accessibles aux débutants sur la programmation orientée objet par événements. Nous construisons une démarche méthodique pour le débutant, en partant de remarques simples que nous décrivons sous forme de schémas dérivés des diagrammes d'états d'UML. Ces schémas seront utiles pour nous aider à décrire et à implanter des relations événementielles en C# ou dans un autre RAD événementiel.

Voici deux principes qui pour l'instant seront suffisants à nos activités de programmation.

Dans une interface windows-like nous savons que:

- q Certains événements déclenchent immédiatement des actions comme par exemple des appels de routines système.
- q D'autres événements ne déclenchent pas d'actions apparentes mais activent ou désactivent certains autres événements système.

Nous allons utiliser ces deux principes pour conduire notre programmation par événements.

Nous commencerons par le **concept d'activation et de désactivation**, les autres événements fonctionneront selon les mêmes bases. Dans un enseignement sur la programmation événementielle, nous avons constaté que ce **concept était suffisant** pour que les étudiants comprennent les fondamentaux de l'approche événementielle.

**Remarque :**

Attention! Il ne s'agit que d'une manière particulière de conduire notre programmation, ce ne peut donc être ni la seule, ni la meilleure (le sens accordé au mot meilleur est relatif au domaine pédagogique). Cette démarche s'est révélée être fructueuse lors d'enseignements d'initiation à ce genre de programmation.

### Hypothèses de construction

Nous supposons donc que lorsque l'utilisateur intervient sur le programme en cours d'exécution, ce dernier réagira en première analyse de deux manières possibles :

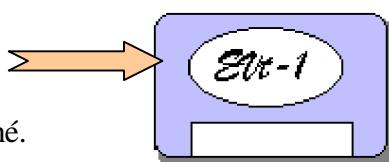
- q soit il lancera l'appel d'une routine (exécution d'une action, calcul, lecture de fichier, message à un autre objet comme ouverture d'une fiche etc...),
- q soit il modifiera l'état d'activation d'autres objets du programme et/ou de lui-même, soit il ne se passera rien, nous dirons alors qu'il s'agit d'une modification nulle.

Ces hypothèses sont largement suffisantes pour la plupart des logiciels que nous pouvons raisonnablement espérer construire en initiation. Les concepts plus techniques de messages dépassent assez vite l'étudiant qui risque de replonger dans de " la grande bidouille ".

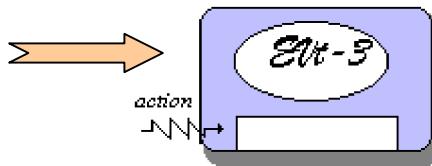
### 3.1 le graphe événementiel arcs et sommets

*Nous proposons de construire un graphe dans lequel :*

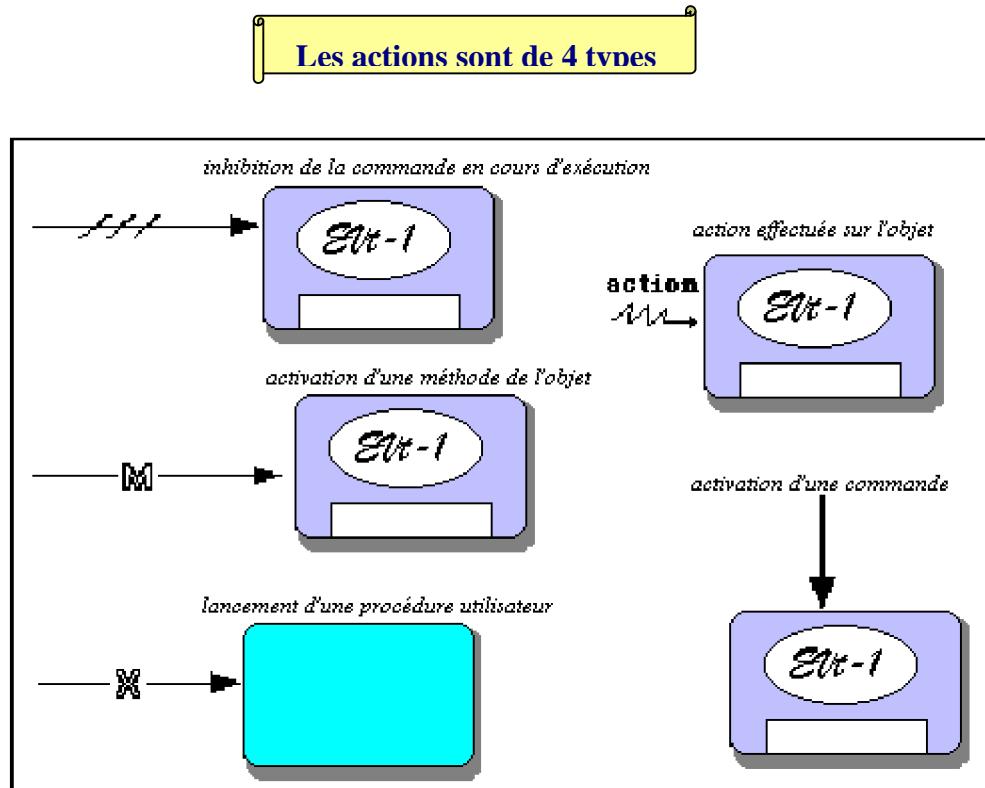
chaque **sommet** est un objet sensible à un événement donné.



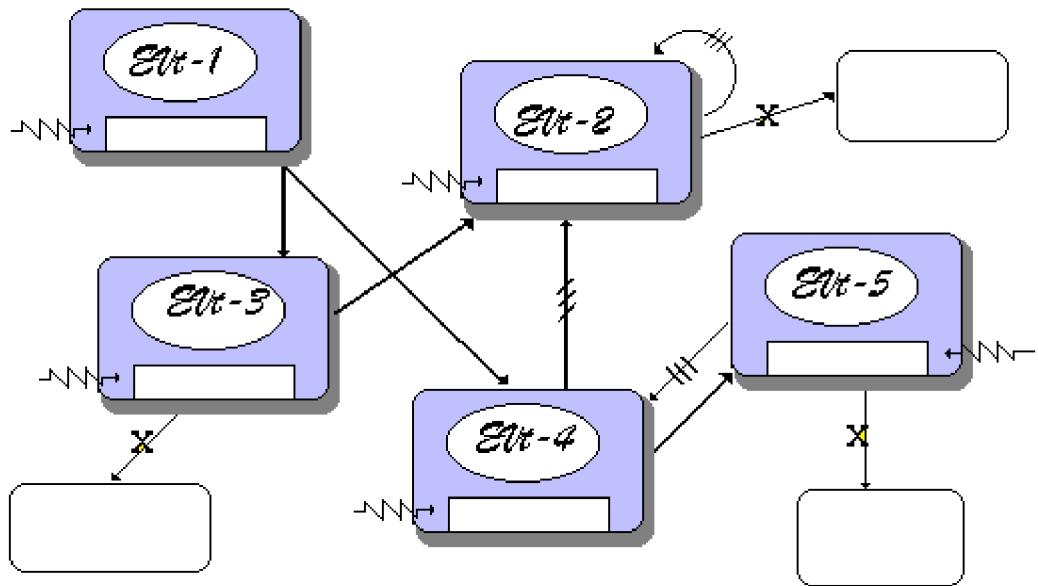
L'événement donné est déclenché par une action extérieure à l'objet.



Les arcs du graphe représentent des actions lancées par un sommet.

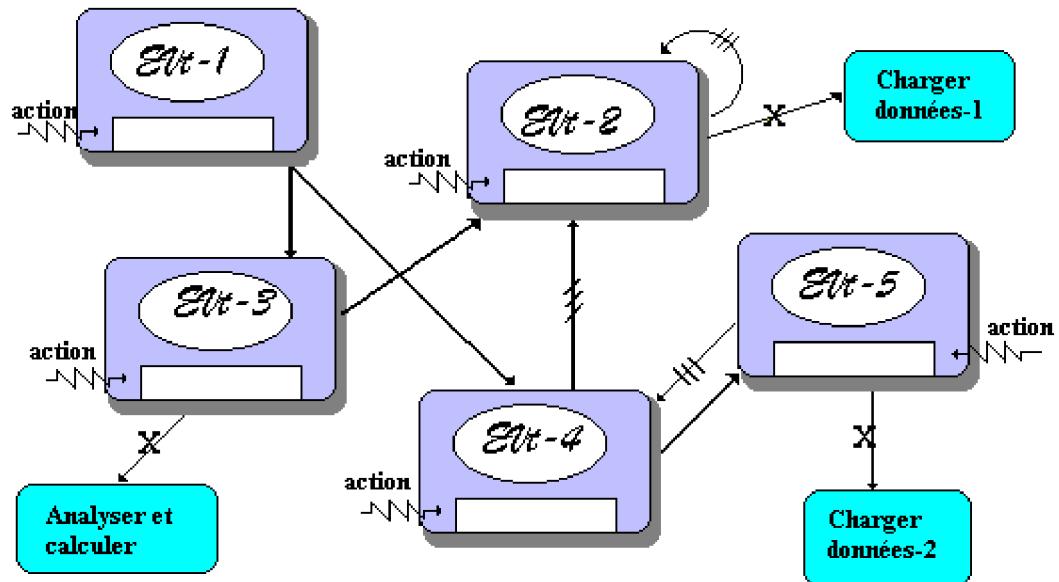


Soit le graphe événementiel suivant composé de 5 objets sensibles chacun à un événement particulier dénoté Evt-1,..., Evt-5; ce graphe comporte des réactions de chaque objet à l'événement auquel il est sensible :



Imaginons que ce graphe corresponde à une analyse de chargements de deux types différents de données à des fins de calcul sur leurs valeurs.

La figure suivante propose un tel graphe événementiel à partir du graphe vide précédent.



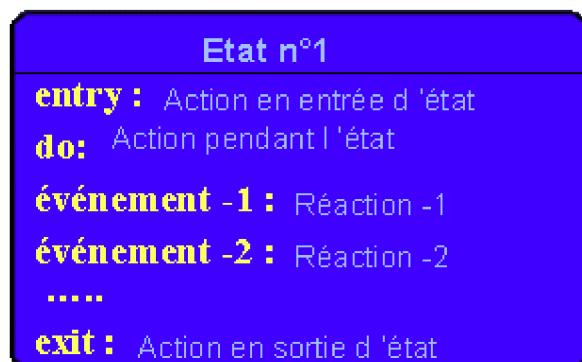
Cette notation de graphe événementiel est destinée à s'initier à la pratique de la description d'au maximum 4 types de réactions d'un objet sur la sollicitation d'un seul événement.

### Remarques :

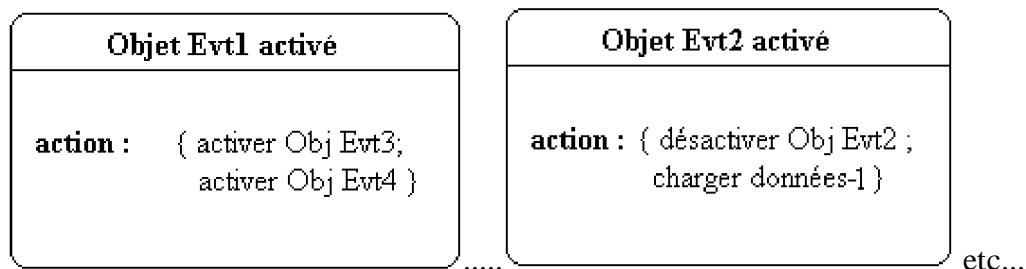
- L'arc nommé, représentant l'activation d'une méthode correspond très exactement à la notation UML de l'envoi d'un message.
- Lorsque nous voudrons représenter d'une manière plus complète d'autres réactions d'**un seul** objet à **plusieurs événements différents**, nous pourrons utiliser la notation UML réduite de diagramme d'état pour un objet (**réduite parce qu'un objet visuel ne prendra pour nous, que 2 états: activé ou désactivé**).

### 3.2 les diagrammes d'états UML réduits

Nous livrons ci-dessous la notation générale de diagramme d'état en UML, les cas particuliers et les détails complets sont décrits dans le document de spécification d'UML.



Voici les diagrammes d'états réduits extraits du graphe événementiel précédent, pour les objets **Evt-1** et **Evt-2** :

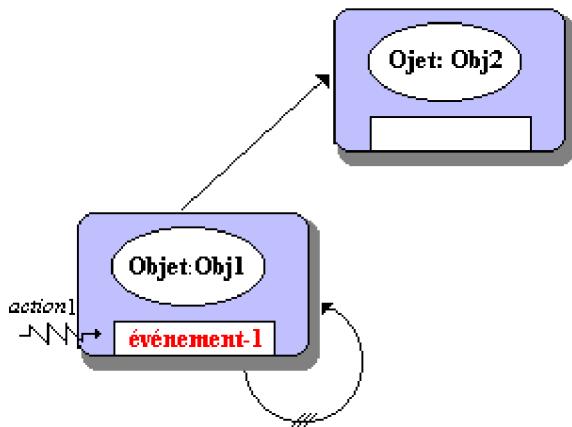


Nous remarquerons que cette écriture, pour l'instant, ne produit pas plus de sens que le graphe précédent qui comporte en sus la vision globale des interrelations entre les objets.

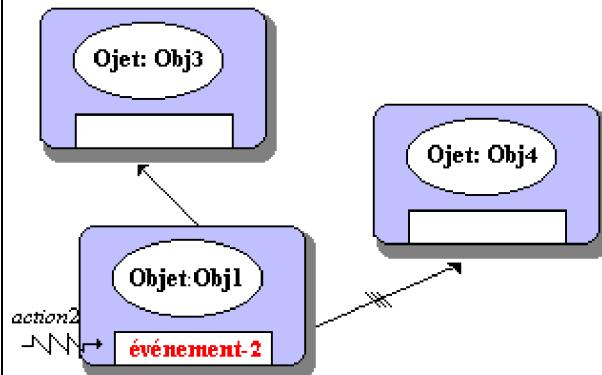
Ces diagrammes d'états réduits deviennent plus intéressants lorsque nous voulons exprimer le fait par exemple, qu'un seul objet **Obj1** réagit à 3 événements (événement-1, événement-2, événement-3). Dans ce cas décrivons les portions de graphe événementiel associés à chacun des

événements :

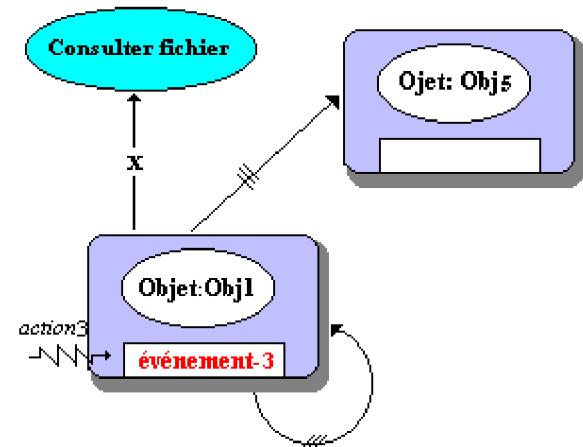
Réaction de obj1 à l'événement-1 :



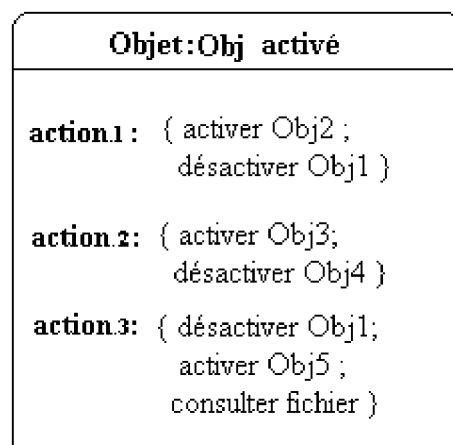
Réaction de obj1 à l'événement-2 :



Réaction de obj1 à l'événement-3 :

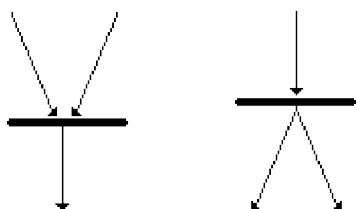


Synthétisons dans un diagramme d'état réduit les réactions à ces 3 événements :

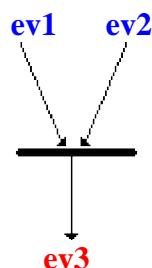


Lorsque nous jugerons nécessaire à la compréhension de relations événementielles dans un logiciel visuel, nous pourrons donc utiliser ce genre de diagramme pour renforcer la sémantique de conception des objets visuels. La notation UML sur les diagrammes d'états comprend les notions d'état de départ, de sortie, imbriqué, historisé, concurrents...

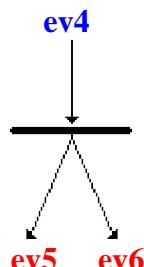
Lorsque cela sera nécessaire nous utiliserons la notation UML de synchronisation d'événements :



Dans le premier cas la notation représente la conjonction des deux événements **ev1** et **ev2** qui déclenche l'événement **ev3**.



Dans le second cas la notation représente l'événement **ev4** déclenchant conjointement les deux événements **ev5** et **ev6**.



## 4. Tableau des actions événementielles

L'exemple de graphe événementiel précédent correspond à une application qui serait sensible à 5 événements notés EVT-1 à EVT-5, et qui exécuterait 3 procédures utilisateur. Nous notons dans un tableau (nommé "**tableau des actions événementielles**") les résultats obtenus par analyse du graphe précédent, événement par événement..

EVT-1	EVT-3 activable
-------	-----------------

	EVT-4 activable
<b>EVT-2</b>	Appel de procédure utilisateur "chargement-1"  désactivation de l' événement EVT-2
<b>EVT-3</b>	Appel de procédure utilisateur "Analyser"  EVT-2 activable
<b>EVT-4</b>	EVT-2 désactivé  EVT-5 activable
<b>EVT-5</b>	EVT-4 désactivé immédiatement  Appel de procédure utilisateur "chargement-2"

Nous adjoignons à ce tableau une table des états des événements dès le lancement du logiciel (elle correspond à l'état initial des objets). Par exemple ici :

<b>Evt1</b>	activé
<b>Evt2</b>	désactivé
<b>Evt3</b>	activé
<b>Evt4</b>	activé
<b>Evt5</b>	désactivé

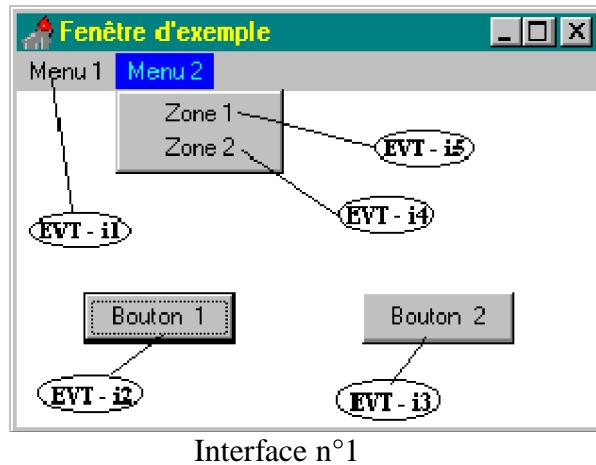
etc...

## 5. Interfaces liées à un graphe événementiel

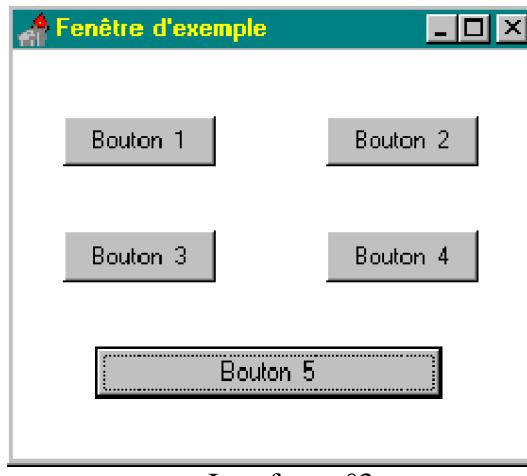
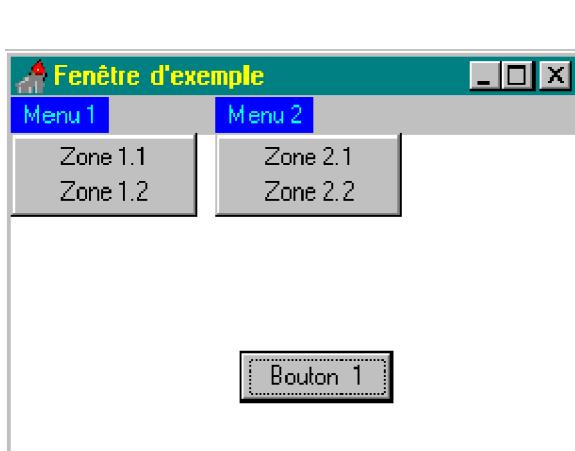
*construction d'interfaces liées au graphe précédent*

Dans l'exemple de droite, (i1,i2,i3,i4,i5) est une permutation sur (1,2,3,4,5).

Ce qui nous donne déjà  $5! = 120$  interfaces possibles avec ces objets et uniquement avec cette topologie.



La figure précédente montre une IHM à partir du graphe événementiel étudié plus haut. Ci-dessous deux autres structures d'interfaces possibles avec les mêmes objets combinés différemment et associés au même graphe événementiel :



Pour les choix n°2 et n°3, il y a aussi 120 interfaces possibles...

## 6. Avantages du modèle de développement RAD visuel

L'approche uniquement structurée (privilégiant les fonctions du logiciel) impose d'écrire du code long et compliqué en risquant de ne pas aboutir, car il faut tout tester afin d'assurer un bon fonctionnement de tous les éléments du logiciel.

L'approche événementielle préfère bâtir un logiciel fondé sur une construction graduelle en fonction des besoins de communication entre l'humain et la machine. Dans cette optique, le programmeur élabore les fonctions associées à une action de communication en privilégiant le dialogue. Ainsi les actions internes du logiciel sont subordonnées au flux du dialogue.

## **Avantages liés à la programmation par RAD visuel**

- q Il est possible de construire très rapidement un prototype.
- q Les fonctionnalités de communication sont les guides principaux du développement (approche plus vivante et attrayante).
- q L'étudiant est impliqué immédiatement dans le processus de conception - construction.

L'étudiant acquiert très vite comme naturelle l'attitude de réutilisation en se servant de " logiciels en kit " (soit au début des composants visuels ou non, puis par la suite ses propres composants).

Il n'y a pas de conflit ni d'incohérence avec la démarche structurée : les algorithmes étant conçus comme des boîtes noires permettant d'implanter certaines actions, seront réutilisés immédiatement.

La méthodologie objet de COO et de POO reste un facteur d'intégration général des activités du programmeur.

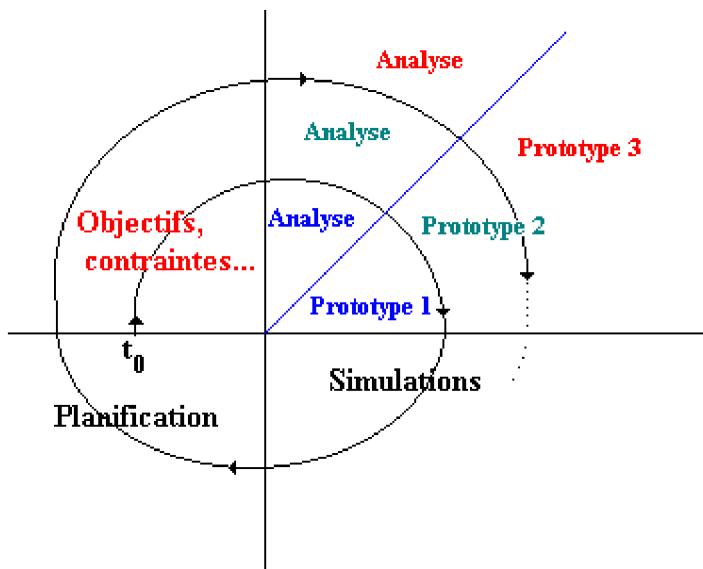
Les actions de communications classiques sont assurées immédiatement par des objets standards (composants visuels ou non) réagissant à des événements extérieurs.

Le RAD fournira des classes d'objets standards non visuels (extensibles si l'étudiant augmente sa compétence) gérant les structures de données classiques (Liste, arbre, etc..). L'extensibilité permet à l'enseignant de rajouter ses kits personnels d'objets et de les mettre à la disposition des étudiants comme des outils standards.

## **Modèles de développement avec un RAD visuel objet**

Le développement avec ce genre de produit autorise une logique générale articulée sur la combinaison de deux modèles de développement :

***le modèle de la spirale (B.Boehm) en version simplifiée***

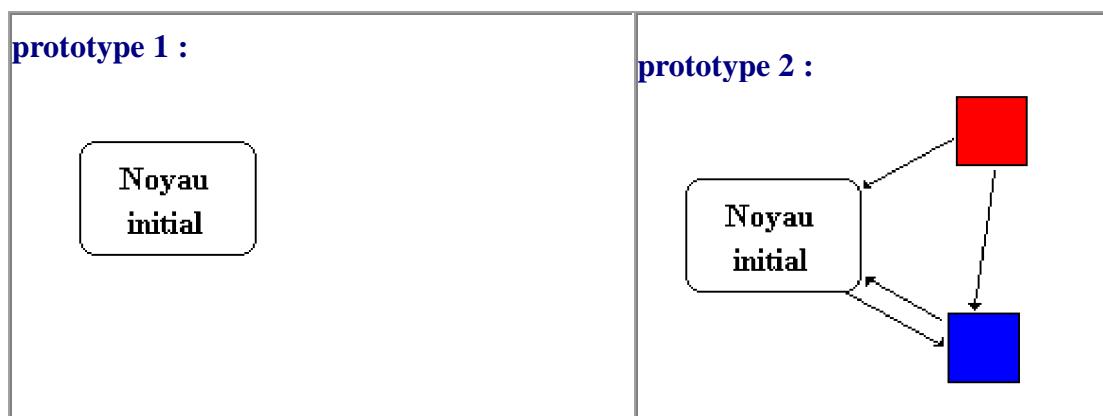


Dans le modèle de la spirale la programmation exploratoire est utilisée sous forme de prototypes simplifiés cycle après cycle. L'analyse s'améliore au cours de chaque cycle et fixe le type de développement pour ce tour de spirale.

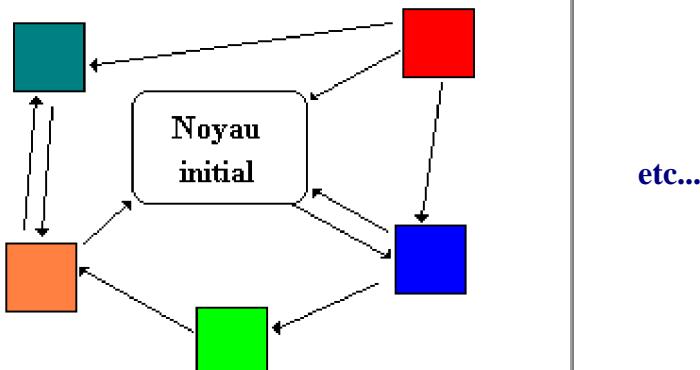
#### *le modèle incrémental*

Il permet de réaliser chaque prototype avec un bloc central au départ, s'enrichissant à chaque phase de nouveaux composants et ainsi que de leurs interactions.

Associé à un cycle de prototypage dans la spirale, une seule famille de composants est développée pour un cycle fixé.



### prototype 3 :



etc...

Ce modèle de développement à l'aide d'objets visuels ou non, fournira en fin de parcours un prototype opérationnel qui pourra s'intégrer dans un projet plus général.

Nous verrons sur des exemples comment ce type d'outil peut procurer aussi des avantages au niveau de la programmation défensive.

## 7. principes d'élaboration d'une IHM

Nous énumérons quelques principes utiles à l'élaboration d'une interface associée étroitement à la programmation événementielle

Notre point de vue reste celui du pédagogue et non pas du spécialiste en ergonomie ou en psychologie cognitive qui sont deux éléments essentiels dans la conception d'une interface homme-machine (**IHM**). Nous nous efforcerons d'utiliser les principes généraux des **IHM** en les mettant à la portée d'un débutant avec un double objectif :

- q Faire écrire des programmes interactifs. Ce qui signifie que le programme doit communiquer avec l'utilisateur qui reste l'acteur privilégié de la communication. Les programmes sont Windows-like et nous nous servons du RAD visuel C# pour les développer. Une partie de la spécification des programmes s'effectue avec des objets graphiques représentant des classes (programmation objet visuelle).
- q Le programmeur peut découpler pendant la conception la programmation de son interface de la programmation des tâches internes de son logiciel (pour nous généralement ce sont des algorithmes ou des scénarios objets).

Nous nous efforçons aussi de ne proposer que des outils pratiques qui sont à notre portée et utilisables rapidement avec un système de développement RAD visuel comme C#.

## Interface homme-machine, les concepts

Les spécialistes en ergonomie conceptualisent une IHM en six concepts :

- q les objets d'entrée-sortie,
- q les temps d'attente (temps de réponse aux sollicitations),
- q le pilotage de l'utilisateur dans l'interface,
- q les types d'interaction (langage,etc..) ,
- q l'enchaînement des opérations,
- q la résistance aux erreurs (ou robustesse qui est la qualité qu'un logiciel à fonctionner même dans des conditions anormales).

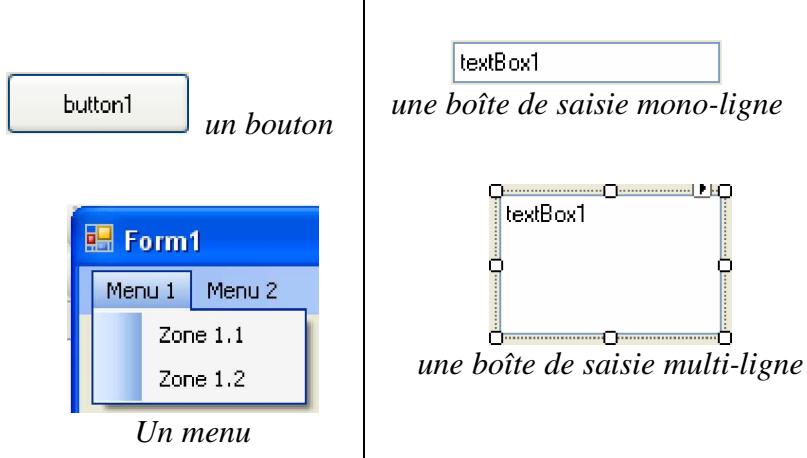
Un principe général provenant des psycho-linguistes guide notre programmeur dans la complexité informationnelle : la mémoire rapide d'un humain ne peut être sollicitée que par un nombre limité de concepts différents en même temps (nombre compris entre sept et neuf). Développons un peu plus chacun des six concepts composants une interface.

### Les objets d'entrée-sortie . . . Concept

Une IHM présente à l'utilisateur un éventail d'informations qui sont de deux ordres : des commandes entraînant des actions internes sur l'IHM et des données présentées totalement ou partiellement selon l'état de l'IHM.

Les commandes participent à la " saisie de l'intention d'action" de l'utilisateur, elles sont matérialisées dans le dialogue par des *objets d'entrée* de l'information (boîtes de saisie, boutons, menus etc...).

Voici avec un RAD visuel comme C#, des objets visuels associés aux objets d'entrée de l'information, ils sont très proches visuellement des objets que l'on trouve dans d'autres RAD visuels, car en fait ce sont des surcouches logiciels de contrôles de base du système d'exploitation (qui est lui-même fenêtré et se présente sous forme d'une IHM dénommée bureau électronique).

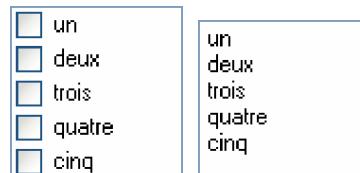


Les données sont présentées à un instant précis du dialogue à travers des **objets de sortie** de l'information (boîte d'édition monoligne, multiligne, tableaux, graphiques, images, sons etc...).

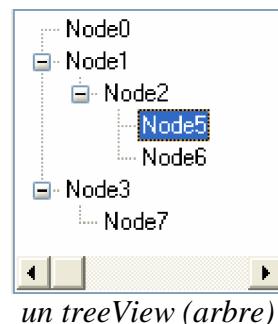
Ci-dessous quelques objets visuels associés à des objets de sortie de l'information :

	Column1	Column2	Column3
*			

*un dataGridView (table)*



*un checkedListBox et un listBox (listes)*



**Concept**

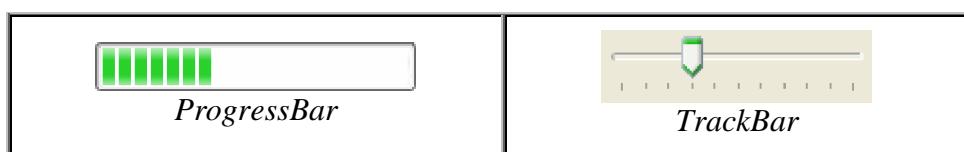
## Les temps d'attente

Sur cette question, une approche psychologique est la seule réponse possible, car l'impression d'attente ne dépend que de celui qui attend selon son degré de patience. Toutefois, puisque nous avons parlé de la mémoire à court terme (mémoire rapide), nous pouvons nous baser sur les temps de persistance généralement admis (environ 5 secondes).

Nous considérerons qu'en première approximation, si le délai d'attente est :

- q inférieur à environ une seconde la réponse est quasi-instantanée,
- q compris entre une seconde et cinq secondes il y a attente, toutefois la mémoire rapide de l'utilisateur contient encore la finalité de l'opération en cours.
- q lorsque l'on dépasse la capacité de mémorisation rapide de l'utilisateur alors il faut soutenir l'attention de l'utilisateur en lui envoyant des informations sur le déroulement de l'opération en cours (on peut utiliser pour cela par exemple des barres de défilement, des jauge, des boîtes de dialogue, etc...)

Exemples de quelques classes d'objets visuels de gestion du délai d'attente :



*statusStrip (avec deux éléments ici)*



Nous ne cherchons pas à explorer les différentes méthodes utilisables pour piloter un utilisateur dans sa navigation dans une interface. Nous adoptons plutôt la position du concepteur de logiciel qui admet que le futur utilisateur ne se servira de son logiciel que d'une façon épisodique. Il n'est donc pas question de demander à l'utilisateur de connaître en permanence toutes les fonctionnalités du logiciel.

En outre, il ne faut pas non plus submerger l'utilisateur de conseils de guides et d'aides à profusion, car ils risqueraient de le détourner de la finalité du logiciel. Nous préférons adopter une ligne moyenne qui consiste à fournir de petites aides rapides contextuelles (au moment où l'utilisateur en a besoin) et une aide en ligne générale qu'il pourra consulter s'il le souhaite.

Ce qui revient à dire que l'on accepte deux niveaux de navigation dans un logiciel :

- le niveau de surface permettant de réagir aux principales situations,

- le niveau approfondi qui permet l'utilisation plus complète du logiciel.

Il faut admettre que le niveau de surface est celui qui restera le plus employé (l'exemple d'un logiciel de traitement de texte courant du commerce montre qu'au maximum 30% des fonctionnalités du produit sont utilisées par plus de 90% des utilisateurs).

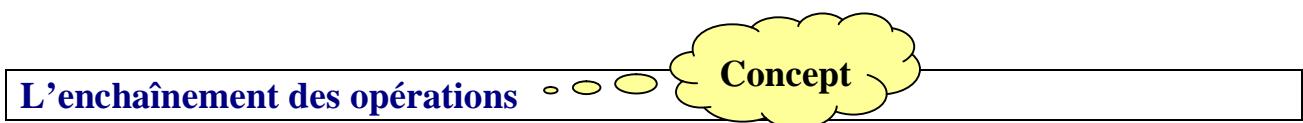
Pour permettre un pilotage plus efficace on peut établir à l'avance un graphe d'actions possibles du futur utilisateur (nous nous servirons du graphe événementiel) et ensuite diriger l'utilisateur dans ce graphe en matérialisant (masquage ou affichage) les actions qui sont réalisables. En application des notions acquises dans les chapitres précédents, nous utiliserons un pilotage dirigé par la syntaxe comme exemple.



Le tout premier genre d'interaction entre l'utilisateur et un logiciel est apparu sur les premiers systèmes d'exploitation sous la forme d'un langage de commande. L'utilisateur dispose d'une famille de commandes qu'il est censé connaître, le logiciel étant doté d'une interface interne (l'interpréteur de cette famille de commandes). Dès que l'utilisateur tape textuellement une commande (exemple MS-DOS " **dir c: /w** "), le système l'interprète (dans l'exemple : lister en prenant toutes les colonnes d'écran, les bibliothèques et les fichiers du disque C).

Nous adoptons comme mode d'interaction entre un utilisateur et un logiciel, une extension plus moderne de ce genre de dialogue, en y ajoutant, en privilégiant, la notion d'objets visuels permettant d'effectuer des commandes par actions et non plus seulement par syntaxe textuelle pure.

Nous construisons donc une interface tout d'abord ***essentiellement*** à partir des interactions événementielles, puis lorsque cela est utile ou nécessaire, nous pouvons ajouter un interpréteur de langage (nous pouvons par exemple utiliser des automates d'états finis pour la reconnaissance).



Nous savons que nous travaillons sur des machines de Von Neumann, donc séquentielles, les opérations internes s'effectuant selon un ordre unique sur lequel l'utilisateur n'a aucune prise. L'utilisateur est censé pouvoir agir d'une manière " aléatoire ". Afin de simuler une certaine liberté d'action de l'utilisateur nous lui ferons parcourir un graphe événementiel prévu par le programmeur. Il y a donc contradiction entre la rigidité séquentielle imposée par la machine et la liberté d'action que l'on souhaite accorder à l'utilisateur. Ce problème est déjà présent dans un système d'exploitation et il relève de la notion de gestion des interruptions.

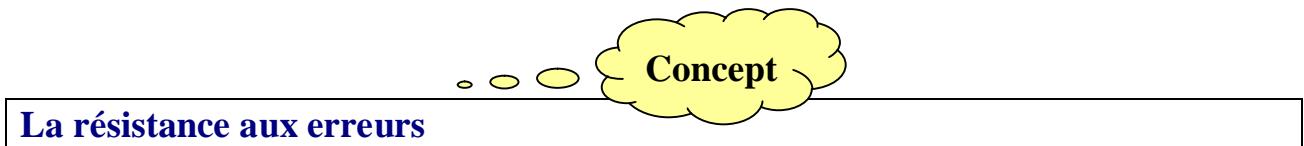
Nous pouvons trouver un compromis raisonnable dans le fait de découper les tâches internes en tâches séquentielles minimales ininterruptibles et en tâches interruptibles.

Les interruptions consisteront en actions potentielles de l'utilisateur sur la tâche en cours de :

- q interrompre le travail en cours,
- q quitter définitivement le logiciel,
- q interroger un objet de sortie,
- q lancer une commande exploratoire ...

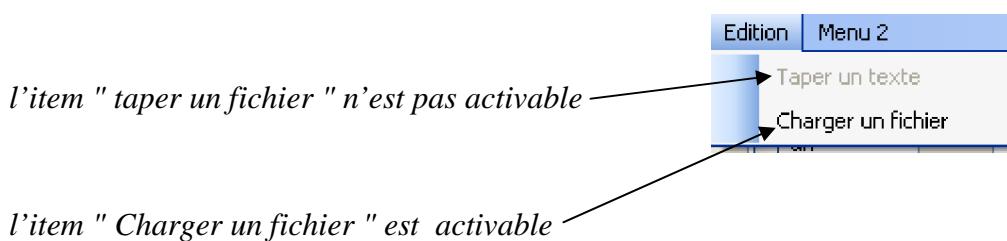
Il faut donc qu'existe dans le système de développement du logiciel, un mécanisme qui permette de " demander la main au système " sans arrêter ni bloquer le reste de l'interface, ceci pendant le déroulement d'une action répétitive et longue. Lorsque l'interface a la main, l'utilisateur peut alors interrompre, quitter, interroger...

Ce mécanisme est disponible dans les RAD visuels pédagogiques (Delphi, Visual Basic, Visual C#), nous verrons comment l'implanter. Terminons ce tour d'horizon, par le dernier concept de base d'une interface : sa capacité à absorber certains dysfonctionnements.



Il faut en effet employer une méthode de programmation défensive afin de protéger le logiciel contre des erreurs comme par exemple des erreurs de manipulation de la part de l'utilisateur. Nous utilisons plusieurs outils qui concourent à la robustesse de notre logiciel. La protection est donc située à plusieurs niveaux.

1°) Une protection est apportée par le graphe événementiel qui n'autorise que certaines actions (activation-désactivation), matérialisé par un objet tel qu'un menu :



2°) Une protection est apportée par le filtrage des données (on peut utiliser par exemple des logiciels d'automates de reconnaissance de la syntaxe des données).

**3°)** Un autre niveau de protection est apporté par les composants visuels utilisés qui sont sécurisés dans le RAD à l'origine. Par exemple la méthode LoadFile d'un richTextBox de C# qui permet le chargement d'un fichier dans un composant réagit d'une manière sécuritaire (c'est à dire rien ne se produit) lorsqu'on lui fournit un chemin erroné ou que le fichier n'existe pas.

**4°)** Un niveau de robustesse est apporté en C# par une utilisation des exceptions (semblable à C++ ou à Delphi) autorisant le détournement du code afin de traiter une situation interne anormale (dépassemement de capacité d'un calcul, transtypage de données non conforme etc...). Le programmeur peut donc prévoir les incidents possibles et construire des gestionnaires d'exceptions.

# Les événements avec



---

**Plan général:**

## 1. Construction de nouveaux événements

- Design Pattern observer
- Abonné à un événement
- Déclaration d'un événement
- Invocation d'un événement
- Comment s'abonner à un événement
- Restrictions et normalisation
- Evénement normalisé avec informations
- Evénement normalisé sans information

## 2. Les événements dans les Windows.Forms

- Contrôles visuels et événements
- Evénement Paint : avec information
- Evénement Click : sans information
- Code C# généré

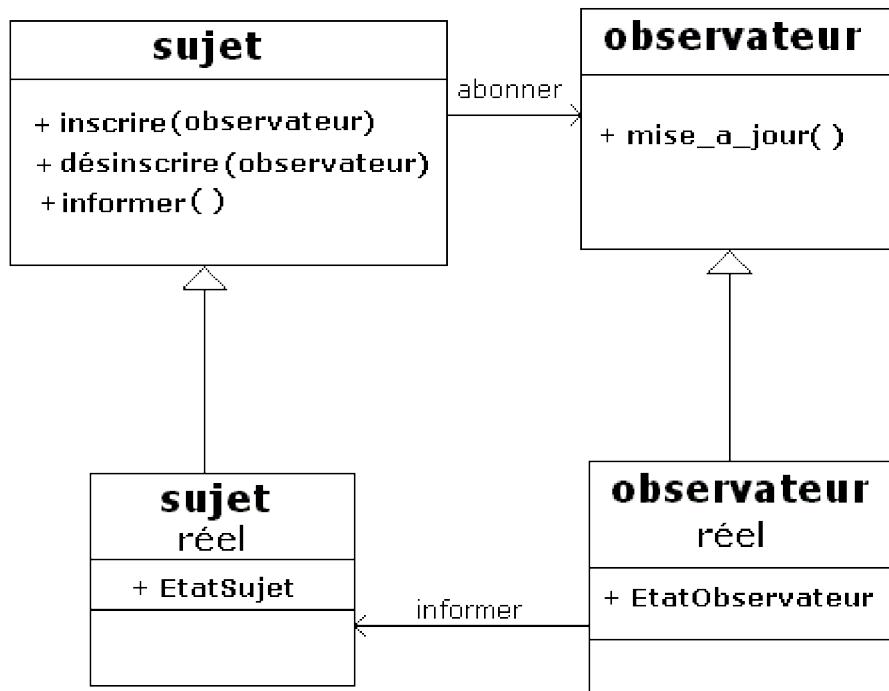
## Rappel

### Programmation orientée événements

Un programme objet orienté événements est construit avec des objets possédant des propriétés telles que les interventions de l'utilisateur sur les objets du programme et la liaison dynamique du logiciel avec le système déclenchent l'exécution de routines associées. Le traitement en programmation événementielle, consiste à mettre en place un mécanisme d'interception puis de gestion permettant d'informer un ou plusieurs objets de la survenue d'un événement particulier.

## 1. Construction de nouveaux événements

Le modèle de conception de l'**observateur** (Design Pattern observer) est utilisé par Java et C# pour gérer un événement. Selon ce modèle, un client s'inscrit sur une liste d'abonnés auprès d'un observateur qui le préviendra lorsqu'un événement aura eu lieu. Les clients délèguent ainsi l'interception d'un événement à une autre entité. Java utilise ce modèle sous forme d'objet écouteur.



**Design Pattern observer**

Dans l'univers des Design Pattern on utilise essentiellement le modèle observateur dans les cas suivants :

- Quand le changement d'un objet se répercute vers d'autres.
- Quand un objet doit prévenir d'autres objets sans pour autant les connaître.

C# propose des mécanismes supportant les événements, mais avec une implémentation totalement différente de celle de Java. En observant le fonctionnement du langage nous pouvons dire que C# combine efficacement les fonctionnalités de Java et de Delphi.

### Abonné à un événement

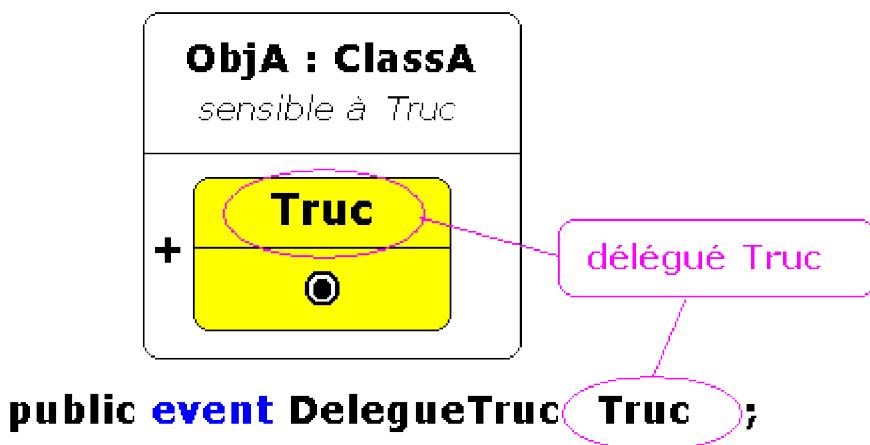
C# utilise les délégués pour fournir un mécanisme explicite permettant de gérer l'abonnement/notification.

En C# la délégation de l'écoute (gestion) d'un événement est confiée à un objet de type délégué : l'abonné est alors une méthode appelée gestionnaire de l'événement (contrairement à Java où l'abonné est une classe) acceptant les mêmes arguments et paramètres de retour que le délégué.

### Déclaration d'un événement

type délégation :

```
public Delegate void DelegueTruc( ... );
```



Code C# :

```
using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
    //--> déclaration du type délégation :(par exemple procédure avec 1 paramètre string )
    public delegate void DelegueTruc (string s);

    public class ClassA {
        //--> déclaration d'une référence event de type délégué :
        public event DelegueTruc Truc;
    }
}
```

## Invocation d'un événement

Une fois qu'une classe a déclaré un événement Truc, elle peut traiter cet événement exactement comme un délégué ordinaire. La démarche est très semblable à celle de Delphi, le champ Truc vaudra **null** si le client ObjA de ClassA n'a pas raccordé un délégué à l'événement Truc. En effet être sensible à plusieurs événements n'oblige pas chaque objet à gérer tous les événements, dans le cas où un objet ne veut pas gérer un événement Truc on n'abonne aucune méthode au délégué Truc qui prend alors la valeur **null**.

Dans l'éventualité où un objet doit gérer un événement auquel il est sensible, il doit invoquer l'événement Truc (qui référence une ou plusieurs méthodes). Invoquer un événement Truc consiste généralement à vérifier d'abord si le champ Truc est null, puis à appeler l'événement (le délégué Truc).

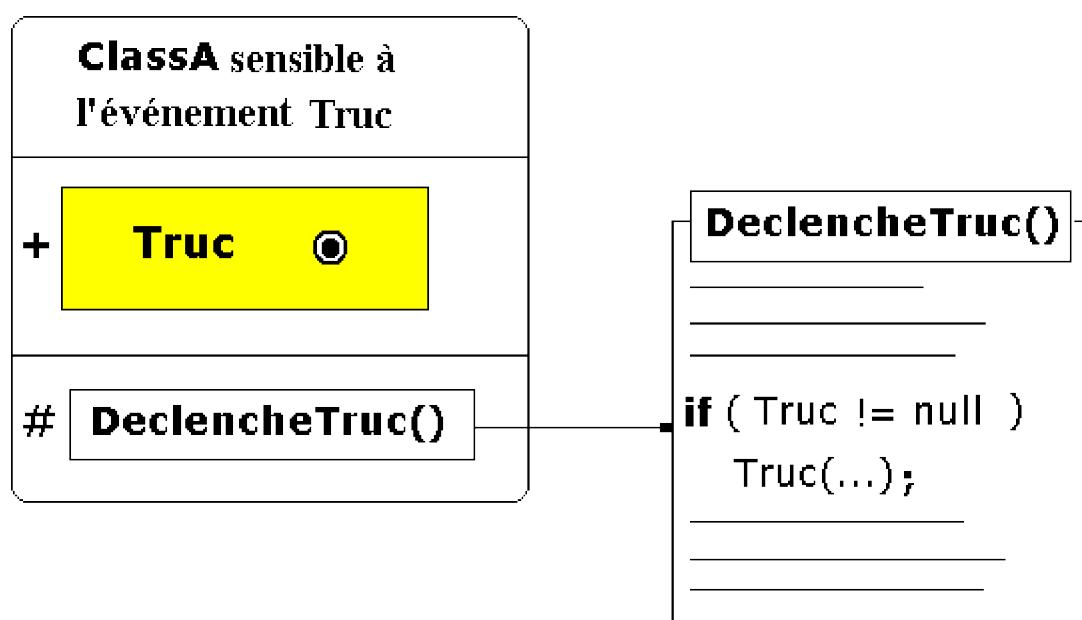
### Remarque importante

L'appel d'un événement ne peut être effectué qu'à partir de la classe qui a déclaré cet événement.

### Exemple construit pas à pas

Considérons ci-dessous la classe ClassA qui est sensible à un événement que nous nommons Truc (on déclare la référence Truc), dans le corps de la méthode **void DeclencheTruc()** on appelle l'événement Truc.

Nous déclarons cette méthode **void DeclencheTruc()** comme **virtuelle** et **protégée**, de telle manière qu'elle puisse être redéfinie dans la suite de la hiérarchie; ce qui constitue un gage d'évolutivité des futures classes quant à leur comportement relativement à l'événement Truc :



Il nous faut aussi prévoir une méthode **publique** qui permettra d'invoquer l'événement depuis une autre classe, nous la nommons [LancerTruc](#).

Code C# , construisons progressivement notre exemple, voici les premières lignes du code :

```
using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
    //--> déclaration du type délégation :(par exemple procédure avec 1 paramètre string)
    public delegate void DelegueTruc (string s);

    public class ClassA {
        //--> déclaration d'une référence event de type délégué :
        public event DelegueTruc Truc;
        protected virtual void DeclencheTruc( ) {

            ...
            if ( Truc != null ) Truc("événement déclenché");
            ...

        }
        public void LancerTruc( ) {
            ...
            DeclencheTruc();
            ...
        }
    }
}
```

### Comment s'abonner (se raccorder, s'inscrire, ...) à un événement

Un événement ressemble à un champ public de la classe qui l'a déclaré. Toutefois l'utilisation de ce champ est très restrictive, c'est pour cela qu'il est déclaré avec le spécificateur **event**. Seulement deux opérations sont possibles sur un champ d'événement qui rapellons-le est un délégué :

- Ajouter une nouvelle méthode (à la liste des méthodes abonnées à l'événement).
- Supprimer une méthode de la liste (désabonner une méthode de l'événement).

### Enrichissons le code C# précédent avec la classe ClasseUse :

```
using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
    //--> déclaration du type délégation :(par exemple procédure avec 1 paramètre string)
    public delegate void DelegueTruc (string s);

    public class ClassA {
        //--> déclaration d'une référence event de type délégué :
        public event DelegueTruc Truc;
        protected virtual void DeclencheTruc( ) {

            ...
            if ( Truc != null ) Truc("événement déclenché");
            ...

        }
        public void LancerTruc( ) {
            ...
            DeclencheTruc();
            ...
        }
    }
}
```

```

        }

public class ClasseUse {

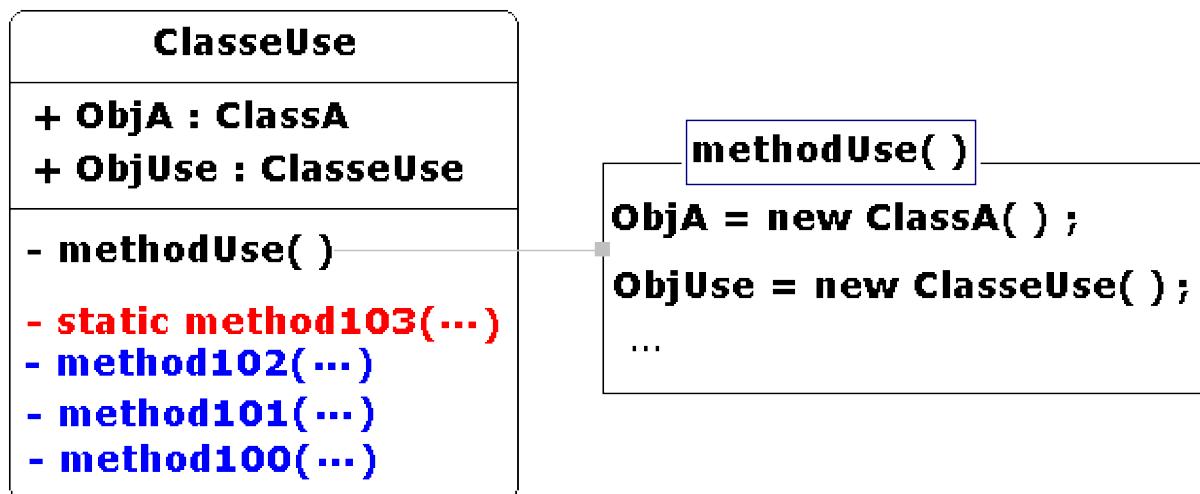
    static private void methodUse( ) {
        ClassA ObjA = new ClassA( );
        ClasseUse ObjUse = new ClasseUse ( );
        //...
    }

    static public void Main(string[] x) {
        methodUse( );
        //...
    }
}

```

Il faut maintenant définir des gestionnaires de l'événement Truc (des méthodes ayant la même signature que le type délégation " **public delegate void DelegueTruc (string s);**" . Ensuite nous ajouterons ces méthodes au délégué Truc (nous les abonnerons à l'événement Truc), ces méthodes peuvent être de classe ou d'instance.

Supposons que nous ayons une méthode de classe et trois méthodes d'instances qui vont s'inscrire sur la liste des abonnés à Truc, ce sont quatre gestionnaires de l'événement Truc :



Ajoutons au code C# de la classe ClassA les quatre gestionnaires :

```

using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
    //--> déclaration du type délégation :(par exemple procédure avec 1 paramètre string)
    public delegate void DelegueTruc (string s);

    public class ClassA {
        //--> déclaration d'une référence event de type délégué :
        public event DelegueTruc Truc;

        protected virtual void DéclencheTruc( ) {
            ...
            if ( Truc != null ) Truc("événement déclenché")
            ...
        }
    }
}

```

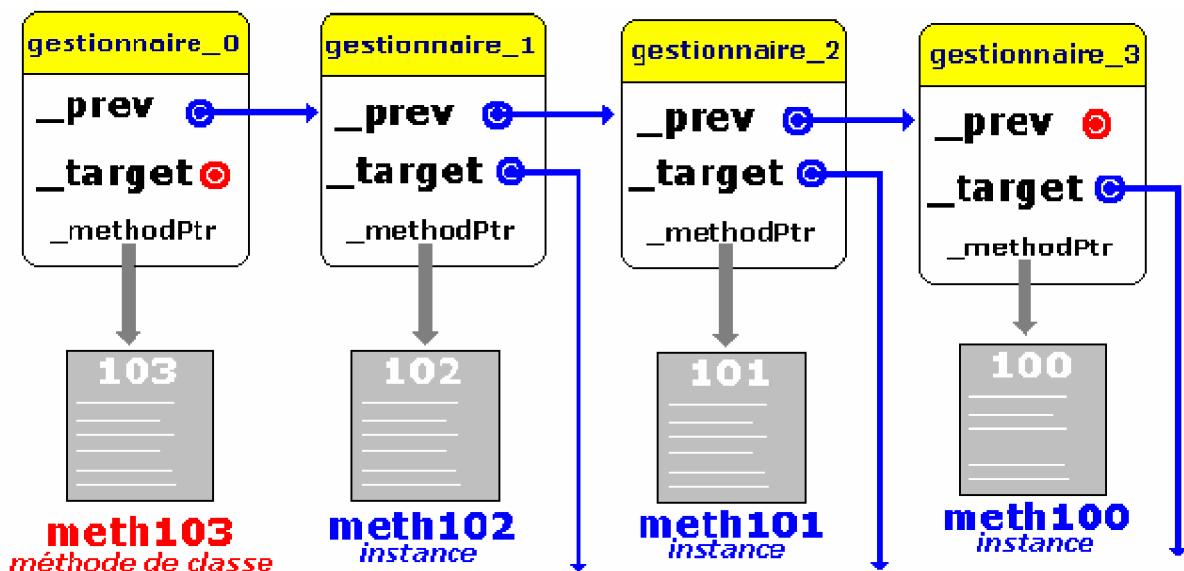
```

        }
    public void LancerTruc( ) {
        ....
        DeclencheTruc( );
        ....
    }
}

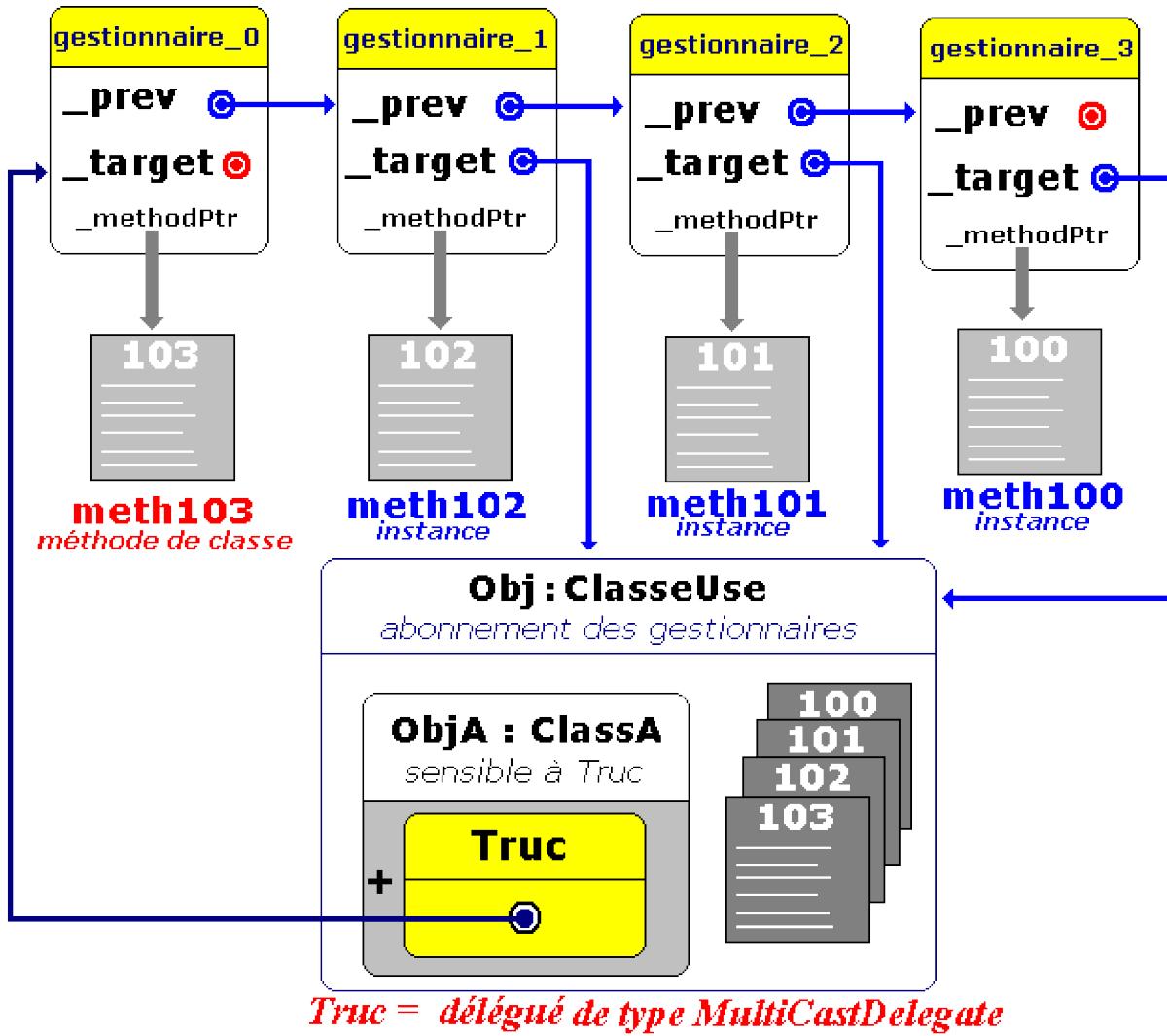
public class ClasseUse {
    public void method100(string s); {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    }
    public void method101(string s); {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    }
    public void method102(string s); {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    }
    static public void method103(string s); {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode de classe.
    }
    static private void methodUse( ) {
        ClassA ObjA = new ClassA();
        ClasseUse ObjUse = new ClasseUse();
        //... il reste à abonner les gestionnaires de l'événement Truc
    }
    static public void Main(string[ ] x) {
        methodUse( );
    }
}
}

```

Lorsque nous ajoutons en C# les nouvelles méthodes method100, ..., method103 au délégué Truc, par surcharge de l'opérateur +, nous dirons que les gestionnaires method100,...,method103, s'abonnent à l'événement Truc.



Prévenir (informer) un abonné correspond ici à l'action d'appeler l'abonné (appeler la méthode) :



*Terminons le code C# associé à la figure précédente :*

Nous complétons le corps de la méthode " **static private void** methodUse( ) " par l'abonnement au délégué des quatre gestionnaires.

Pour invoquer l'événement `Truc`, il faut pouvoir appeler enfin à titre d'exemple une invocation de l'événement :

```

using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
    //--> déclaration du type délégation :(par exemple procédure avec 1 paramètre string)
    public delegate void DelegueTruc (string s);

    public class ClassA {
        //--> déclaration d'une référence event de type délégué :
        public event DelegueTruc Truc;

        protected virtual void DeclencheTruc( ){
            //...
        }
    }
}

```

```

        if( Truc != null ) Truc("événement Truc déclenché");
        //...
    }
    public void LancerTruc( ) {
        //...
        DeclencheTruc( );
        //...
    }
}

public class ClasseUse {
    public void method100(string s) {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
        System.Console.WriteLine("information utilisateur : "+s);
    }
    public void method101(string s) {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
        System.Console.WriteLine("information utilisateur : "+s);
    }
    public void method102(string s) {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
        System.Console.WriteLine("information utilisateur : "+s);
    }
    static public void method103(string s) {
        //...gestionnaire d'événement Truc: méthode de classe.
        System.Console.WriteLine("information utilisateur : "+s);
    }
    static private void methodUse( ) {
        ClassA ObjA = new ClassA();
        ClasseUse ObjUse = new ClasseUse();
        //-- abonnement des gestionnaires:
        ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method100 );
        ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method101 );
        ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method102 );
        ObjA.Truc += new DelegueTruc( method103 );
        //-- invocation de l'événement:
        ObjA.LancerTruc(); //...l'appel à cette méthode permet d'invoquer l'événement Truc
    }
    static public void Main(string[] x) {
        methodUse();
    }
}
}

```

## Restrictions et normalisation .NET Framework

Bien que le langage C# autorise les événements à utiliser n'importe quel type délégué, le .NET Framework applique à ce jour à des fins de normalisation, certaines indications plus restrictives quant aux types délégués à utiliser pour les événements.

Les indications .NET Framework spécifient que le type délégué utilisé pour un événement doit disposer de deux paramètres et d'un retour définis comme suit :

- un paramètre de type **Object** qui désigne la source de l'événement,
- un autre paramètre soit de classe **EventArgs**, soit d'une classe qui **dérive** de **EventArgs**, il encapsule toutes les informations personnelles relatives à l'événement,
- enfin le type du retour du délégué doit être **void**.

### **Evénement normalisé sans information :**

Si vous n'utilisez pas d'informations personnelles pour l'événement, la signature du délégué sera :

```
public delegate void DelegueTruc ( Object sender , EventArgs e ) ;
```

### **Evénement normalisé avec informations :**

Si vous utilisez des informations personnelles pour l'événement, vous définirez une classe **MonEventArgs** qui hérite de la classe **EventArgs** et qui contiendra ces informations personnelles, dans cette éventualité la signature du délégué sera :

```
public delegate void DelegueTruc ( Object sender , MonEventArgs e ) ;
```

**Il est conseillé d'utiliser la représentation normalisée d'un événement comme les deux exemples ci-dessous le montre, afin d'augmenter la lisibilité et le portage source des programmes événementiels.**

## **Mise en place d'un événement normalisé avec informations**

Pour mettre en place un événement Truc normalisé contenant des informations personnalisées vous devrez utiliser les éléments suivants :

- 1°) une classe d'informations personnalisées sur l'événement*
- 2°) une déclaration du type délégation normalisée (nom terminé par EventHandler)*
- 3°) une déclaration d'une référence Truc du type délégation normalisée spécifiée event*
- 4.1°) une méthode protégée qui déclenche l'événement Truc (nom commençant par On: OnTruc)*
- 4.2°) une méthode publique qui lance l'événement par appel de la méthode OnTruc*
- 5°) un ou plusieurs gestionnaires de l'événement Truc*
- 6°) abonner ces gestionnaires au délégué Truc*
- 7°) consommer l'événement Truc*

Exemple de code C# directement exécutable, associé à cette démarche :

```
using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {

//--> 1°) classe d'informations personnalisées sur l'événement

public class TrucEventArgs : EventArgs {
    public string info ;
    public TrucEventArgs (string s) {
        info = s ;
    }
}
```

```
}
```

//--> 2°) déclaration du type délégation normalisé

```
public delegate void DeleguéTrucEventHandler ( object sender, TrucEventArgs e );
```

```
public class ClassA {
```

//--> 3°) déclaration d'une référence event de type délégué :

```
public event DeleguéTrucEventHandler Truc;
```

//--> 4.1°) méthode protégée qui déclenche l'événement :

```
protected virtual void OnTruc( object sender, TrucEventArgs e ) {  
    //...  
    if ( Truc != null ) Truc( sender, e );  
    //...  
}
```

//--> 4.2°) méthode publique qui lance l'événement :

```
public void LancerTruc() {  
    //...  
    TrucEventArgs evt = new TrucEventArgs ("événement déclenché") ;  
    OnTruc ( this, evt );  
    //...  
}
```

```
}
```

```
public class ClasseUse {
```

//--> 5°) les gestionnaires d'événement Truc

```
public void method100( object sender, TrucEventArgs e ){  
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.  
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 100 : "+e.info);  
}
```

```
public void method101( object sender, TrucEventArgs e ){  
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.  
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 101 : "+e.info);  
}
```

```
public void method102( object sender, TrucEventArgs e ){  
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.  
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 102 : "+e.info);  
}
```

```
static public void method103( object sender, TrucEventArgs e ){  
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode de classe.  
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 103 : "+e.info);  
}
```

```
static private void methodUse( ) {
```

```
    ClassA ObjA = new ClassA();  
    ClasseUse ObjUse = new ClasseUse();
```

```

//--> 6°) abonnement des gestionnaires:
ObjA.Truc += new DelegueTrucEventHandler ( ObjUse.method100 );
ObjA.Truc += new DelegueTrucEventHandler ( ObjUse.method101 );
ObjA.Truc += new DelegueTrucEventHandler ( ObjUse.method102 );
ObjA.Truc += new DelegueTrucEventHandler ( method103 );

//--> 7°) consommation de l'événement:
ObjA.LancerTruc() ; //...l'appel à cette méthode permet d'invoquer l'événement Truc
}

static public void Main(string[] x) {
    methodUse( );
}

}
}

```

**Résultats d'exécution du programme console précédent :**

```

D:\CsBuilder\EventPerso\bin\Debug\ProjEventPerso.exe
information utilisateur 100 : événement déclenché
information utilisateur 101 : événement déclenché
information utilisateur 102 : événement déclenché
information utilisateur 103 : événement déclenché

```

## Mise en place d'un événement normalisé sans information

En fait, pour les événements qui n'utilisent pas d'informations supplémentaires personnalisées, le .NET Framework a déjà défini un type délégué approprié : **System.EventHandler** (équivalent au TNotifyEvent de Delphi):

```
public delegate void EventHandler ( object sender, EventArgs e );
```

Pour mettre en place un événement Truc normalisé sans information spéciale, vous devrez utiliser les éléments suivants :

- 1°) la classe **System.EventArgs**
- 2°) le type délégation normalisée **System.EventHandler**
- 3°) une déclaration d'une référence **Truc** du type délégation normalisée spécifiée **event**
- 4.1°) une méthode protégée qui déclenche l'événement **Truc** (nom commençant par **On**: **OnTruc**)
- 4.2°) une méthode publique qui lance l'événement par appel de la méthode **OnTruc**
- 5°) un ou plusieurs gestionnaires de l'événement **Truc**
- 6°) abonner ces gestionnaires au délégué **Truc**
- 7°) consommer l'événement **Truc**

Remarque, en utilisant la déclaration **public delegate void EventHandler ( object sender, EventArgs e )** contenue dans **System.EventHandler**, l'événement n'ayant aucune donnée personnalisée, le deuxième paramètre n'étant pas utilisé, il est possible de fournir le champ **static Empty** de la classe **EventArgs**.

## EventArgs, membres

### Constructeurs publics

#### EventArgs, constructeur

Initialise une nouvelle instance de la classe EventArgs.

### Champs publics

#### S Empty

Représente un événement sans données d'événement.

Exemple de code C# directement exécutable, associé à un événement sans information personnalisée :

```
using System;
using System.Collections;

namespace ExempleEvent {
```

//--> 1°) classe d'informations personnalisées sur l'événement

System.EventArgs est déjà déclarée dans using System;

//--> 2°) déclaration du type délégation normalisé

System.EventHandler est déjà déclarée dans using System;

```
public class ClassA {
    //--> 3°) déclaration d'une référence event de type délégué :
```

public event EventHandler Truc;

//--> 4.1°) méthode protégée qui déclenche l'événement :

```
protected virtual void OnTruc( object sender, EventArgs e ) {
    //...
    if ( Truc != null ) Truc( sender, e );
    //...
}
```

//--> 4.2°) méthode publique qui lance l'événement :

```
public void LancerTruc() {
    //...
    OnTruc( this, EventArgs.Empty );
    //...
}
```

```
}
```

//--> 5°) les gestionnaires d'événement Truc

```
public void method100( object sender, EventArgs e )
```

```

    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 100 : événement déclenché");
}

public void method101( object sender, EventArgs e ){
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 101 : événement déclenché");
}

public void method102( object sender, EventArgs e ){
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode d'instance.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 102 : événement déclenché");
}

static public void method103( object sender, EventArgs e ){
    //...gestionnaire d'événement Truc: méthode de classe.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 103 : événement déclenché");
}

static private void methodUse( ){
    ClassA ObjA = new ClassA();
    ClasseUse ObjUse = new ClasseUse();
    //--> 6°) abonnement des gestionnaires:
    ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method100 );
    ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method101 );
    ObjA.Truc += new DelegueTruc( ObjUse.method102 );
    ObjA.Truc += new DelegueTruc( method103 );

    //--> 7°) consommation de l'événement:
    ObjA.LancerTruc(); //...l'appel à cette méthode permet d'invoquer l'événement Truc
}
static public void Main(string[] x){
    methodUse();
}
}

```

*Résultats d'exécution de ce programme :*

```

D:\CsBuilder\EventPerso\bin\Debug\ProjEventPerso.exe
information utilisateur 100 : événement déclenché
information utilisateur 101 : événement déclenché
information utilisateur 102 : événement déclenché
information utilisateur 103 : événement déclenché

```

## 2. Les événements dans les Windows.Forms

Le code et les copies d'écran sont effectuées avec C#Builder 1.0 de Borland version personnelle gratuite.

### Contrôles visuels et événements

L'architecture de fenêtres de .Net FrameWork se trouve essentiellement dans l'espace de

noms **System.Windows.Forms** qui contient des classes permettant de créer des applications contenant des IHM (interface humain machine) et en particulier d'utiliser les fonctionnalités afférentes aux IHM de Windows.

Plus spécifiquement, la classe **System.Windows.Forms.Control** est la classe mère de tous les composants visuels. Par exemple, les classes **Form**, **Button**, **TextBox**, etc... sont des descendants de la classe **Control** qui met à disposition du développeur C# 58 événements auxquels un contrôle est sensible.

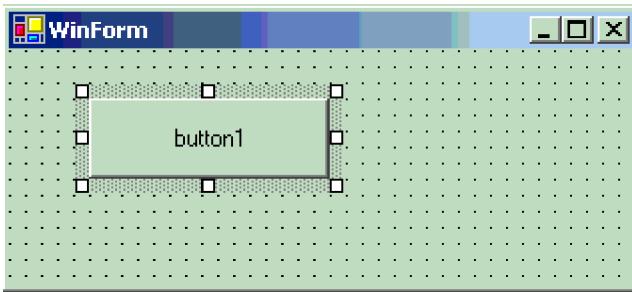
Ces 58 événements sont tous normalisés, certains sont des événements sans information spécifique, d'autres possèdent des informations spécifiques, ci-dessous un extrait de la liste des événements de la classe **Control**, plus particulièrement les événements traitant des actions de souris :

#### Control : Événements publics

<b>BackColorChanged</b>	Se produit lorsque la valeur de la propriété <a href="#">BackColor</a> change.
<b>BackgroundImageChanged</b>	Se produit lorsque la valeur de la propriété <a href="#">BackgroundImage</a> change.
.....	.....
<b>Click</b>	Se produit suite à un clic sur le contrôle.
.....	.....
<b>MouseDown</b>	Se produit lorsque le pointeur de la souris se trouve sur le contrôle et qu'un bouton de la souris est enfoncé.
<b>MouseEnter</b>	Se produit lorsque le pointeur de la souris se place dans le contrôle.
<b>MouseHover</b>	Se produit lorsque la souris pointe sur le contrôle.
<b>MouseLeave</b>	Se produit lorsque le pointeur de la souris s'écarte du contrôle.
<b>MouseMove</b>	Se produit lorsque le pointeur de la souris est placé sur le contrôle.
<b>MouseUp</b>	Se produit lorsque le pointeur de la souris se trouve sur le contrôle et qu'un bouton de la souris est relâché.
<b>MouseWheel</b>	Se produit lorsque la roulette de la souris bouge alors que le contrôle a le focus.
<b>Move</b>	Se produit lorsque le contrôle est déplacé.
<b>Paint</b>	Se produit lorsque le contrôle est redessiné.
.....	.....

Nous avons mis en évidence deux événements Click et Paint dont l'un est sans information (Click), l'autre est avec information (Paint). Afin de voir comment nous en servir nous traitons un exemple :

Soit une fiche (classe **Form1** héritant de la classe **Form**) sur laquelle est déposé un bouton poussoir (classe **Button**) de nom **button1** :



Montrons comment nous programmons la réaction du bouton à un click de souris et à son redessinement. Nous devons faire réagir **button1** qui est sensible à au moins 58 événements, aux deux événements Click et Paint. Rappelons la liste méthodologique ayant trait au cycle événementiel, on doit utiliser :

- 1°) une classe d'informations personnalisées sur l'événement
- 2°) une déclaration du type délégation normalisée (nom terminé par *EventHandler*)
- 3°) une déclaration d'une référence *Truc* du type délégation normalisée spécifiée *event*
- 4.1°) une méthode protégée qui déclenche l'événement *Truc* (nom commençant par *On*: *OnTruc*)
- 4.2°) une méthode publique qui lance l'événement par appel de la méthode *OnTruc*
- 5°) un ou plusieurs gestionnaires de l'événement *Truc*
- 6°) abonner ces gestionnaires au délégué *Truc*
- 7°) consommer l'événement *Truc*

Les étapes 1° à 4° ont été conçues et développées par les équipes de .Net et ne sont plus à notre charge.

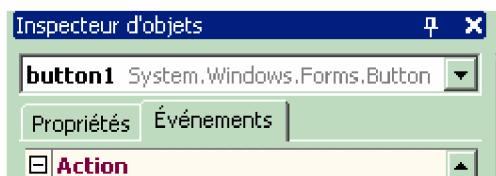
Il nous reste les étapes suivantes :

- 5°) à construire un gestionnaire de réaction de **button1** à l'événement Click et un gestionnaire de réaction de **button1**
- 6°) à abonner chaque gestionnaire au délégué correspondant (Click ou Paint)

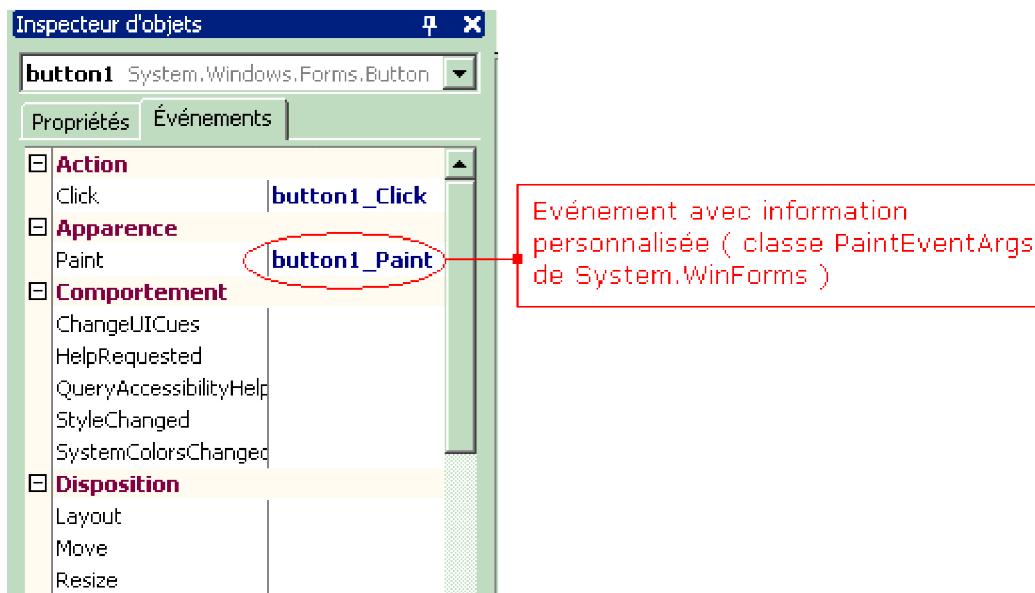
L'étape 7° est assurée par le système d'exploitation qui se charge d'envoyer des messages et de lancer les événements.

## Événement Paint : normalisé avec informations

Voici dans l'inspecteur d'objets de C#Builder l'onglet Événements qui permet de visualiser le délégué à utiliser ainsi que le gestionnaire à abonner à ce délégué.



Dans le cas de l'événement Paint, le délégué est du type **PaintEventArgs** situé dans System.WinForms :



signature du délégué Paint dans System.Windows.Forms :

```
public delegate void PaintEventHandler ( object sender, PaintEventArgs e );
```

La classe **PaintEventArgs** :

### PaintEventArgs

#### Constructeur public

[PaintEventArgs, constructeur](#)  
Initialise une nouvelle instance de la classe **PaintEventArgs** avec les graphiques et le rectangle de découpage spécifiés.

#### Propriétés publiques

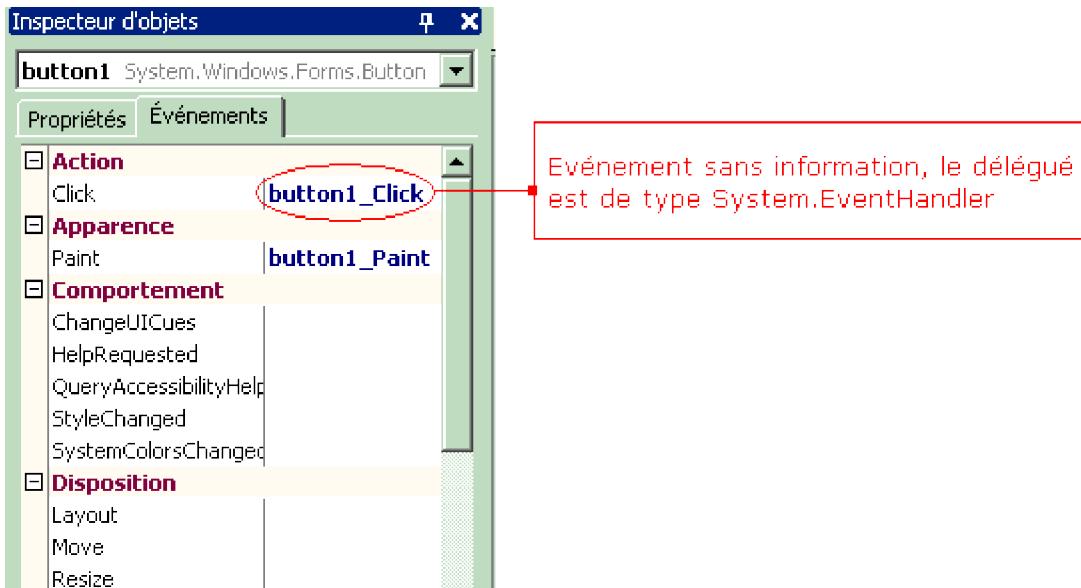
<a href="#">ClipRectangle</a>	Obtient le rectangle dans lequel peindre.
<a href="#">Graphics</a>	Obtient le graphique utilisé pour peindre.

#### Méthodes publiques

<a href="#">Dispose</a>	Surcharge. Libère les ressources utilisées par <b>PaintEventArgs</b> .
-------------------------	--

## Evénement Click normalisé sans information

Dans le cas de l'événement Click, le délégué est de type **Event Handler** situé dans System :



signature du délégué Click dans System :

```
public delegate void EventHandler ( object sender, EventArgs e );
```

En fait l'inspecteur d'objet de C#Builder permet de réaliser en mode visuel la machinerie des étapes qui sont à notre charge :

- le délégué de l'événement, [ **public event** EventHandler Click; ]
- le squelette du gestionnaire de l'événement, [ **private void** button1\_Click(object sender, System.EventArgs e){ } ]
- l'abonnement de ce gestionnaire au délégué. [ **this.button1.Click += new System.EventHandler ( this.button1\_Click );** ]



## Code C# généré

Voici le code généré par C#Builder utilisé en conception visuelle pour faire réagir **button1** aux deux événements Click et Paint :

```

public class WinForm : System.Windows.Forms.Form {
    private System.ComponentModel.Container components = null;
    private System.Windows.Forms.Button button1;

    public WinForm() {
        InitializeComponent();
    }

    protected override void Dispose(bool disposing) {
        if (disposing) {
            if (components != null) {
                components.Dispose();
            }
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

    private void InitializeComponent() {
        this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
        .....
        this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
        this.button1.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(this.button1_Paint);
    }

    .....
}

static void Main() {
    Application.Run(new WinForm());
}

private void button1_Click(object sender, System.EventArgs e) {
    //.... gestionnaire de l'événement OnClick
}

private void button1_Paint(object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e) {
    //.... gestionnaire de l'événement OnPaint
}
}

```

La machinerie événementielle est automatiquement générée par C#Builder comme dans Delphi, ce qui épargne de nombreuses lignes de code au développeur et le laisse libre de penser au code spécifique de réaction à l'événement.

# Propriétés et indexeurs en



---

## Plan général:

### 1. Les propriétés

- 1.1 Définition et déclaration de propriété
- 1.2 Accesseurs de propriété
- 1.3 Détail et exemple de fonctionnement d'une propriété
  - Exemple du fonctionnement
  - Explication des actions
- 1.4 Les propriétés sont de classes ou d'instances
- 1.5 Les propriétés peuvent être masquées comme les méthodes
- 1.6 Les propriétés peuvent être virtuelles et redéfinies comme les méthodes
- 1.7 Les propriétés peuvent être abstraites comme les méthodes
- 1.8 Les propriétés peuvent être déclarées dans une interface
- 1.9 Exemple complet exécutable
  - 1.9.1 Détail du fonctionnement en écriture
  - 1.9.2 Détail du fonctionnement en lecture

### 2. Les indexeurs

- 2.1 Définitions et comparaisons avec les propriétés
  - 2.1.1 Déclaration
  - 2.1.2 Utilisation
  - 2.1.3 Paramètres
  - 2.1.4 Liaison dynamique abstraction et interface
- 2.2 Code C# complet compilable

## 1. Les propriétés

Les propriétés du langage C# sont très proches de celle du langage Delphi, mais elles sont plus complètes et restent cohérentes avec la notion de membre en C#.

### 1.1 Définition et déclaration de propriété

#### Définition d'une propriété

Une propriété définie dans une classe permet d'accéder à certaines informations contenues dans les objets instanciés à partir de cette classe. Une propriété a la même syntaxe de définition et d'utilisation que celle d'un champ d'objet (elle possède un type de déclaration), mais en fait elle invoque une ou deux méthodes internes pour fonctionner. Les méthodes internes sont déclarées à l'intérieur d'un bloc de définition de la propriété.

Déclaration d'une propriété `propri1` de type `int` :

```
public int propri1 {  
    //..... bloc de définition  
}
```

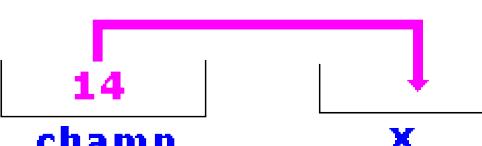
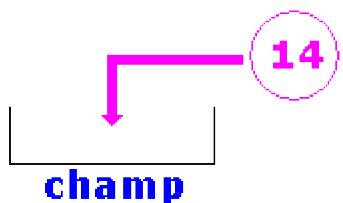
Un champ n'est qu'un emplacement de stockage dont le contenu peut être consulté (*lecture du contenu du champ*) et modifié (*écriture dans le champ*), tandis qu'une propriété associe des actions spécifiques à la lecture ou à l'écriture ainsi que la modification des données que la propriété représente.

*écriture dans le champ*

*lecture dans le champ*

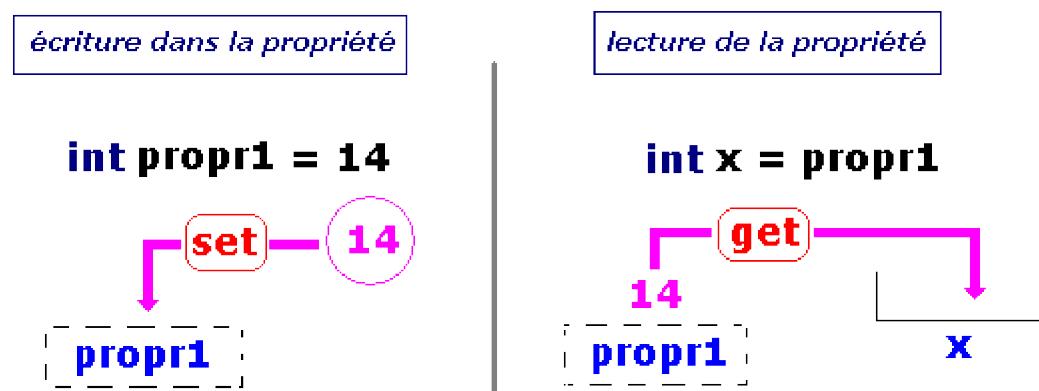
**int champ = 14**

**int x = champ**



## 1.2 Accesseurs de propriété

En C#, une propriété fait systématiquement appel à une ou à deux méthodes internes dont les noms sont les mêmes pour toutes les propriétés afin de fonctionner soit en **lecture**, soit en **écriture**. On appelle ces méthodes internes des **accesseurs**; leur noms sont **get** et **set**, ci-dessous un exemple de lecture et d'écriture d'une propriété au moyen d'affectations :



### Accesseur de lecture de la propriété :

Syntaxe : `get { return ..... ;}`

cet accesseur indique que la propriété est en lecture et doit renvoyer un résultat dont le type doit être le même que celui de la propriété. La propriété `prop1` ci-dessous est déclarée en lecture seule et renvoie le contenu d'un champ de même type qu'elle :

```
private int champ;
public int prop1{
    get { return champ; }
}
```

### Accesseur d'écriture dans la propriété :

Syntaxe : `set { .... }`

cet accesseur indique que la propriété est en écriture et sert à initialiser ou à modifier la propriété. La propriété `prop1` ci-dessous est déclarée en écriture seule et stocke une donnée de même type qu'elle dans la variable `champ` :

```
private int champ;
public int prop1{
    set { champ = value; }
}
```

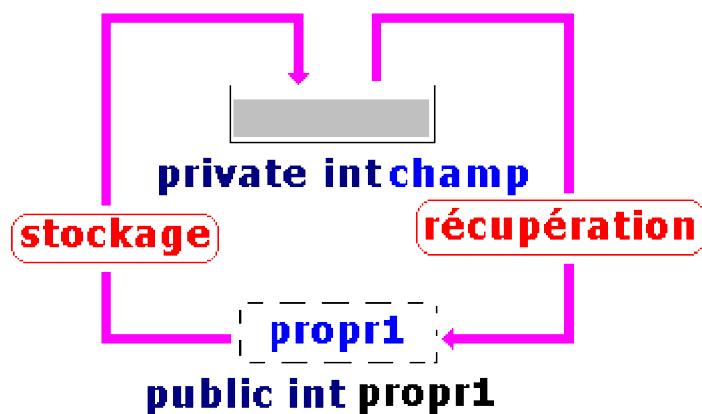
Le mot clef `value` est une sorte de paramètre implicite interne à l'accesseur `set`, il contient la valeur effective qui est transmise à la propriété lors de l'accès en écriture.

D'un manière générale lorsqu'une propriété fonctionne à travers un attribut (du même type que la propriété), l'attribut contient la donnée brute à laquelle la propriété permet d'accéder.

Ci-dessous une déclaration d'une propriété en lecture et écriture avec attribut de stockage :

```
private int champ;  
  
public int prop1{  
    get { return champ ; }  
    set { champ = value ; }  
}
```

Le mécanisme de fonctionnement est figuré ci-après :



Dans l'exemple précédent, la propriété accède directement sans modification à la donnée brute stockée dans le champ, mais il est tout à fait possible à une propriété d'accéder à cette donnée en en modifiant sa valeur avant stockage ou après récupération de sa valeur.

### 1.3 Détail et exemple de fonctionnement d'une propriété

L'exemple ci-dessous reprend la propriété **prop1** en lecture et écriture du paragraphe précédent et montre comment elle peut modifier la valeur brute de la donnée stockée dans l'attribut "int champ" :

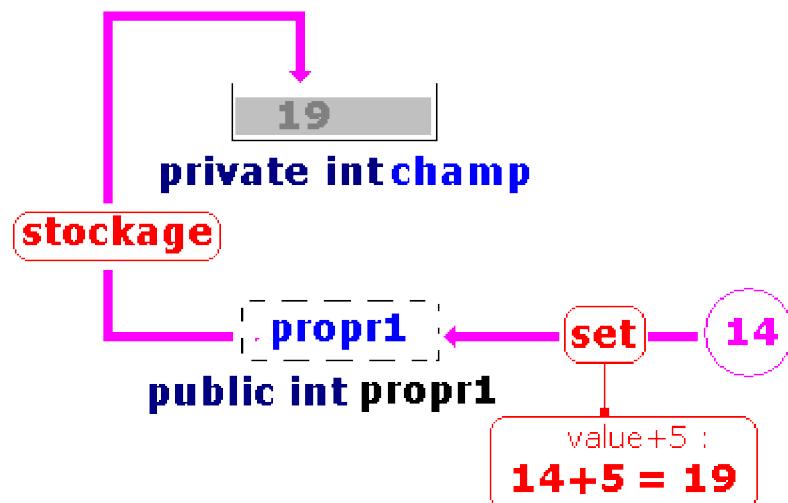
```
private int champ;  
  
public int prop1{  
    get {return champ*10;}  
    set {champ = value + 5 ;}  
}
```

Utilisons cette propriété en mode écriture à travers une affectation :

```
prop1 = 14 ;
```

Le mécanisme d'écriture est simulé ci-dessous :

*La valeur 14 est passée comme paramètre dans la méthode set à la variable implicite value, le calcul value+5 est effectué et le résultat 19 est stocké dans l'attribut champ.*

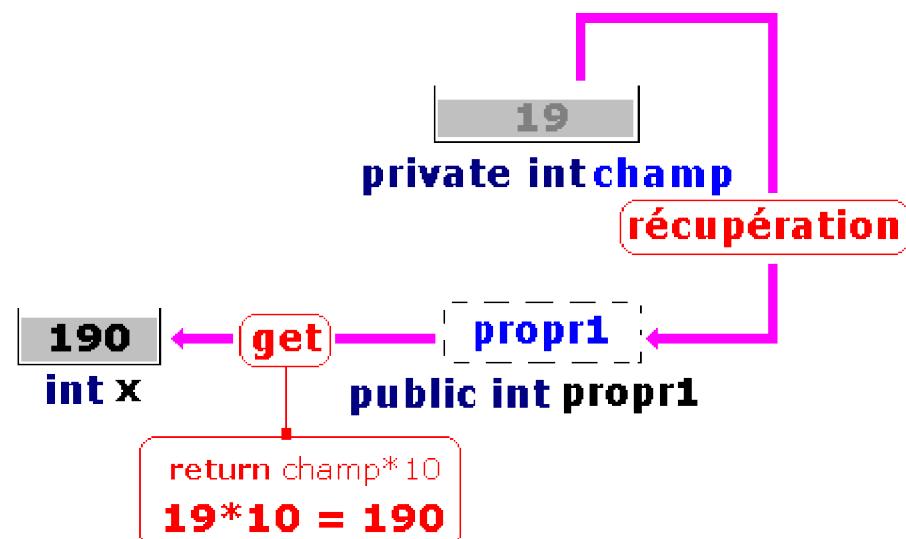


Utilisons maintenant notre propriété en mode lecture à travers une affectation :

```
int x = propri1 ;
```

Le mécanisme de lecture est simulé ci-dessous :

*La valeur brute 19 stockée dans l'attribut champ est récupérée par la propriété qui l'utilise dans la méthode accesseur get en la multipliant par 10, c'est cette valeur modifiée de 190 qui renvoyée par la propriété.*



## Exemple pratique d'utilisation d'une propriété

Une propriété servant à fournir automatiquement le prix d'un article en y intégrant la TVA au taux de 19.6% et arrondi à l'unité d'euro supérieur :

```
private Double prixTotal ;
private Double tauxTVA = 1.196 ;

public Double prix {
    get {
        return Math.Round(prixTotal);
    }
    set {
        prixTotal = value * tauxTVA ;
    }
}
```

Ci-dessous le programme console C#Builder exécutable :

```
using System ;

namespace ProjPropIndex
{
    class Class {
        static private Double prixTotal ;
        static private Double tauxTVA = 1.196 ;

        static public Double prix {
            get {
                return Math.Round ( prixTotal ) ;
            }
            set {
                prixTotal = value * tauxTVA ;
            }
        }

        [STAThread]
        static void Main ( string [] args ) {
            Double val = 100 ;
            System .Console.WriteLine ("Valeur entrée :" + val );
            prix = val ;
            System .Console.WriteLine ("Valeur stockée :" + prixTotal );
            val = prix ;
            System .Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue) : " + val ) ;
            System .Console.ReadLine ();
        }
    }
}
```

Résultats d'exécution :

```
D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjPro
Valeur entrée :100
Valeur stockée :119,6
valeur arrondie (lue) : 120
```

## Explications des actions exécutées :

On rentre 100€ dans la variable prix :

```
Double val = 100 ;  
prix = val ;
```

Action effectuée :

```
On écrit 100 dans la propriété prix et celle-ci stocke  $100 * 1.196 = 119.6$  dans le champ  
prixTotal.
```

On exécute l'instruction :

```
val = prix ;
```

Action effectuée :

```
On lit la propriété qui arrondi le champ prixTotal à l'euro supérieur soit : 120€
```

## 1.4 Les propriétés sont de classes ou d'instances

Les propriétés, comme les champs peuvent être des **propriétés de classes** et donc qualifiées par les mots clefs comme **static**, **abstract** etc ... Dans l'exemple précédent nous avons qualifié tous les champs et la propriété prix en **static** afin qu'ils puissent être accessibles à la méthode **Main** qui est elle-même obligatoirement **static**.

Voici le même exemple utilisant une version avec des propriétés et des champs d'instances et non de classe (non static) :

```
using System ;  
  
namespace ProjPropIndex  
{  
    class clA {  
        private Double prixTotal ;  
        private Double tauxTVA = 1.196 ;  
  
        public Double prix {  
            get { return Math.Round ( prixTotal ) ; }  
            set { prixTotal = value * tauxTVA ; }  
        }  
    }  
  
    class Class {  
  
        [STAThread]  
        static void Main ( string [] args ) {  
            clA Obj = new clA ();  
            Double val = 100 ;
```

```

        System .Console.WriteLine ("Valeur entrée :" + val );
        Obj.prix = val ;
        // le champ prixTotal n'est pas accessible car il est privé
        val = Obj.prix ;
        System .Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue) : " + val );
        System .Console.ReadLine ();
    }
}
}

```

Résultats d'exécution :

```

D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjPr
Valeur entrée :100
valeur arrondie (lue) : 120

```

### 1.5 Les propriétés peuvent être masquées comme les méthodes

**Une propriété sans spécificateur particulier de type de liaison est considérée comme une entité à liaison statique par défaut.**

Dans l'exemple ci-après nous dérivons une nouvelle classe de la classe clA nommée clB, nous redéclarons dans la classe fille une nouvelle propriété ayant le même nom, à l'instar d'un champ ou d'une méthode C# considère que nous masquons la propriété mère et nous suggère le conseil suivant :

*[C# Avertissement] Class..... : Le mot clé new est requis sur '.....', car il masque le membre hérité.....'*

Nous mettons donc le mot clef **new** devant la nouvelle déclaration de la propriété dans la classe fille. En reprenant l'exemple précédent supposons que dans la classe fille clB, la TVA soit à 5%, nous redéclarons dans clB une propriété prix qui va masquer celle de la mère :

```

using System ;

namespace ProjPropIndex
{
    class clA {
        private Double prixTotal ;
        private Double tauxTVA = 1.196 ;

        public Double prix { //propriété de la classe mère
            get { return Math.Round (prixTotal) ; }
            set { prixTotal = value * tauxTVA ; }
        }
    }

    class clB : clA {
        private Double prixLocal ;
        public new Double prix { //masquage de la propriété de la classe mère
            get { return Math.Round (prixLocal) ; }
            set { prixLocal = value * 1.05 ; }
        }
    }

    class Class {

```

```

[STAThread]
static void Main ( string [] args ) {
    clA Obj = new clA ();
    Double val = 100 ;
    System .Console.WriteLine ("Valeur entrée clA Obj :" + val );
    Obj.prix = val ;
    val = Obj.prix ;
    System .Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue)clA Obj : " + val );
    System .Console.WriteLine ("-----");
    clB Obj2 = new clB ();
    val = 100 ;
    System .Console.WriteLine ("Valeur entrée clB Obj2 :" + val );
    Obj2.prix = val ;
    val = Obj2.prix ;
    System .Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue)clB Obj2: " + val );
    System .Console.ReadLine ();
}
}
}

```

Résultats d'exécution :

```

D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjProp
Valeur entrée clA Obj :100
valeur arrondie (lue)clA Obj : 120
-----
Valeur entrée clB Obj2 :100
valeur arrondie (lue)clB Obj2: 105

```

### *1.6 Les propriétés peuvent être virtuelles et redéfinies comme les méthodes*

Les propriété en C# ont l'avantage important d'être utilisables dans le contexte de liaison dynamique d'une manière strictement identique à celle des méthodes en C#, ce qui confère au langage une "orthogonalité" solide relativement à la notion de polymorphisme.

**Une propriété peut donc être déclarée virtuelle dans une classe de base et être surchargée dynamiquement dans les classes descendantes de cette classe de base.**

Dans l'exemple ci-après semblable au précédent, nous déclarons dans la classe mère **clA** la propriété **prix** comme **virtual**, puis :

- Nous dérivons **clB**, une classe fille de la classe **clA** possédant une propriété **prix** masquant statiquement la propriété virtuelle de la classe **clA**, dans cette classe **clB** la TVA appliquée à la variable **prix** est à 5% (nous mettons donc le mot clef **new** devant la nouvelle déclaration de la propriété **prix** dans la classe fille **clB**). La propriété **prix** est dans cette classe **clB** à liaison statique.
- Nous dérivons une nouvelle classe de la classe **clA** nommée **clB2** dans laquelle nous redéfinissons en **override** la propriété **prix** ayant le même nom, dans cette classe **clB2** la TVA appliquée à la variable **prix** est aussi à 5%. La propriété **prix** est dans cette classe **clB2** à liaison dynamique.

Notre objectif est de comparer les résultats d'exécution obtenus lorsque l'on utilise une

référence d'objet de classe mère instanciée soit en objet de classe **clB** ou **clB2**. C'est le comportement de la propriété **prix** dans chacun de deux cas (statique ou dynamique) qui nous intéresse :

```

using System ;

namespace ProjPropIndex
{
    class clA {
        private Double prixTotal ;
        private Double tauxTVA = 1.196 ;

        public virtual Double prix { // propriété virtuelle de la classe mère
            get { return Math.Round( prixTotal ) ; }
            set { prixTotal = value * tauxTVA ; }
        }
    }

    class clB : clA {
        private Double prixLocal ;
        public new Double prix { // masquage de la propriété de la classe mère
            get { return Math.Round( prixLocal ) ; }
            set { prixLocal = value * 1.05 ; }
        }
    }

    class clB2 : clA {
        private Double prixLocal ;
        public override Double prix { // redéfinition de la propriété de la classe mère
            get { return Math.Round( prixLocal ) ; }
            set { prixLocal = value * 1.05 ; }
        }
    }

    class Class {
        static private Double prixTotal ;
        static private Double tauxTVA = 1.196 ;

        static public Double prix {
            get { return Math.Round( prixTotal ) ; }
            set { prixTotal = value * tauxTVA ; }
        }
    }

    [STAThread]
    static void Main ( string [] args ) {
        clA Obj = new clA () ;
        Double val = 100 ;
        System.Console.WriteLine ("Valeur entrée Obj=new clA :" + val );
        Obj.prix = val ;
        val = Obj.prix ;
        System.Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue)Obj=new clA :" + val );
        System.Console.WriteLine ("-----");
        Obj = new clB () ;
        val = 100 ;
        System.Console.WriteLine ("Valeur entrée Obj=new clB :" + val );
        Obj.prix = val ;
        val = Obj.prix ;
        System.Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue)Obj=new clB :" + val );
        System.Console.WriteLine ("-----");
        Obj = new clB2 () ;
        val = 100 ;
        System.Console.WriteLine ("Valeur entrée Obj=new clB2 :" + val );
    }
}

```

```

        Obj.prix = val ;
        val = Obj.prix ;
        System.Console.WriteLine ("valeur arrondie (lue)Obj=new clB2 : " + val ) ;
        System.Console.ReadLine () ;
    }
}
}

```

Résultats d'exécution :

```

D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjPropIndex.exe
Valeur entrée Obj=new clA :100
valeur arrondie (lue)Obj=new clA : 120
-----
Valeur entrée Obj=new clB :100
valeur arrondie (lue)Obj=new clB : 120
-----
Valeur entrée Obj=new clB2 :100
valeur arrondie (lue)Obj=new clB2 : 105

```

Nous voyons bien que le même objet Obj instancié en classe **clB** ou en classe **clB2** ne fournit pas les mêmes résultats pour la propriété prix, ces résultats sont conformes à la notion de polymorphisme en particulier pour l'instanciation en **clB2**.

Rappelons que le **masquage statique** doit être utilisé comme pour les méthodes à bon escient, plus spécifiquement lorsque nous ne souhaitons pas utiliser le polymorphisme, dans le cas contraire c'est la **liaison dynamique** qui doit être utilisée pour **définir et redéfinir des propriétés**.

### *1.7 Les propriétés peuvent être abstraites comme les méthodes*

Les propriétés en C# peuvent être déclarées **abstract**, dans ce cas comme les méthodes elles sont automatiquement virtuelles sans nécessiter l'utilisation du mot clef **virtual**.

Comme une méthode abstraite, une propriété abstraite n'a pas de corps de définition pour le ou les accesseurs qui la composent, ces accesseurs sont implémentés dans une classe fille.

Toute classe déclarant une propriété **abstract** doit elle-même être déclarée **abstract**, l'implémentation de la propriété a lieu dans une classe fille, soit en masquant la propriété de la classe mère (grâce à une déclaration à liaison statique avec le mot clef **new**), soit en la redéfinissant (grâce à une déclaration à liaison dynamique avec le mot clef **override**) :

```

abstract class clA {
    public abstract Double prix { //propriété abstraite virtuelle de la classe mère
        get ; //propriété abstraite en lecture
        set ;//propriété abstraite en écriture
    }
}
class clB1 : clA {
    private Double prixTotal ;
    private Double tauxTVA = 1.196 ;
}

```

```

public new Double prix {//--redéfinition par new refusée (car membre abstract)
    get { return Math.Round(prixTotal) ; }
    set { prixTotal = value * tauxTVA ; }
}

class clB2 : clA {
    private Double prixTotal ;
    private Double tauxTVA = 1.05 ;
    public override Double prix {// redéfinition de la propriété par override correcte
        get { return Math.Round(prixTotal) ; }
        set { prixTotal = value * tauxTVA ; }
    }
}

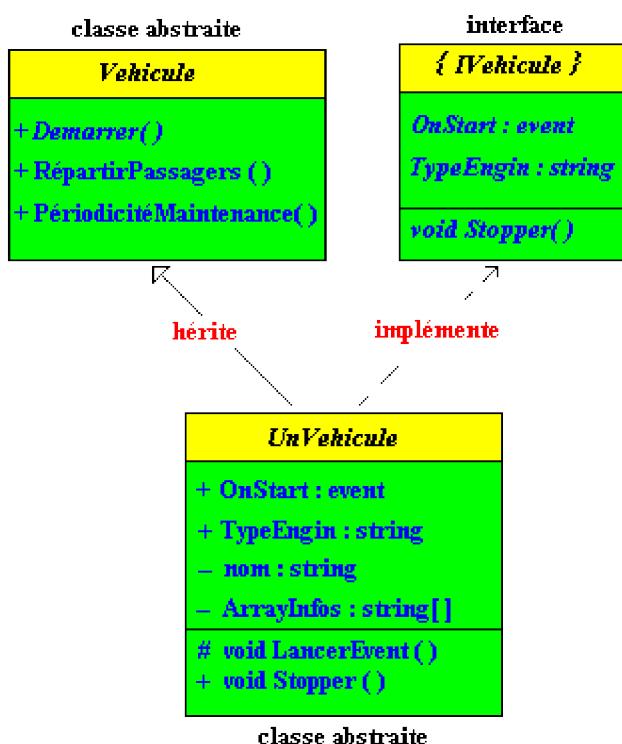
```

## 1.8 Les propriétés peuvent être déclarées dans une interface

Les propriétés en C# peuvent être déclarées dans une interface comme les événements et les méthodes sans le mot clef **abstract**, dans ce cas comme dans le cas de propriété abstraites la déclaration ne contient pas de corps de définition pour le ou les accesseurs qui la composent, ces accesseurs sont implémentés dans une classe fille qui implémente elle-même l'interface.

Les propriétés déclarées dans une interface lorsqu'elles sont implémentées dans une classe peuvent être définies soit à liaison statique, soit à liaison dynamique.

Ci dessous une exemple de hiérarchie abstraite de véhicules, avec une interface IVehicule contenant un événement (*cet exemple est spécifié au chapitre sur les interfaces*) :



```
abstract class Vehicule { // classe abstraite mère
    ...
}
```

```
interface IVehicule {
    ...
    string TypeEngin { // déclaration de propriété abstraite par défaut
        get;
        set;
    }
    ...
}
```

```
abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule {
    private string nom = "";
    ...
    public virtual string TypeEngin { // implantation virtuelle de la propriété
        get { return nom; }
        set { nom = "["+value+"]"; }
    }
    ...
}
```

```
abstract class Terrestre : UnVehicule {
    ...
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin; }
        set { string nomTerre = value + "Terrestre";
            base.TypeEngin = nomTerre; }
    }
}
```

## 1.9 Exemple complet exécutable

### Code C# complet compilable avec l'événement et une classe concrète

```
public delegate void Starting (); // delegate declaration de type pour l'événement

abstract class Vehicule { // classe abstraite mère
    public abstract void Demarrer (); // méthode abstraite
    public void RépartirPassagers () { } // implantation de méthode avec corps vide
    public void PériodicitéMaintenance () { } // implantation de méthode avec corps vide
}
interface IVehicule {
    event Starting OnStart; // déclaration d'événement du type délégué : Starting
    string TypeEngin { // déclaration de propriété abstraite par défaut
        get;
        set;
    }
    void Stopper (); // déclaration de méthode abstraite par défaut
}
```

```

}

//-- classe abstraite héritant de la classe mère et implémentant l'interface :
abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule {
    private string nom = "";
    private string [ ] ArrayInfos = new string [10];
    public event Starting OnStart ;
    protected void LancerEvent() {
        if( OnStart != null)
            OnStart ();
    }
    public virtual string TypeEngin { // implantation virtuelle de la propriété
        get { return nom; }
        set { nom = "["+value+"]"; }
    }
    public virtual void Stopper () { }//implantation virtuelle de méthode avec corps vide
}

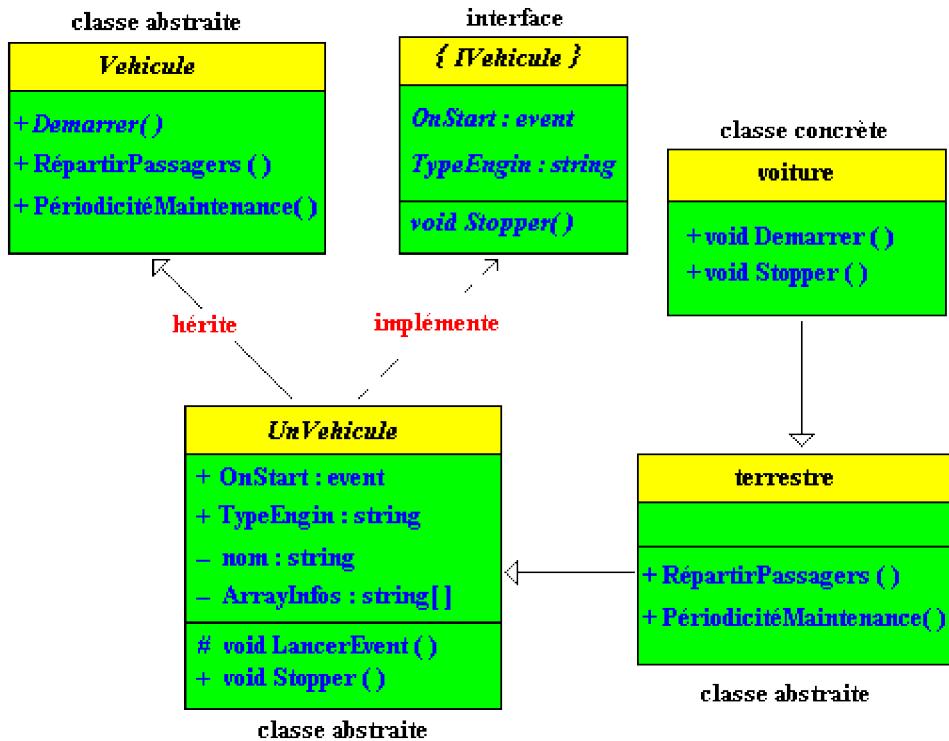
abstract class Terrestre : UnVehicule {
    private string nomTerre = "";
    public new void RépartirPassagers (){ }
    public new void PériodicitéMaintenance (){ }
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin ; }
        set { string nomTerre = value + "-Terrestre";
            base.TypeEngin = nomTerre ; }
    }
}

class Voiture : Terrestre {
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin + "-voiture"; }
        set { base.TypeEngin = "(" + value + ")"; }
    }
    public override void Demarrer () {
        LancerEvent();
    }
    public override void Stopper () {
        ...
    }
}

class UseVoiture { // instantiation d'une voiture particulière
    static void Main ( string [] args ) {
        UnVehicule x = new Voiture ();
        x.TypeEngin = "Picasso"; // propriété en écriture
        System.Console.WriteLine ("x est une " + x.TypeEngin ); // propriété en lecture
        System.Console.ReadLine ();
    }
}

```

Diagrammes de classes UML de la hiérarchie implantée :



Résultats d'exécution :

```

D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjPropIndex.exe
x est une [(Picasso)-Terrestre]-voiture

```

### 1.9.1 Détails de fonctionnement de la propriété TypeEngin en écriture

La propriété `TypeEngin` est en écriture dans :

`x.TypeEngin = "Picasso";`

Elle remonte à ses définitions successives grâce l'utilisation du mot clef `base` qui fait référence à la classe mère de la classe en cours.

- propriété `TypeEngin` dans la classe `Voiture` :

**(Picasso)**

**base.TypeEngin**

- propriété `TypeEngin` dans la classe `Terrestre` :

**(Picasso)-Terrestre**

**base.TypeEngin**

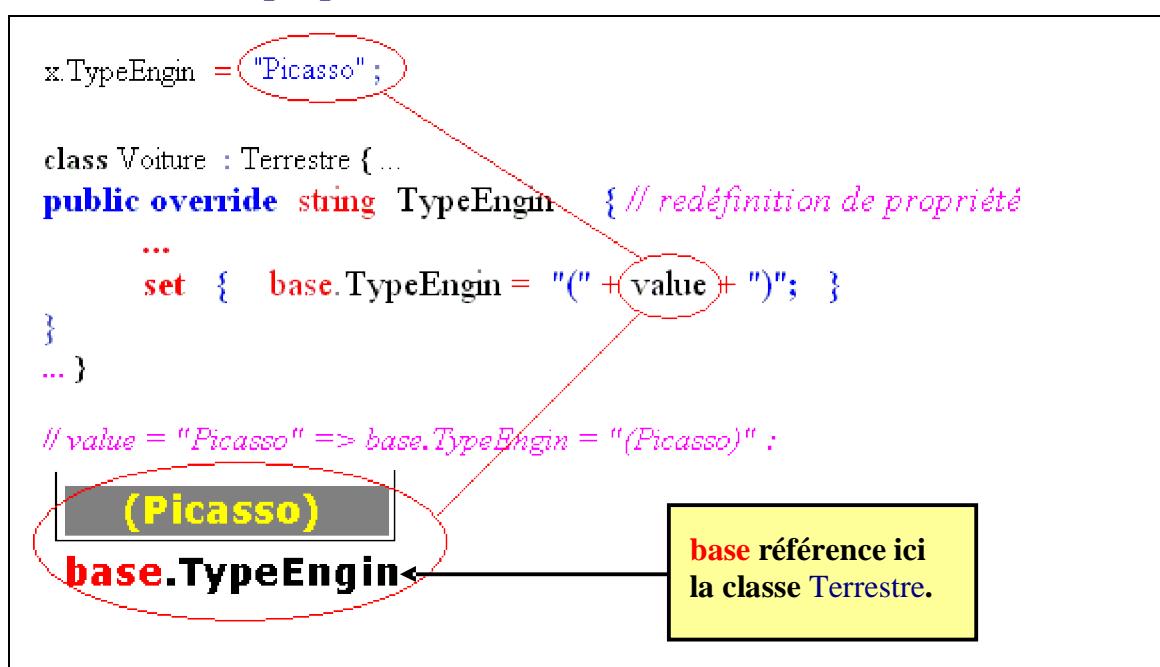
.....

- propriété `TypeEngin` dans la classe `UnVehicule` :

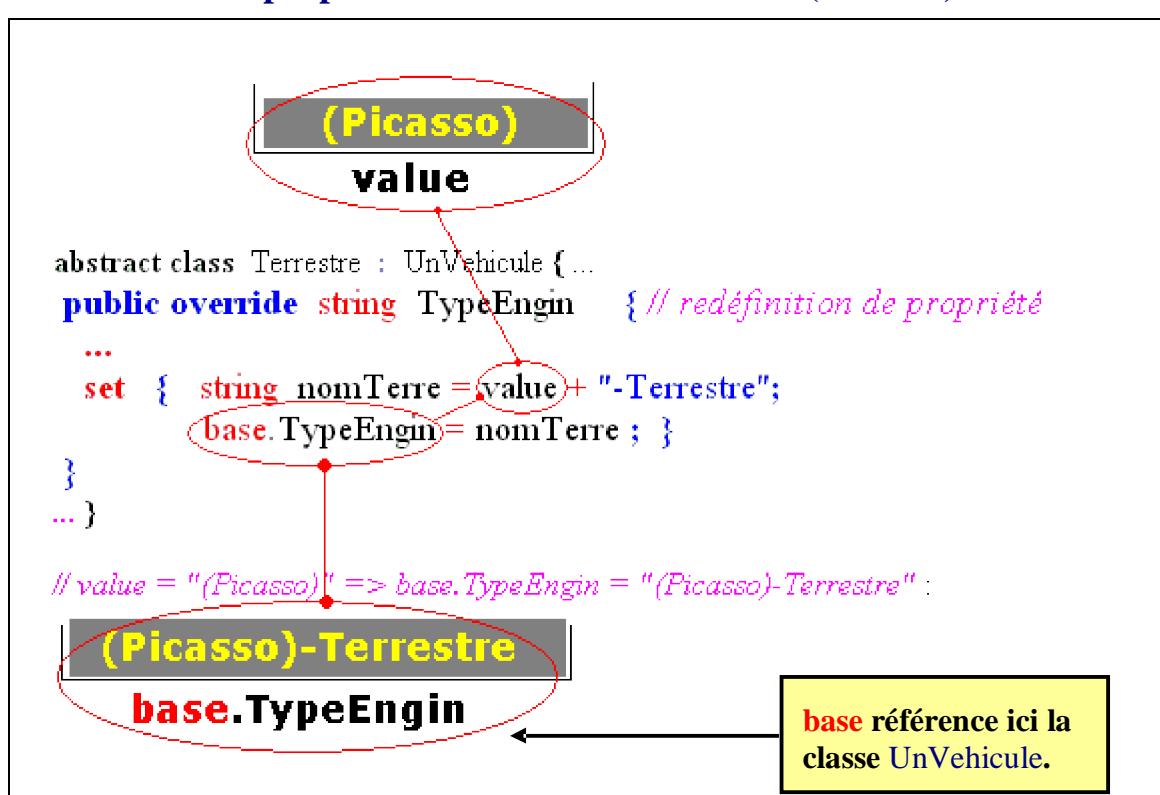
**[(Picasso)-Terrestre ]**

**private string nom**

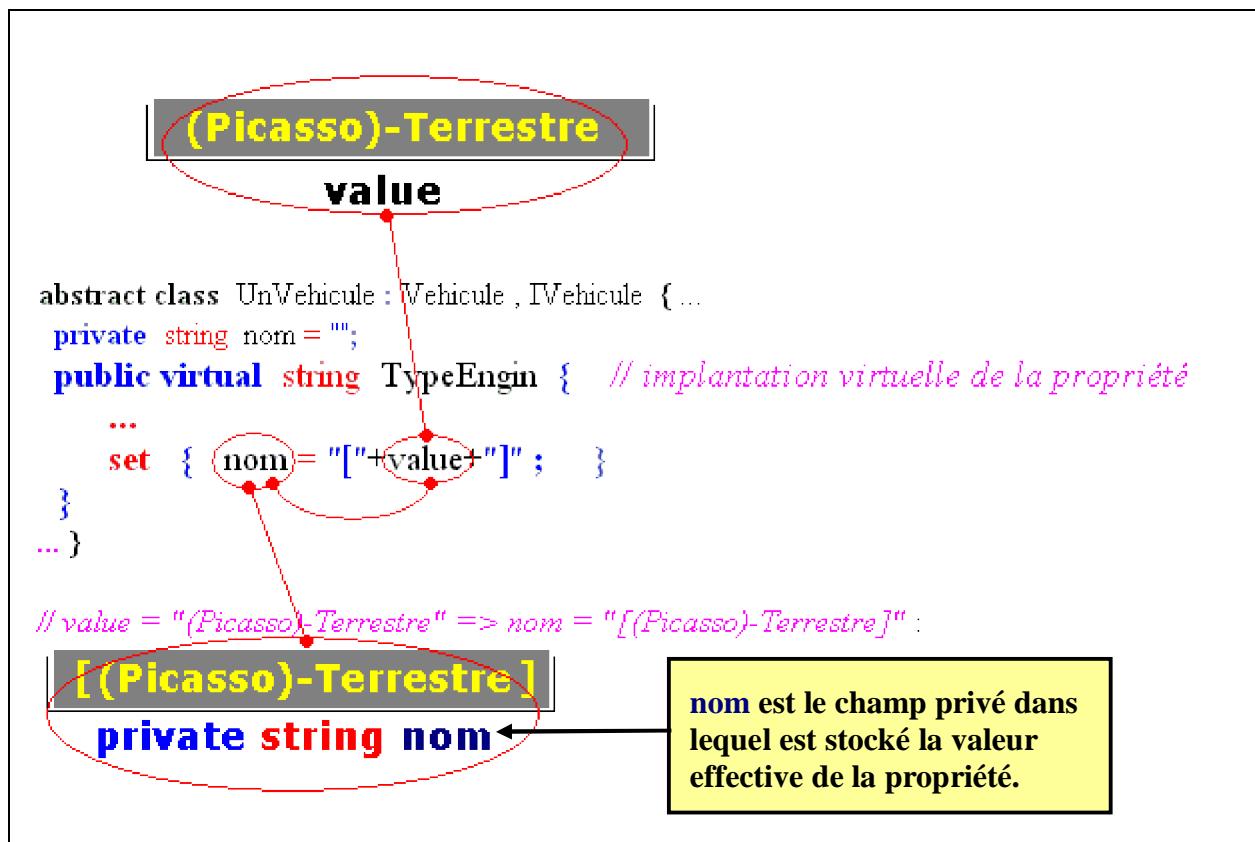
## Définition de la propriété dans la classe Voiture (écriture) :



## Définition de la propriété dans la classe Terrestre (écriture) :



## Définition de la propriété dans la classe UnVehicule (écriture) :

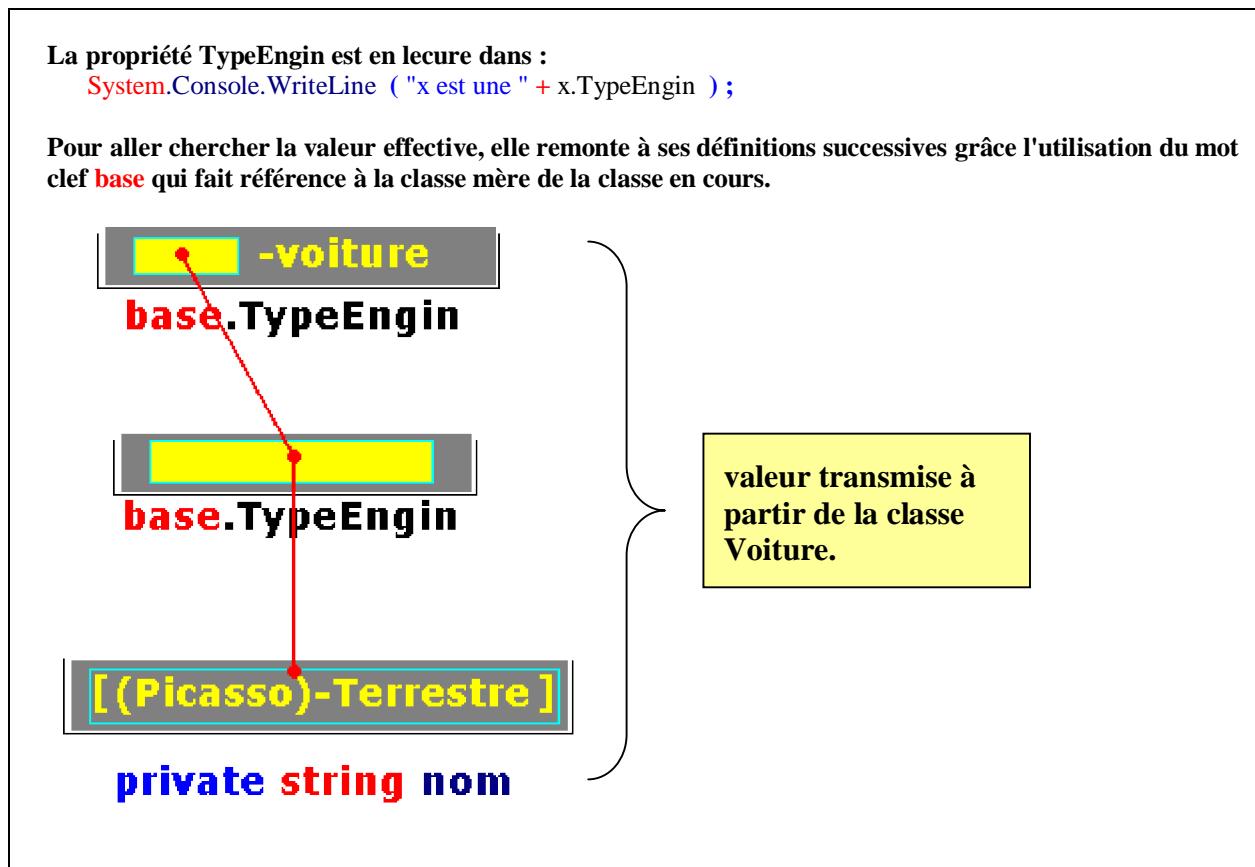


### 1.9.2 Détails de fonctionnement de la propriété TypeEngin en lecture

La propriété `TypeEngin` est en lecture dans :

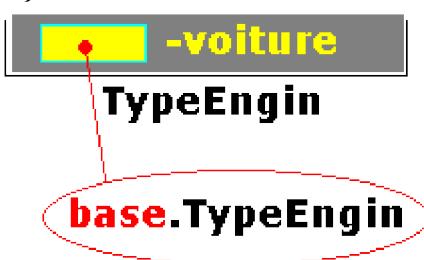
```
System.Console.WriteLine ( "x est une " + x.TypeEngin );
```

Pour aller chercher la valeur effective, elle remonte à ses définitions successives grâce l'utilisation du mot clef `base` qui fait référence à la classe mère de la classe en cours.



## Définition de la propriété dans la classe Voiture (lecture) :

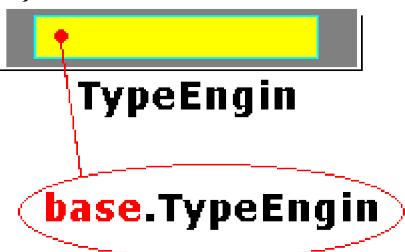
```
class Voiture : Terrestre { ...
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin + "-voiture"; }
        ...
    }
    ...
}
```



L'accesseur **get** va chercher le résultat dans **base.TypeEngin** et lui concatène le mot "**-voiture**".  
**base.TypeEngin** référence ici la propriété dans la classe Terrestre.

## Définition de la propriété dans la classe Terrestre (lecture) :

```
abstract class Terrestre : UnVehicule { ...
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin; }
        ...
    }
    ...
}
```



L'accesseur **get** va chercher le résultat dans **base.TypeEngin**.  
**base.TypeEngin** référence ici la propriété dans la classe **UnVehicule**.

## Définition de la propriété dans la classe UnVehicule (lecture) :

```
abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule { ...
    private string nom = "";
    public virtual string TypeEngin { // implantation virtuelle de la propriété
        get { return nom; }
        ...
    }
    ...
}
```



## 2. Les indexeurs

Nous savons en Delphi qu'il existe une notion de propriété par défaut qui nous permet par exemple dans un objet Obj de type TStringList se nomme **strings**, d'écrire **Obj[5]** au lieu de **Obj.strings[5]**. La notion d'indexeur de C# est voisine de cette notion de propriété par défaut en Delphi.

### 2.1 Définitions et comparaisons avec les propriétés

Un indexeur est un membre de classe qui permet à un objet d'être **indexé de la même manière qu'un tableau**. La signature d'un indexeur doit être différente des signatures de tous les autres indexeurs déclarés dans la même classe. Les indexeurs et les propriétés sont très similaires de par leur concept, c'est pourquoi nous allons définir les indexeurs à partir des propriétés.

Tous les indexeurs sont représentés par l'opérateur **[ ]**. Les liens sur les propriétés ou les indexeurs du tableau ci-dessous renvoient directement au paragraphe associé.

Propriété	Indexeur
Déclarée par son nom.	Déclaré par le mot clef <b>this</b> .
Identifiée et utilisée par son nom.	Identifié par sa signature, utilisé par l'opérateur <b>[ ]</b> . L'opérateur <b>[ ]</b> doit être situé immédiatement après le nom de l'objet.
Peut être un membre de classe <b>static</b> ou un membre d'instance.	<b>Ne peut pas</b> être un membre <b>static</b> , est toujours un membre d'instance.

L'accesseur <b>get</b> correspond à une méthode sans paramètre.	L'accesseur <b>get</b> correspond à une méthode pourvue de la même liste de paramètres formels que l'indexeur.
L'accesseur <b>set</b> correspond à une méthode avec un seul paramètre implicite <b>value</b> .	L'accesseur <b>set</b> correspond à une méthode pourvue de la même liste de paramètres formels que l'indexeur plus le paramètre implicite <b>value</b> .
Une propriété Prop héritée est accessible par la syntaxe <b>base.Prop</b>	Un indexeur Prop hérité est accessible par la syntaxe <b>base[ ]</b>
Les propriétés peuvent être à liaison statique, à liaison dynamique, masquées ou redéfinies.	Les indexeurs peuvent être à liaison statique, à liaison dynamique, masqués ou redéfinis.
Les propriétés peuvent être abstraites.	Les indexeurs peuvent être abstraits.
Les propriétés peuvent être déclarées dans une interface.	Les indexeurs peuvent être déclarés dans une interface.

## 2.1.1 Déclaration

Propriété	Indexeur
<p>Déclarée par son nom, avec champ de stockage :</p> <pre>private int champ;</pre> <pre>public int prop1{     get { return champ ; }     set { champ = value ; } }</pre>	<p>Déclaré par le mot clef <b>this</b>, avec champ de stockage :</p> <pre>private int [ ] champ = new int [10];</pre> <pre>public int this [int index]{     get { return champ[ index ] ; }     set { champ[ index ] = value ; } }</pre>

## 2.1.2 Utilisation

Propriété	Indexeur
<p>Déclaration :</p> <pre>class clA {     private int champ;      public int prop1{         get { return champ ; }         set { champ = value ; }     } }</pre> <p>Utilisation :</p> <pre>clA Obj = new clA(); Obj.prop1 = 100;</pre> <pre>int x = Obj.prop1; //x = 100</pre>	<p>Déclaration :</p> <pre>class clA {     private int [ ] champ = new int [10];      public int this [int index]{         get { return champ[ index ] ; }         set { champ[ index ] = value ; }     } }</pre> <p>Utilisation :</p> <pre>clA Obj = new clA(); for ( int i=0; i&lt;5; i++ )     Obj[ i ] = i;</pre> <pre>int x = Obj[ 2 ]; //x = 2 int y = Obj[ 3 ]; //x = 3 ...</pre>

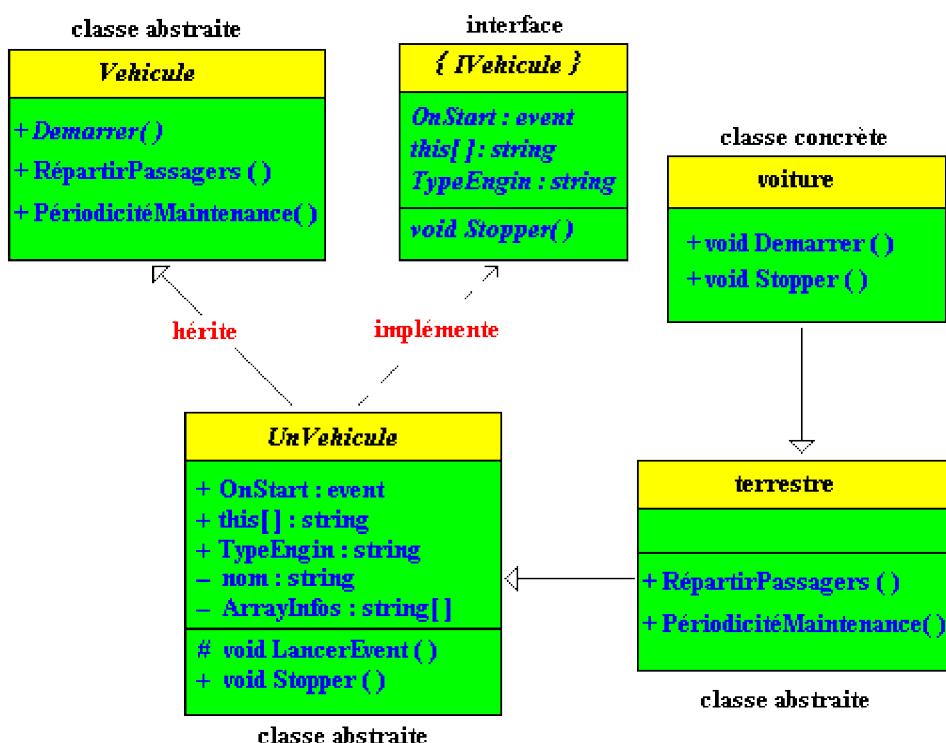
## 2.1.3 Paramètres

Propriété	Indexeur
<p>Déclaration :</p> <pre>class clA {     private int champ;      public int prop1{         get { return champ*10 ; }         set { champ = value + 1 ; }     } }</pre> <p><i>value</i> est un paramètre implicite.</p>	<p>Déclaration :</p> <pre>class clA {     private int [ ] champ = new int [10];      public int this [int k]{         get { return champ[ k ]*10 ; }         set { champ[ k ] = value + 1 ; }     } }</pre> <p><i>k</i> est un paramètre formel de l'indexeur.</p>

<u>Utilisation :</u> <pre>clA Obj = new clA(); <b>Obj.propr1 = 100 ;</b> int x = Obj.propr1 ; // x = 1010</pre>	<u>Utilisation :</u> <pre>clA Obj = new clA(); <b>for ( int i=0; i&lt;5; i++ )</b>     <b>Obj[ i ] = i ;</b> <b>int x = Obj[ 2 ] ; // x = 30</b> <b>int y = Obj[ 3 ] ; // x = 40</b> ...</pre>
--	---

## 2.1.4 Indexeur à liaison dynamique, abstraction et interface

Reprendons l'exemple de hiérarchie de véhicules, traité avec la propriété TypeEngin de type string, en y ajoutant un indexeur de type string en proposant des définitions parallèles à la propriété et à l'indexeur :



```
abstract class Vehicule { // classe abstraite mère
    ...
}
```

```
interface IVehicule {
    ...
    string TypeEngin { // déclaration de propriété abstraite par défaut
        get;
        set;
    }
    ...
    string this [ int k ] { // déclaration d'indexeur abstrait par défaut
    }
}
```

```

    get ;
    set ;
}
...
}
```

```

abstract class UnVehicule : Vehicule , IVehicule {
    private string [ ] ArrayInfos = new string [10] ;
    private string nom = "" ;
    ...
    public virtual string TypeEngin { // implantation virtuelle de la propriété
        get { return nom ; }
        set { nom = "[" + value + "]"; }
    }
    ...
    public virtual string this [ int k ] { // implantation virtuelle de l'indexeur
        get { return ArrayInfos[ k ] ; }
        set { ArrayInfos[ k ] = value ; }
    }
    ...
}
```

```

abstract class Terrestre : UnVehicule {
    private string nomTerre = "" ;
    ...
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin ; }
        set { string nomTerre = value + "-Terrestre";
            base.TypeEngin = nomTerre ; }
    }
    ...
    public override string this [ int k ] { // redéfinition de l'indexeur
        get { return base[ k ] ; }
        set { string nomTerre = value + "-Terrestre" ;
            base[ k ] = nomTerre + "/set =" + k.ToString() + "/" ; }
    }
}
```

```

class Voiture : Terrestre {
    public override string TypeEngin { // redéfinition de propriété
        get { return base.TypeEngin + "-voiture"; }
        set { base.TypeEngin = "(" + value + ")"; }
    }
    public override string this [ int n ] { // redéfinition de l'indexeur
        get { return base[ n ] + "-voiture{get =" + n.ToString() + "}" ; }
        set { base[ n ] = "(" + value + ")"; }
    }
    ...
}
```

## Code C# complet compilable

### Code avec un événement une propriété et un indexeur

```
public delegate void Starting (); //delegate declaration de type

abstract class Vehicule {
    public abstract void Demarrer ();
    public void RépartirPassagers () { }
    public void PériodicitéMaintenance () { }
}

interface IVehicule {
    event Starting OnStart; //déclaration événement
    string this [ int index] //déclaration Indexeur
    {
        get ;
        set ;
    }
    string TypeEngin // déclaration propriété
    {
        get ;
        set ;
    }
    void Stopper ();
}

abstract class UnVehicule : Vehicule, IVehicule {
    private string nom = "";
    private string [] ArrayInfos = new string [10];
    public event Starting OnStart; //implantation événement
    protected void LancerEvent () {
        if(OnStart != null)
            OnStart ();
    }
    public virtual string this [ int index] { //implantation indexeur virtuel
        get { return ArrayInfos[index]; }
        set { ArrayInfos[index] = value; }
    }
    public virtual string TypeEngin { //implantation propriété virtuelle
        get { return nom; }
        set { nom = "[" + value + "]"; }
    }
    public virtual void Stopper (){ }
}

abstract class Terrestre : UnVehicule {
    public new void RépartirPassagers () { }
    public new void PériodicitéMaintenance () { }
    public override string this [ int k] { //redéfinition indexeur
        get { return base [k]; }
        set { string nomTerre = value + "-Terrestre";
              base [k] = nomTerre + "/set =" + k.ToString () + "/";
        }
    }
    public override string TypeEngin { //redéfinition propriété
        get { return base.TypeEngin; }
        set { string nomTerre = value + "-Terrestre";
              base.TypeEngin = nomTerre;
        }
    }
}
```

```

        }

    }

    class Voiture : Terrestre {
        public override string this [ int n] { // redéfinition indexeur
            get { return base [n] + "-voiture {get = " + n.ToString ()+ " }"; }
            set { string nomTerre = value + "-Terrestre";
                base [n] = "(" + value + ")";
            }
        }
        public override string TypeEngin { // redéfinition propriété
            get { return base .TypeEngin + "-voiture"; }
            set { base .TypeEngin = "(" + value + ")"; }
        }
        public override void Demarrer (){
            LancerEvent ();
        }
        public override void Stopper (){
            //...
        }
    }
}

```

```

class UseVoiture
{
    static void Main ( string [] args )
    {
        // instantiation d'une voiture particulière :
        UnVehicule automobile = new Voiture ();

        // utilisation de la propriété TypeEngin :
        automobile .TypeEngin = "Picasso";
        System .Console.WriteLine ("x est une " + automobile.TypeEngin );

        // utilisation de l'indexeur :
        automobile [0] = "Citroen";
        automobile [1] = "Renault";
        automobile [2] = "Peugeot";
        automobile [3] = "Fiat";
        for( int i = 0 ; i < 4 ; i ++ )
            System .Console.WriteLine ("Marque possible : " + automobile [i]);
        System .Console.ReadLine ();
    }
}

```

Résultats d'exécution :

```

D:\CsharpExos\propIndex\bin\Debug\ProjPropIndex.exe
x est une [(Picasso)-Terrestre]-voiture
Marque possible : (Citroen)-Terrestre/set = 0/-voiture{get = 0}
Marque possible : (Renault)-Terrestre/set = 1/-voiture{get = 1}
Marque possible : (Peugeot)-Terrestre/set = 2/-voiture{get = 2}
Marque possible : (Fiat)-Terrestre/set = 3/-voiture{get = 3}

```

# Application fenêtrées et ressources en



---

Plan général:

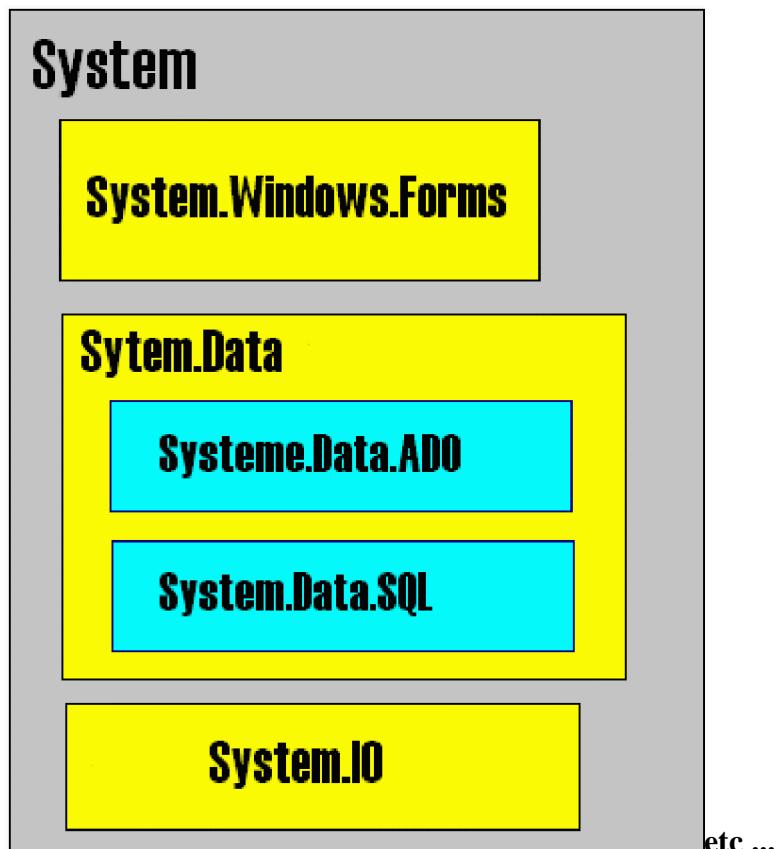
## 1. Les applications avec Interface Homme-Machine

- 1.1 Un retour sur la console
- 1.2 Des fenêtres à la console
  - 1.2.1 Console et fenêtre personnalisée
  - 1.2.2 Fenêtre personnalisée sans console
  - 1.2.3 Que fait Application.Run ?
  - 1.2.4 Que faire avec Application.DoEvents ?
- 1.3 Un formulaire en C# est une fiche
- 1.4 Code C# engendré par le RAD pour un formulaire
- 1.5 Libération de ressources non managées
- 1.6 Comment la libération a-t-elle lieu dans le NetFrameWork ?
- 1.7 Peut-on influer sur cette la libération dans le NetFrameWork ?
- 1.8 Design Pattern de libération des ressources non managées
- 1.9 Un exemple utilisant la méthode Dispose d'un formulaire
- 1.10 L'instruction USING appelle Dispose( )
- 1.11 L'attribut [STAThread]

## 1. Les applications avec Interface Homme-Machine

Les exemples et les traitements qui suivent sont effectués sous l'OS windows à partir de la version NetFrameWork 1.1, les paragraphes 1.3, 1.4, ... , 1.10 expliquent le contenu du code généré automatiquement par Visual Studio ou C# Builder de Borland Studio pour développer une application fenêtrée.

Le NetFrameWork est subdivisé en plusieurs espaces de nom, l'espace de noms System contient plusieurs classes, il est subdivisé lui-même en plusieurs sous-espaces de noms :



L'espace des noms **System.Windows.Forms** est le domaine privilégié du NetFrameWork dans lequel l'on trouve des classes permettant de travailler sur des applications fenêtrées.

La classe **Form** de l'espace des noms **System.Windows.Forms** permet de créer une fenêtre classique avec barre de titre, zone client, boutons de fermeture, de zoom...

En C#, Il suffit d'instancier un objet de cette classe pour obtenir une fenêtre classique qui s'affiche sur l'écran.

### 1.1 un retour sur la console

Le code C# peut tout comme le code Java être écrit avec un éditeur de texte rudimentaire du style bloc-note, puis être compilé directement à la **console** par appel au compilateur **csc.exe**.

Soient par exemple dans un dossier temp du disque C:, deux fichiers :



Le fichier "**\_exoconsole.bat**" contient la commande système permettant d'appeler le compilateur C#.

Le fichier "**\_exoconsole.cs**" le programme source en C#.

Construction de la commande de compilation "**\_exoconsole.bat**" :

On indique d'abord le chemin (variable path) du répertoire où se trouve le compilateur **csc.exe**, puis on lance l'appel au compilateur avec ici , un nombre minimal de paramètres :

<b>Attributs et paramètres de la commande</b>	<b>fonction associée</b>
<b>set path =</b> C:\WINDOWS\Microsoft.NET\Framework\v1.1.4322	Le chemin absolu permettant d'accéder au dossier contenant le compilateur C# ( <b>csc.exe</b> )
<b>/t:exe</b>	Indique que nous voulons engendrer une exécutable console (du code MSIL)
<b>/out: _exo.exe</b>	Indique le nom que doit porter le fichier exécutable MSIL après compilation
<b>_exoconsole.cs</b>	Le chemin complet du fichier source C# à compiler (ici il est dans le même répertoire que la commande, seul le nom du fichier suffit)

Texte de la commande dans le Bloc-note :



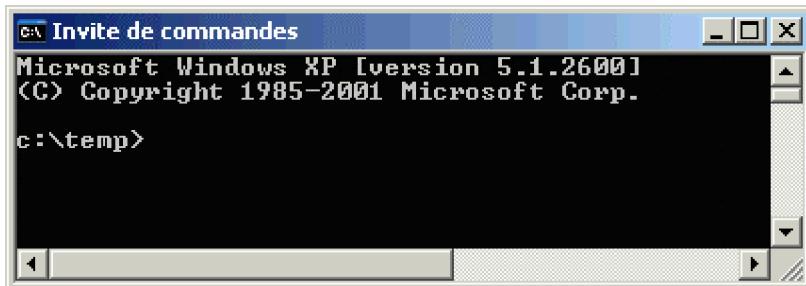
Nous donnons le contenu du fichier source **\_exoconsole.cs** à compiler :

The screenshot shows a Windows Notepad window titled '\_exoconsole.cs - Bloc-notes'. The menu bar includes Fichier, Edition, Format, Affichage, and ?.

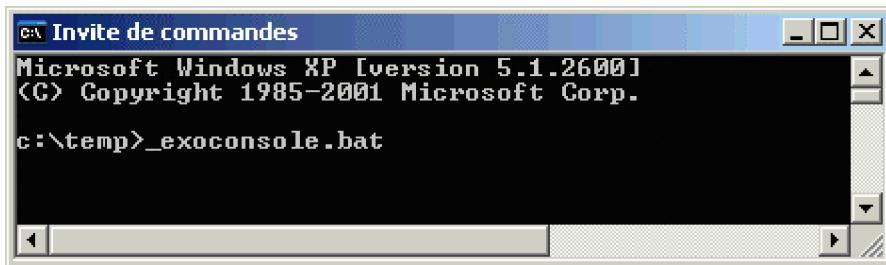
```
using System;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple
    {
        static void Main()
        {
            System.Console.WriteLine("Bonjour");
            for ( int i=1; i<6; i++ )
                System.Console.WriteLine( "i = "+i.ToString() );
            System.Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

Le programme précédent affiche le mot Bonjour suivi de l'exécution de la boucle sur 5 itérations.

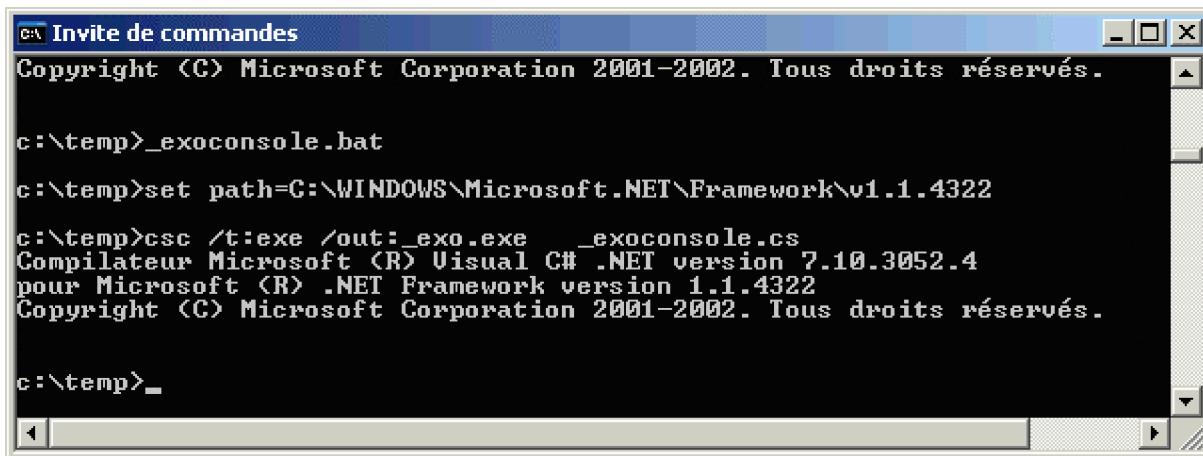
On lance l'invite de commandes de Windows ici dans le répertoire c:\temp :



On tape au clavier et l'on exécute la commande "\_exoconsole.bat" :



Elle appelle le compilateur **sc.exe** qui effectue la compilation du programme **\_exoconsole.cs** sans signaler d'erreur particulière et qui a donc engendré une fichier MSIL nommé **\_exo.exe** :



```
c:\ Invite de commandes
Copyright (C) Microsoft Corporation 2001-2002. Tous droits réservés.

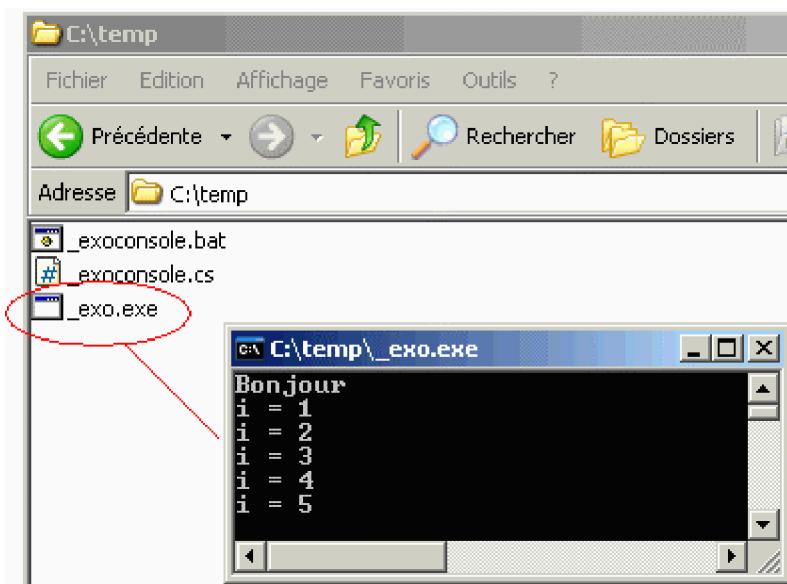
c:\temp>_exoconsole.bat

c:\temp>set path=C:\WINDOWS\Microsoft.NET\Framework\v1.1.4322

c:\temp>csc /t:exe /out:_exo.exe _exoconsole.cs
Compilateur Microsoft (R) Visual C# .NET version 7.10.3052.4
pour Microsoft (R) .NET Framework version 1.1.4322
Copyright (C) Microsoft Corporation 2001-2002. Tous droits réservés.

c:\temp>
```

Lançons par un double click l'exécution du programme **\_exo.exe** qui vient d'être engendré :

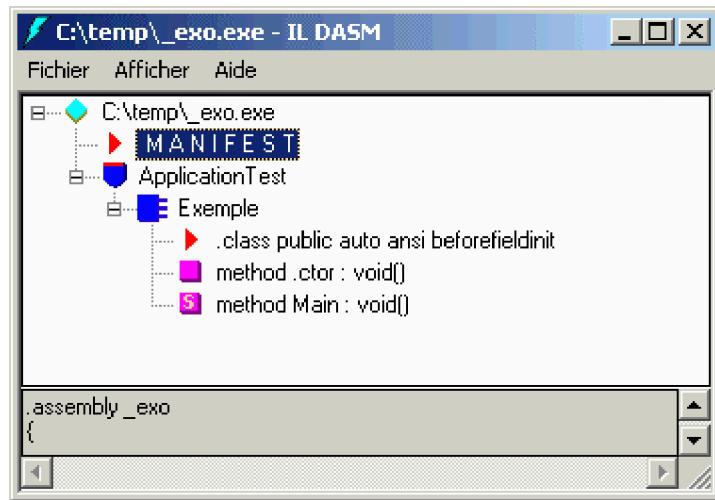


Nous constatons que l'exécution par le CLR du fichier **\_exo.exe** a produit le résultat escompté c'est à dire l'affichage du mot Bonjour suivi de l'exécution de la boucle sur 5 itérations.

Afin que le lecteur soit bien convaincu que nous sommes sous NetFramework et que les fichiers exécutables ne sont pas du binaire exécutable comme jusqu'à présent sous Windows, mais des fichiers de code MSIL exécutable par le CLR, nous passons le fichier **\_exo.exe** au désassembleur **ildasm** par la commande "ildasm.bat".

Le désassembleur MSIL Disassembler (Ildasm.exe) est un utilitaire inclus dans le kit de développement .NET Framework SDK, il est de ce fait utilisable avec tout langage de .Net dont C#. ILDasm.exe analyse toutes sortes d'assemblies .NET Framework .exe ou .dll et présente les informations dans un format explicite. Cet outil affiche bien plus que du code MSIL (Microsoft Intermediate Language) ; il présente également les espaces de noms et les types, interfaces comprises.

Voici l'inspection du fichier **\_exo.exe** par **ildasm** :



Demandons à **ildasm** l'inspection du code MSIL engendré pour la méthode Main( ) :

*Nous avons mis en gras et en italique les commentaires d'instructions sources*

### Exemple::methodeMain void()

```
.method private hidebysig static void Main( ) cil managed
{
    .entrypoint
    // Code size      51 (0x33)
    .maxstack 2
    .locals init ([0] int32 i)
    .language '{3F5162F8-07C6-11D3-9053-00C04FA302A1}', '{994B45C4-E6E9-11D2-903F-
00C04FA302A1}', '{5A869D0B-6611-11D3-BD2A-0000F80849BD}'
// Source File 'c:\temp\_exoconsole.cs'
//000007:     System.Console.WriteLine("Bonjour");
    IL_0000: ldstr    "Bonjour"
    IL_0005: call     void [mscorlib]System.Console::WriteLine(string)
//000008:     for ( int i=1; i<6; i++ )
    IL_000a: ldc.i4.1
    IL_000b: stloc.0
    IL_000c: br.s    IL_0028
//000009:     System.Console.WriteLine( "i = "+i.ToString( ) );
    IL_000e: ldstr    "i = "
    IL_0013: ldloca.s i
    IL_0015: call     instance string [mscorlib]System.Int32::ToString()
    IL_001a: call     string [mscorlib]System.String::Concat(string,string)
    IL_001f: call     void [mscorlib]System.Console::WriteLine(string)
//000008:     for ( int i=1; i<6; i++ )
    IL_0024: ldloc.0
    IL_0025: ldc.i4.1
    IL_0026: add
    IL_0027: stloc.0
    IL_0028: ldloc.0
    IL_0029: ldc.i4.6
    IL_002a: blt.s    IL_000e
//000009:     System.Console.WriteLine( "i = "+i.ToString( ) );
//000010:     System.Console.ReadLine();
    IL_002c: call     string [mscorlib]System.Console::ReadLine()
    IL_0031: pop
```

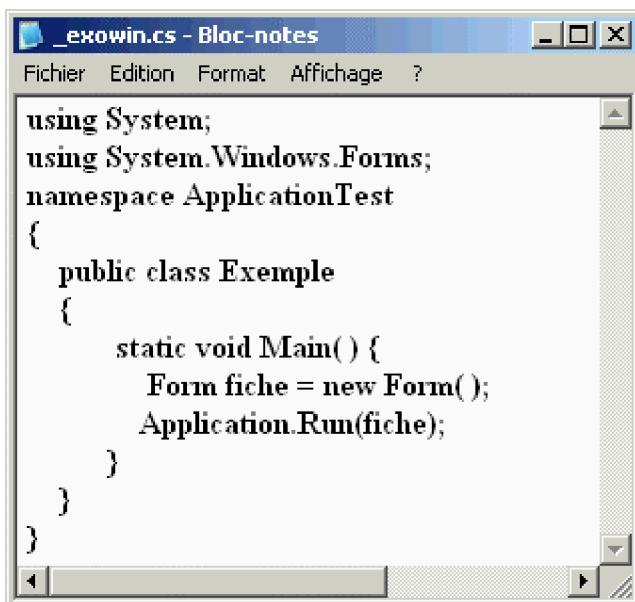
```
//000011:  }
IL_0032: ret
} // end of method Exemple::Main
```

## 1.2 Des fenêtres à la console

On peut donc de la même façon compiler et exécuter à partir de la console, des programmes C# contenant des fenêtres, comme en java il est possible d'exécuter à partir de la console des applications contenant des Awt ou des Swing, idem en Delphi. Nous proposons au lecteur de savoir utiliser des programmes qui allient la console à une fenêtre classique, ou des programmes qui ne sont formés que d'une fenêtre classique (à minima).

### 1.2.1 fenêtre console et fenêtre personnalisée ensembles

Ecrivons le programme C# suivant dans un fichier que nous nommons "**\_exowin.cs**" :



```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple
    {
        static void Main()
        {
            Form fiche = new Form();
            Application.Run(fiche);
        }
    }
}
```

Ce programme "**\_exowin.cs**" utilise la classe Form et affiche une fenêtre de type Form :

La première instruction instancie un objet nommé **fiche** de la classe **Form**  
**Form fiche = new Form();**

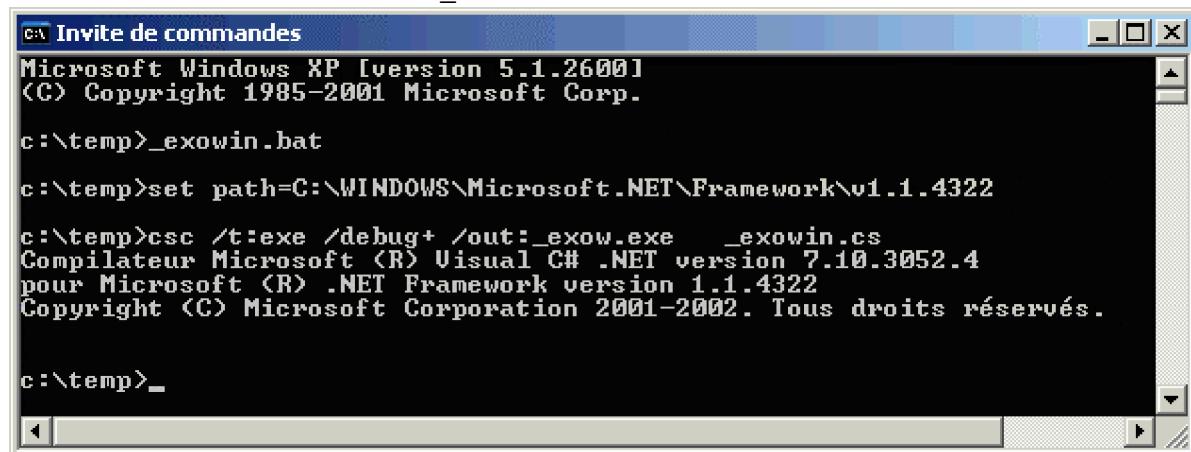
La fenêtre **fiche** est ensuite "initialisée" et "lancée" par l'instruction  
**Application.Run(fiche);**

On construit une commande nommée **\_exowin.bat**, identique à celle du paragraphe précédent, afin de lancer la compilation du programme **\_exowin.cs**, nous décidons de nommer **\_exow.exe** l'exécutable MSIL obtenu après compilation.

contenu fichier de commande **\_exowin.bat** :

```
set path=C:\WINDOWS\Microsoft.NET\Framework\v1.1.4322
csc /t:exe /out:_exow.exe _exowin.cs
```

On exécute ensuite la commande **\_exowin.bat** dans une invite de commande de Windows :



A screenshot of a Windows XP Command Prompt window titled "Invite de commandes". The window shows the following command history:

```
c:\ Invité de commandes
Microsoft Windows XP [version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

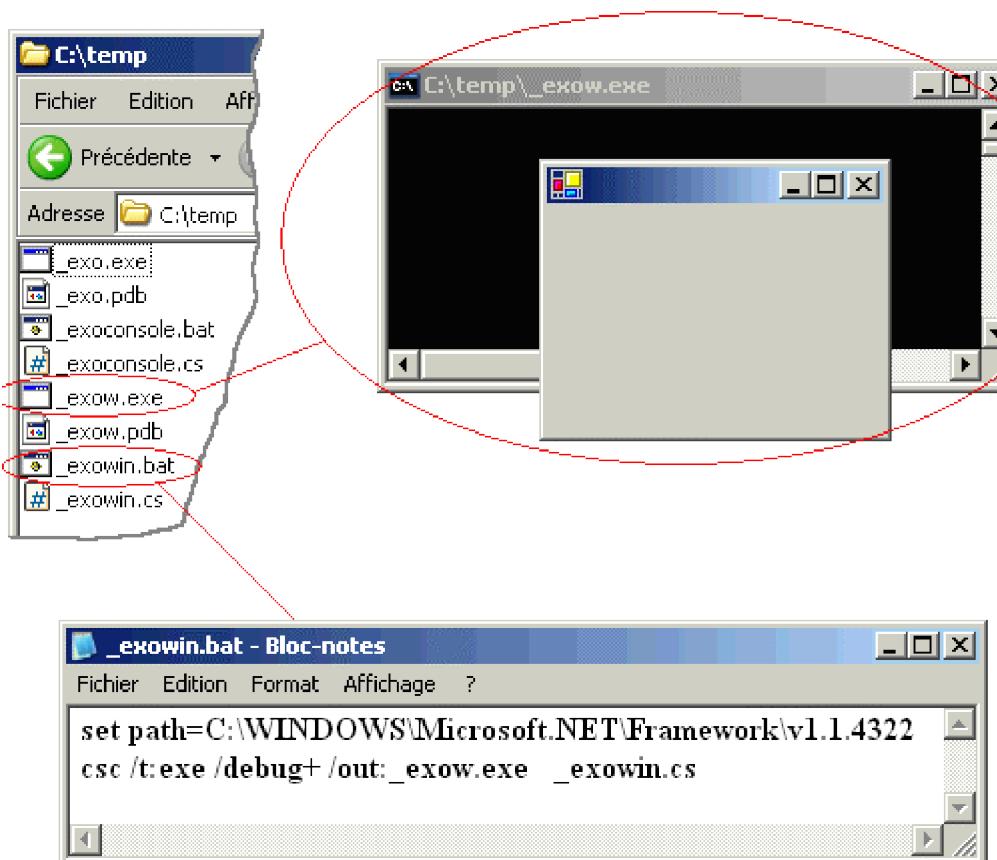
c:\temp>_exowin.bat

c:\temp>set path=C:\WINDOWS\Microsoft.NET\Framework\v1.1.4322

c:\temp>csc /t:exe /debug+ /out:_exow.exe _exowin.cs
Compilateur Microsoft (R) Visual C# .NET version 7.10.3052.4
pour Microsoft (R) .NET Framework version 1.1.4322
Copyright (C) Microsoft Corporation 2001-2002. Tous droits réservés.

c:\temp>_
```

Cette commande a généré comme précédemment l'exécutable MSIL nommé ici **\_exow.exe** dans le dossier c:\temp, nous exécutons le programme **\_exow.exe** et nous obtenons l'affichage d'une fenêtre de console et de la fenêtre fiche :



**Remarque:**

L'attribut **/debug+** rajouté ici, permet d'engendrer un fichier **\_exo.pdb** qui contient des informations de débogage utiles à ildasm.

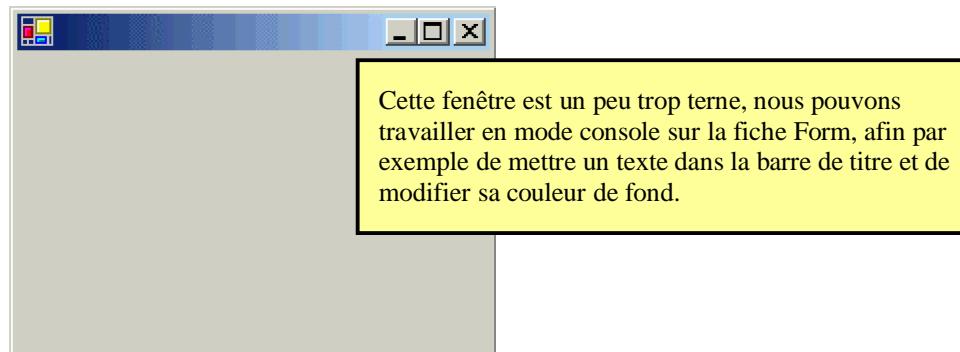
### 1.2.2 fenêtre personnalisée sans fenêtre console

Si nous ne voulons pas voir apparaître de fenêtre de console mais seulement la fenêtre fiche, il faut alors changer dans le paramétrage du compilateur l'attribut **target**. De la valeur **csc /t:exe** il faut passer à la valeur **csc /t:winexe** :

Nouveau fichier de commande **\_exowin.bat** :

```
set path=C:\WINDOWS\Microsoft.NET\Framework\v1.1.4322
csc /t:winexe /out:_exow.exe _exowin.cs
```

Nous compilons en lançant la nouvelle commande **\_exowin.bat** puis nous exécutons le nouveau programme **\_exow.exe**. Nous obtenons cette fois-ci l'affichage d'une seule fenêtre (la fenêtre de console a disparu) :



Nous compilons en lançant la commande **\_exowin.bat** puis nous exécutons le nouveau programme **\_exow.exe** et nous obtenons l'affichage de la fenêtre fiche avec le texte "Exemple de Form" dans la barre de titre et sa couleur de fond marron-rosé (Color.RosyBrown) :



Consultons à titre informatif avec **ildasm** le code MSIL engendré pour la méthode Main( ) :

*Nous avons mis en gras et en italique les commentaires d'instructions sources*

#### Exemple::methodeMain void( )

```
.method private hidebysig static void Main() cil managed
{
    .entrypoint
    // Code size     35 (0x23)
    .maxstack 2
    .locals init ([0] class [System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Form fiche)
    .language '{3F5162F8-07C6-11D3-9053-00C04FA302A1}', '{994B45C4-E6E9-11D2-903F-00C04FA302A1}',
    '{5A869D0B-6611-11D3-BD2A-0000F80849BD}'
    // Source File 'c:\temp\_exowin.cs'
//000008:      Form fiche = new Form( );
    IL_0000: newobj   instance void [System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Form::ctor()
    IL_0005: stloc.0
//000009:      fiche.Text="Exemple de Form";
    IL_0006: ldloc.0
    IL_0007: ldstr    "Exemple de Form"
    IL_000c: callvirt  instance void [System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Control::set_Text(string)
//000010:      fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;
    IL_0011: ldloc.0
    IL_0012: call    valuetype [System.Drawing]System.Drawing.Color
[System.Drawing]System.Drawing.Color::get_RosyBrown()
    IL_0017: callvirt  instance void
[System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Control::set_BackColor(valuetype
[System.Drawing]System.Drawing.Color)
//000011:      Application.Run(fiche);
    IL_001c: ldloc.0
    IL_001d: call    void [System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Application::Run(class
[System.Windows.Forms]System.Windows.Forms.Form)
//000012:      }
    IL_0022: ret
} // end of method Exemple::Main
```

### 1.2.3 Que fait Application.Run( fiche )

Comme les fenêtres dans Windows ne sont pas des objets ordinaires, pour qu'elles fonctionnent correctement vis à vis des messages échangés entre la fenêtre et le système, il est nécessaire de lancer une boucle d'attente de messages du genre :

```
tantque non ArrêtSystème faire
    si événement alors
        construire Message ;
        si Message ≠ ArrêtSystème alors
            reconnaître la fenêtre à qui est destinée ce Message;
            distribuer ce Message
    fsi
    fsi
ftant
```

La documentation technique indique que l'une des surcharges de la méthode **Run** de la classe Application "**public static void Run( Form mainForm );**" exécute une boucle de messages d'application standard sur le thread en cours et affiche la Form spécifiée. Nous en déduisons que notre fenêtre fiche est bien initialisée et affichée par cette méthode Run.

Observons à contrario ce qui se passe si nous n'invoquons pas la méthode **Run** et programmons l'affichage de la fiche avec sa méthode **Show** :

```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple
    {
        static void Main( )
        {
            Form fiche = new Form( );
            fiche.Text="Exemple de Form";
            fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;
            fiche.Show( );
        }
    }
}
```

Lorsque nous compilons puis exécutons ce programme la fiche apparaît correctement (titre et couleur) d'une manière fugace car elle disparaît aussi vite qu'elle est apparue. En effet le programme que nous avons écrit est correct :

Ligne d'instruction du programme	Que fait le CLR
{	il initialise l'exécution de la méthode main
Form fiche = new Form( );	il instancie une Form nommée fiche
fiche.Text="Exemple de Form";	il met un texte dans le titre de fiche
fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;	il modifie la couleur du fond de fiche

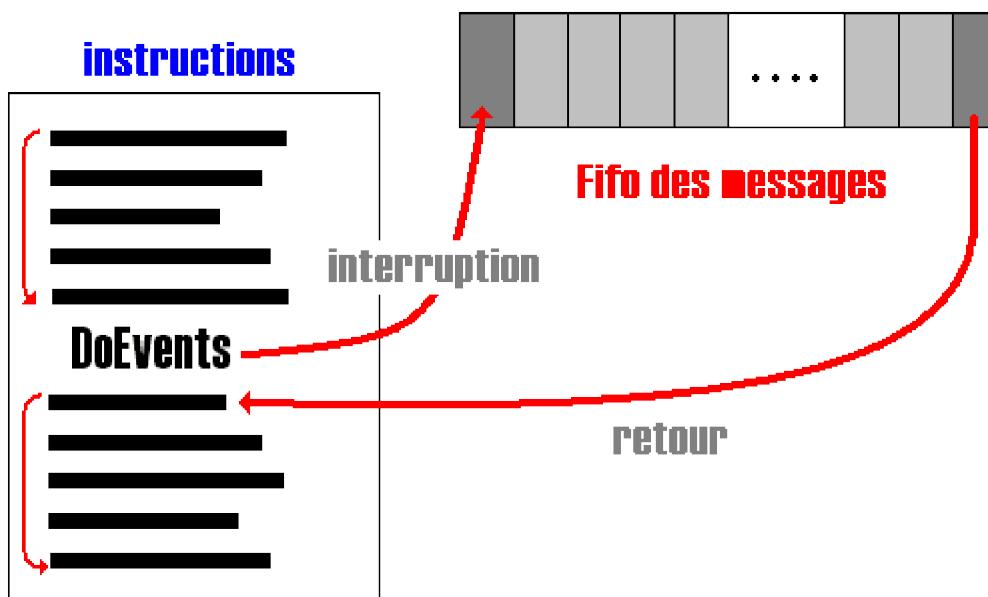
fiche.Show( );	il rend la fiche visible
}	fin de la méthode Main et donc tout est détruit et libéré et le processus est terminé.

La fugacité de l'affichage de notre fenêtre fiche est donc normale, puisqu'à peine créée la fiche a été détruite.

Si nous voulons que notre objet de fiche persiste sur l'écran, il faut simuler le comportement de la méthode classe **Run**, c'est à dire qu'il nous faut écrire une boucle de messages.

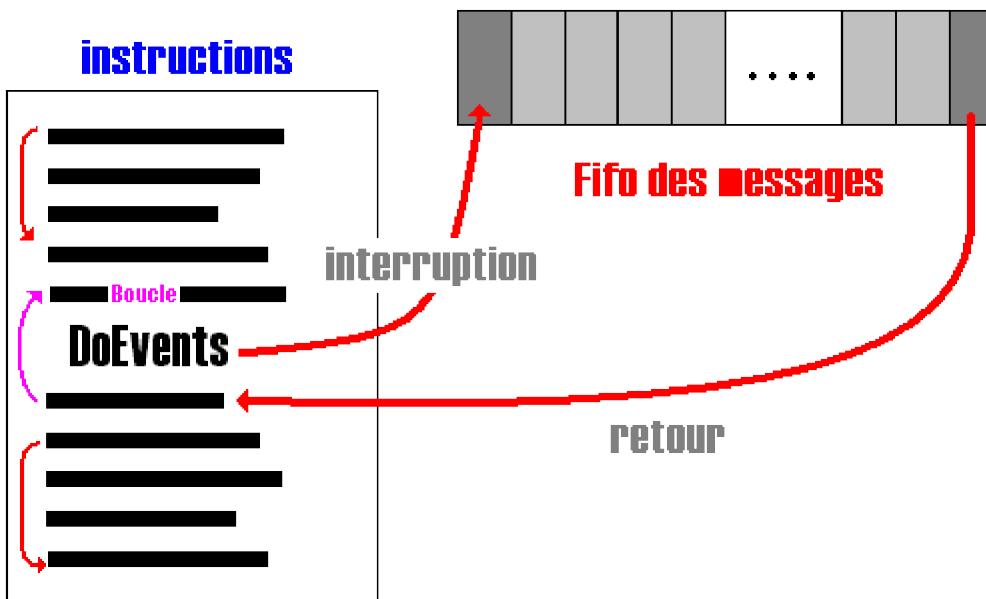
#### 1.2.4 Que faire avec Application.DoEvents( )

Nous allons utiliser la méthode de classe **DoEvents( )** de la classe **Application** qui existe depuis Visual Basic 2, et qui permet de traiter tous les messages Windows présents dans la file d'attente des messages de la fenêtre (*elle passe la main au système d'une façon synchrone*) puis revient dans le programme qui l'a invoquée (identique à `processMessages` de Delphi).



Nous créons artificiellement une boucle en apparence infinie qui laisse le traitement des messages s'effectuer et qui attend qu'on lui demande de s'arrêter par l'intermédiaire d'un booléen **stop** dont la valeur change par effet de bord grâce à **DoEvents** :

```
static bool stop = false;
while (!stop) Application.DoEvents();
```



Il suffit que lorsque **DoEvents()** s'exécute l'une des actions de traitement de messages provoque la mise du booléen **stop** à true pour que la boucle s'arrête et que le processus se termine.

Choisissons une telle action par exemple lorsque l'utilisateur clique sur le bouton de fermeture de la fiche, la fiche se ferme et l'événement closed est déclenché, **DoEvents()** revient dans la boucle d'attente **while (!stop)** **Application.DoEvents()**; au tour de boucle suivant. Si lorsque l'événement close de la fiche a lieu nous en profitons pour mettre le booléen **stop** à true, dès le retour de **DoEvents()** le prochain tour de boucle arrêtera l'exécution de la boucle et le corps d'instruction de **main** continuera à s'exécuter séquentiellement jusqu'à la fin (ici on arrêtera le processus).

Ci-dessous le programme C# à mettre dans le fichier "**\_exowin.cs**" :

```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple {
        static bool stop = false; // le drapeau d'arrêt de la boucle d'attente

        static void fiche_Closed (object sender, System.EventArgs e) {
            // le gestionnaire de l'événement closed de la fiche
            stop = true;
        }

        static void Main() {
            System.Windows.Forms.Button button1 = new System.Windows.Forms.Button();
            Form fiche = new Form();
            fiche.Text="Exemple de Form";
            fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;
            fiche.Closed += new System.EventHandler(fiche_Closed); // abonnement du gestionnaire
            fiche.Show();
            while (!stop) Application.DoEvents(); // boucle d'attente
            //... suite éventuelle du code avant arrêt
        }
    }
}
```



Lorsque nous compilons puis exécutons ce programme la fiche apparaît correctement et reste présente sur l'écran :



Elle se ferme et disparaît lorsque nous cliquons sur le bouton de fermeture.

On peut aussi vouloir toujours en utilisant la boucle infinie qui laisse le traitement des messages s'effectuer ne pas se servir d'un booléen et continuer après la boucle, mais plutôt essayer d'interrompre et de terminer l'application directement dans la boucle infinie sans exécuter la suite du code. La classe Application ne permet pas de terminer le processus.

**Attention à l'utilisation de la méthode Exit de la classe Application qui semblerait être utilisable dans ce cas, en effet cette méthode arrête toutes les boucles de messages en cours sur tous les threads et ferme toutes les fenêtres de l'application; mais cette méthode ne force pas la fermeture de l'application.**

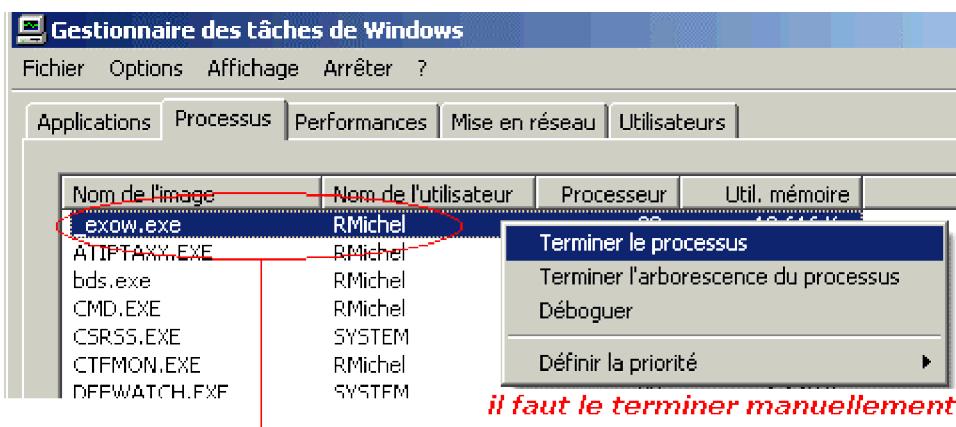
Pour nous en convaincre compilons et exécutons le programme ci-après dans lequel l'événement fiche\_Closed appelle Application.Exit( )

Ci-dessous le programme C# à mettre dans le fichier "\_exowin.cs" :

```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple
    {
        static void fiche_Closed (object sender, System.EventArgs e)
        { // le gestionnaire de l'événement closed de la fiche
            Application.Exit( ); // on ferme la fenêtre, mais on ne termine pas le processus
        }

        static void Main( )
        {
            System.Windows.Forms.Button button1 = new System.Windows.Forms.Button( );
            Form fiche = new Form( );
            fiche.Text="Exemple de Form";
            fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;
            fiche.Closed += new System.EventHandler(fiche_Closed); // abonnement du gestionnaire
            fiche.Show( );
            while (true) Application.DoEvents( ); // boucle infinie
        }
    }
}
```

Lorsque nous compilons puis exécutons ce programme la fiche apparaît correctement et reste présente sur l'écran, puis lorsque nous fermons la fenêtre comme précédemment, elle disparaît, toutefois le processus \_exow.exe est toujours actif (la boucle tourne toujours, mais la fenêtre a été fermée) en faisant apparaître le gestionnaire des tâches de Windows à l'onglet processus nous voyons qu'il est toujours présent dans la liste des processus actifs. Si nous voulons l'arrêter il faut le faire manuellement comme indiqué ci-dessous :



## Le processus est toujours en cours d'exécution

### Comment faire pour réellement tout détruire ?

Il faut pouvoir détruire le processus en cours (en prenant soin d'avoir tout libéré avant si nécessaire), pour cela le NetFrameWork dispose d'une classe Process qui permet *l'accès à des processus locaux ainsi que distants, et vous permet de démarrer et d'arrêter des processus systèmes locaux.*

Nous pouvons connaître le processus en cours d'activation (ici, c'est notre application\_exow.exe) grâce à la méthode de classe GetCurrentProcess et nous pouvons "tuer" un processus grâce à la méthode d'instance Kill :

```
static void fiche_Closed (object sender, System.EventArgs e)
{// le gestionnaire de l'événement closed de la fiche
    System.Diagnostics.Process ProcCurr = System.Diagnostics.Process.GetCurrentProcess();
    ProcCurr.Kill();
}
```

Ci-dessous le programme C# à mettre dans le fichier "\_exowin.cs" :

```
using System;
using System.Windows.Forms;
namespace ApplicationTest
{
    public class Exemple
    {
        static void fiche_Closed (object sender, System.EventArgs e)
        {// le gestionnaire de l'événement closed de la fiche
            System.Diagnostics.Process ProcCurr = System.Diagnostics.Process.GetCurrentProcess();
            ProcCurr.Kill();
        }
    }
}
```

```

static void Main( )
{
    System.Windows.Forms.Button button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    Form fiche = new Form();
    fiche.Text="Exemple de Form";
    fiche.BackColor=System.Drawing.Color.RosyBrown;
    fiche.Closed += new System.EventHandler(fiche_Closed); // abonnement du gestionnaire
    fiche.Show();
    while (true) Application.DoEvents(); // boucle infinie
}
}

```

Après compilation, exécution et fermeture en faisant apparaître le gestionnaire des tâches de Windows à l'onglet processus nous voyons que le processus a disparu de la liste des processus actifs du système. Nous avons donc bien interrompu la boucle infinie.

Toutefois la console n'est pas l'outil préférentiel de C# dans le sens où C# est l'outil de développement de base de .Net et que cette architecture a vocation à travailler essentiellement avec des fenêtres.

Dans ce cas nous avons tout intérêt à utiliser un RAD visuel C# pour développer ce genre d'applications (comme l'on utilise Delphi pour le développement d'IHM en pascal objet). Une telle utilisation nous procure le confort du développement visuel, la génération automatique d'une bonne partie du code répétitif sur une IHM, l'utilisation et la réutilisation de composants logiciels distribués sur le net.

## RAD utilisables

- **Visual Studio de microsoft** contient deux RAD de développement pour .Net, VBNet (fondé sur Visual Basic réellement objet et entièrement rénové) et Visual C# (fondé sur le langage C#), parfaitement adapté à .Net. (*prix très réduit pour l'éducation*)
- **C# Builder de Borland** reprenant les fonctionnalités de Visual C# dans Visual Studio, avec un intérêt supplémentaire pour un étudiant ou un apprenant : une version personnelle **gratuite** est téléchargeable (inclus dans Borland studio depuis 2005).
- **Le monde de l'open source** construit un produit nommé **sharpDevelop** qui fournit à tous gratuitement, les mêmes fonctions, mais en retard sur les versions de Microsoft.

### 1.3 un formulaire en C# est une fiche

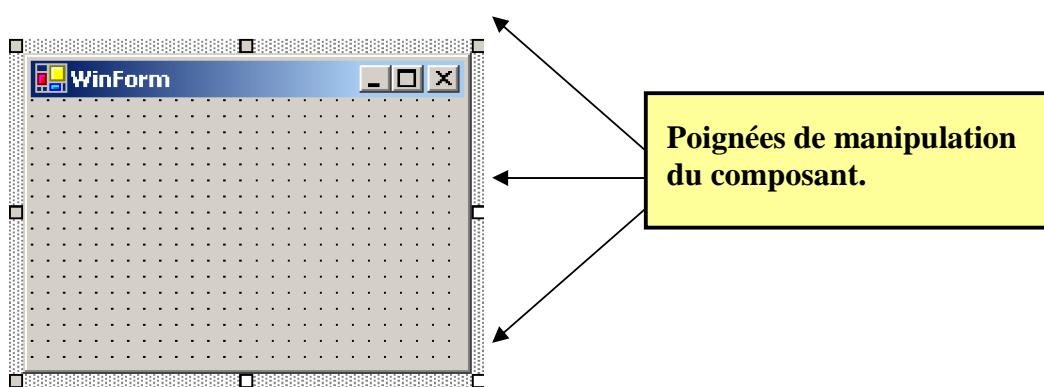
Les fiches ou formulaires C# représentent l'interface utilisateur (IHM) d'une application sous l'apparence d'une fenêtre visuelle. Comme les deux environnements RAD, Visual studio C# de Microsoft et C# Builder de Borland permettent de concevoir visuellement des applications avec IHM, nous dénommerons l'un ou l'autre par le terme général RAD C#.

Etant donné la disponibilité gratuite du RAD C# Builder en version personnelle (très suffisante pour déjà écrire de bonnes applications) nous illustrerons tous nos exemples avec ce RAD.

Voici l'apparence d'un formulaire (ou fiche) dans le RAD C# Builder en mode conception :



La fiche elle-même est figurée par l'image ci-dessous retaillable à volonté à partir de cliqué glissé sur l'une des huit petites "poignées carrées" situées aux points cardinaux de la fiche :



Ces formulaires sont en faits des objets d'une classe nommée **Form** de l'espace des noms **System.Windows.Forms**. Ci-dessous la hiérarchie d'héritage de Object à Form :

System.Object  
System.MarshalByRefObject  
**System.ComponentModel.Component**

```

System.Windows.Forms.Control
System.Windows.Forms.ScrollableControl
System.Windows.Forms.ContainerControl
System.Windows.Forms.Form

```

La classe Form est la classe de base de tout style de fiche (ou formulaire) à utiliser dans votre application (statut identique à TForm dans Delphi) : fiche de dialogue, sans bordure etc..

Les différents styles de fiches sont spécifiés par l'énumération FormBorderStyle :

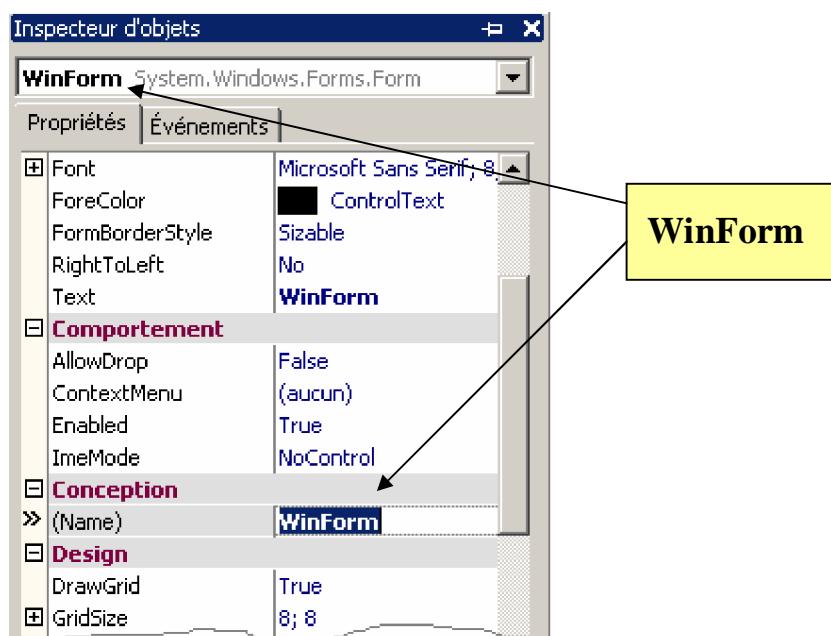
```
public Enum FormBorderStyle {Fixed3D, FixedDialog, FixedSingle, FixedToolWindow,
None, Sizable, SizableToolWindow }
```

Dans un formulaire, le style est spécifié par la **propriété FormBorderStyle** de la classe Form :

```
public FormBorderStyle FormBorderStyle {get; set;}
```

Toutes les propriétés en lecture et écriture d'une fiche sont accessibles à travers l'inspecteur d'objet qui répercute immédiatement en mode conception toute modification. Certaines provoquent des changements visuels d'autres non :

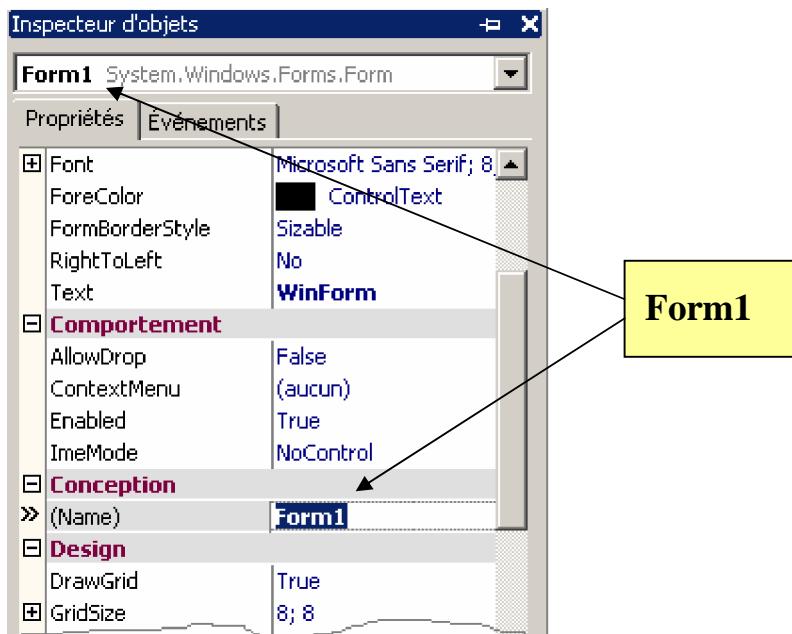
1°) changeons le nom d'identificateur de notre fiche dans le programme en modifiant la propriété Name qui vaut par défaut **WinForm** :



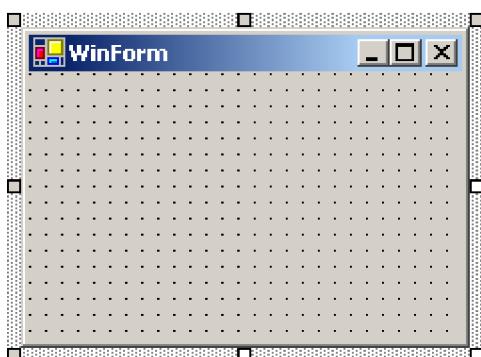
Le RAD construit automatiquement notre fiche principale comme une classe héritée de la classe Form et l'appelle WinForm :

```
public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
{ ... }
```

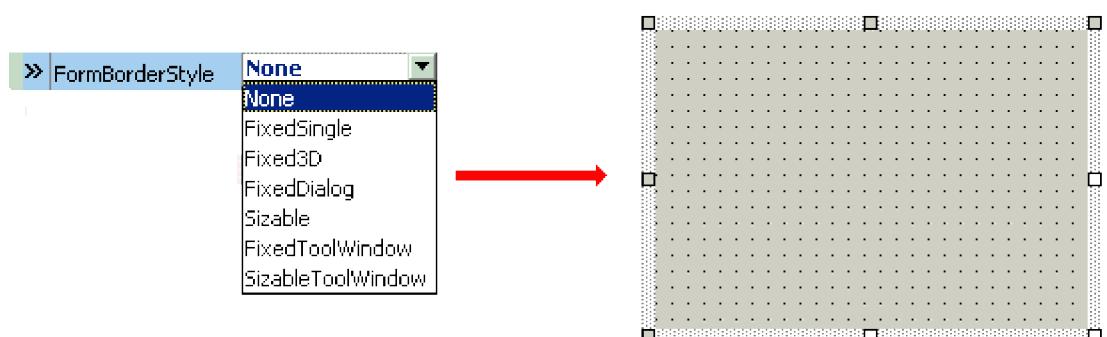
Après modification de la propriété Name par le texte **Form1**, nous obtenons :



La classe de notre formulaire s'appelle désormais **Form1**, mais son aspect visuel est resté le même :



2°) Par exemple sélectionnons dans l'inspecteur d'objet de C# Builder, la propriété **FormBorderStyle** (*le style par défaut est FormBorderStyle.Sizable*) modifions la à la valeur **None** et regardons dans l'onglet conception la nouvelle forme de la fiche :



**la propriété change  
de valeur**

**le formulaire change  
de forme**

L'aspect visuel du formulaire a changé.

#### 1.4 code C# engendré par le RAD pour un formulaire

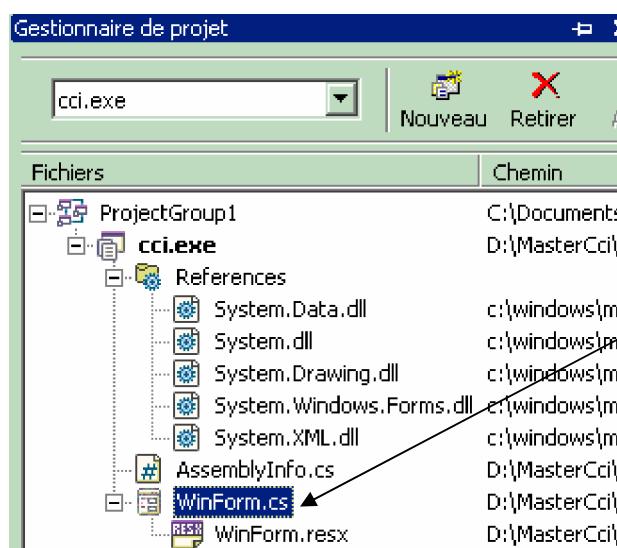
Après avoir remis grâce à l'inspecteur d'objet, la propriété FormBorderStyle à sa valeur **Sizable** et remis le Name à sa valeur initiale **WinForm**, voyons maintenant en supposant avoir appelé notre application **ProjApplication0** ce que C# Builder a engendré comme code source que nous trouvons dans l'onglet code pour notre formulaire :

The screenshot shows the Borland C#Builder interface. At the top, it says "WindowsApplicationTest - Borland C#Builder pour Microsoft .NET Framework - WinForm.cs". Below the title bar is a toolbar with icons for file operations. The main area has a tab labeled "RHD" which is currently selected. On the left, there's a vertical toolbar with icons for selection, zoom, and other tools. In the center, there's a large text editor window titled "Code généré par le concepteur Windows Form". The code is as follows:

```
/// <summary>
/// Le point d'entrée principal de l'application.
/// </summary>
[STAThread]
static void Main()
{
    Application.Run(new WinForm());
}
```

At the bottom of the interface, there's a status bar with the text "Conception /". A red arrow points from the text "Le RAD permet de visualiser le code source C# du formulaire" to the "WinForm.cs" file in the project browser.

Le RAD permet de visualiser le code source C# du formulaire



L'intégralité du code proposé par C# Builder est sauvegardé dans un fichier nommé **WinForm.cs**

## Fichier WinForm.cs

```
using System;
using System.Drawing;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Windows.Forms;
using System.Data;
```

```
namespace ProjApplication0
{
```

```
    public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
    {
    }
```

Allure général du contenu de ce fichier affiché dans l'onglet code.

## Fichier WinForm.cs

```
namespace ProjApplication0
{
```

```
    public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
```

```
{
```

```
    public WinForm()
    {
        ...
    }
```

```
    protected override void Dispose (bool disposing)
    {
        ...
    }
```

```
    static void Main()
    {
        Application.Run(new WinForm());
    }
}
```

La classe WinForm contient en première analyse 3 méthodes.

Premier éléments explicatifs de l'analyse du code :

La méthode	correspond
<b>public</b> WinForm () { ... }	au constructeur d'objet de la classe WinForm et que la méthode
<b>static void</b> Main() { Application.Run ( <b>new</b> WinForm ( )); }	au point d'entrée d'exécution de l'application, son corps contient un appel de la méthode statique Run de la classe Application, elle instancie un objet " <b>new</b> WinForm ()" de classe WinForm passé en paramètre à la méthode Run : c'est la fiche principale de l'application.
<b>Application.Run (<b>new</b> WinForm ( ));</b>	
	La classe Application (semblable à TApplication de Delphi) fournit des membres statiques (propriétés et méthodes de classes) pour gérer une application (démarrer, arrêter une application, traiter des messages Windows), ou d'obtenir des informations sur une application. Cette classe est <b>sealed</b> et ne peut donc pas être héritée.
La méthode Run de la classe Application dont voici la signature : <b>public static void</b> Run( <b>ApplicationContext</b> context );	Exécute une boucle de messages d'application standard sur le thread en cours, par défaut le paramètre <b>context</b> écoute l'événement <b>Closed</b> sur la fiche principale de l'application et dès lors arrête l'application.

Pour les connaisseurs de Delphi , le démarrage de l'exécution s'effectue dans le programme principal :

```
program Project1;
uses Forms, Unit1 in 'Unit1.pas' {Form1};
{$R *.res}
begin
    Application.Initialize;
    Application.CreateForm (WinForm , Form1);
    Application.Run;
end.
```

Pour les connaisseurs des Awt et des Swing de Java, cette action C# correspond aux lignes suivantes :

```
Java2 avec Awt
class WinForm extends Frame {
    public WinForm () {
        enableEvents(AWTEvent.WINDOW_EVENT_MASK);
    }
    protected void processWindowEvent(WindowEvent e) {
```

```

super.processWindowEvent(e);
if(e.getID( ) == WindowEvent.WINDOW_CLOSING) {
    System.exit(0); }
}
public static void main(String[] x) {
    new WinForm( );
}
}

```

### Java2 avec Swing

```

class WinForm extends JFrame {
    public WinForm() {
        setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
    }
    public static void main(String[] x) {
        new WinForm();
    }
}

```

Lorsque l'on regarde de plus près le code de la classe **WinForm** situé dans l'onglet code on se rend compte qu'il existe une ligne en grisé entre la méthode **Dispose** et la méthode **main** :

**region Code généré par le concepteur Windows Form**

Il s'agit en fait de code replié (masqué).

Voici le contenu exact de l'onglet code avec sa zone de code replié :

```

using System;
using System.Drawing;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Windows.Forms;
using System.Data;

namespace ProjApplication0
{
    /// <summary>
    /// Description Résumé de Form1.
    /// </summary>
    public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
    {
        /// <summary>
        /// Variable requise par le concepteur.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.Container components = null;

        public WinForm()
        {
            //
            // Requis pour la gestion du concepteur Windows Form
            //
            InitializeComponent();
            //
            // TODO: Ajouter tout le code du constructeur après l'appel de InitializeComponent
            //
        }
    }
}

```

```

        }
        /// <summary>
        /// Nettoyage des ressources utilisées.
        /// </summary>
    protected override void Dispose (bool disposing)
    {
        if (disposing) {
            if (components != null) {
                components.Dispose( );
            }
        }
        base.Dispose(disposing);
    }
    #region Code généré par le concepteur Windows Form
    /// <summary>
    /// Le point d'entrée principal de l'application.
    /// </summary>
    [STAThread]
    static void Main( )
    {
        Application.Run(new WinForm ( ));
    }
}

```

Si nous le déplions et nous voyons apparaître la méthode privée InitializeComponent() contenant du code qui a manifestement été généré directement. En outre cette méthode est appelée dans le constructeur d'objet WinForm :

```

public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
{
    public WinForm ()
    {
        InitializeComponent();
        ... votre code
    }

    protected override void Dispose (bool disposing)
    {
        ...
    }

    # region Code généré par le concepteur Windows Form
    private void InitializeComponent()
    {
        code généré
        automatiquement
    }
    # endregion

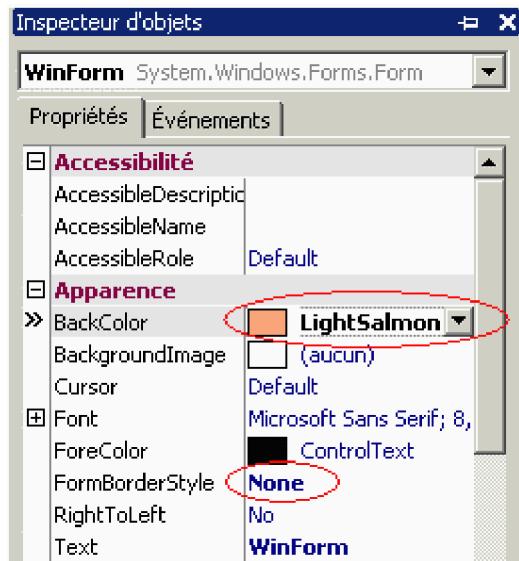
    static void Main()
    {
        Application.Run(new WinForm());
    }
}

```

Nous déplions la région Code généré par le concepteur Windows Form :

```
#region Code généré par le concepteur Windows Form
/// <summary>
/// Méthode requise pour la gestion du concepteur - ne pas modifier
/// le contenu de cette méthode avec l'éditeur de code.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    //
    // WinForm
    //
    this.AutoScaleBaseSize = new System.Drawing.Size(5, 13);
    this.ClientSize = new System.Drawing.Size(232, 157);
    this.Name = "WinForm";
    this.Text = "WinForm";
}
#endregion
```

Essayons de voir comment une manipulation visuelle engendre des lignes de code, pour cela modifions dans l'inspecteur d'objet deux propriétés **FormBorderStyle** et **BackColor**, la première est mise à **None** la seconde qui indique la couleur du fond de la fiche est mise à **LightSalmon** :



Consultons après cette opération le contenu du nouveau code généré, nous trouvons deux nouvelles lignes de code correspondant aux nouvelles actions visuelles effectuées (**les nouvelles lignes sont figurées en rouge**) :

```
#region Code généré par le concepteur Windows Form
/// <summary>
/// Méthode requise pour la gestion du concepteur - ne pas modifier
/// le contenu de cette méthode avec l'éditeur de code.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    //
    // WinForm
    //
    this.AutoScaleMode = new System.Windows.Forms.AutoScaleMode();
    this.ClientSize = new System.Drawing.Size(232, 157);
    this.Name = "WinForm";
    this.Text = "WinForm";
    this.BackColor = System.Drawing.Color.LightSalmon;
    this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.None;
}
```

```

this.AutoScaleBaseSize = new System.Drawing.Size(5, 13);
this.BackColor = System.Drawing.Color.LightSalmon;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(232, 157);
this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.None;
this.Name = "WinForm";
this.Text = "WinForm";
}
#endregion

```

## 1.5 Libération de ressources non managées

Dans le code engendré par Visual studio ou C# Builder, nous avons laissé de côté la méthode Dispose :

```

protected override void Dispose (bool disposing)      {
    if (disposing) {
        if (components != null) {
            components.Dispose( );
        }
    }
    base.Dispose( disposing );
}

```

Pour comprendre son utilité, il nous faut avoir quelques lumières sur la façon que NetFrameWork a de gérer les ressources, rappelons que le CLR exécute et gère le code administré c'est à dire qu'il vérifie la validité de chaque action avant de l'exécuter. Le code non administré ou **ressource non managée** en C# est essentiellement du code sur les pointeurs qui doivent être déclarés **unsafe** pour pouvoir être utilisés, ou bien du code sur des fichiers, des flux , des handles .

La méthode **Dispose** existe déjà dans la classe mère **System.ComponentModel.Component** sous forme de deux surcharges avec deux signatures différentes. Elle peut être utile si vous avez mobilisé des ressources personnelles ( on dit aussi **ressources non managées** ) et que vous souhaitez que celles-ci soient libérées lors de la fermeture de la fiche :

classe : **System.ComponentModel.Component**

méthode : **public virtual void Dispose( );**

Libère **toutes** les ressources utilisées par Component.

méthode : **protected virtual void Dispose( bool disposing );**

Libère **uniquement** les ressources **non managées** utilisées par Component..

ou

Libère **toutes** les ressources utilisées par Component.

Selon la valeur de disposing

- **disposing = true** pour libérer **toutes** les ressources (managées et non managées) ;
- **disposing = false** pour libérer **uniquement** les ressources **non managées**.

## Remarque-1

Notons que pour le débutant cette méthode ne sera jamais utilisée et peut être omise puisqu'il s'agit d'une surcharge dynamique de la méthode de la classe mère.

## Remarque-2

Il est recommandé par Microsoft, qu'un objet Component libère des ressources explicitement en appelant sa méthode Dispose sans attendre une gestion automatique de la mémoire lors d'un appel implicite au Garbage Collector.

Si nous voulons comprendre comment fonctionne le code engendré pour la méthode **Dispose**, il nous faut revenir à des éléments de base de la gestion mémoire en particulier relativement à la libération des ressources par le ramasse-miettes (garbage collector).

### 1.6 Comment la libération a-t-elle lieu dans le NetFrameWork ?

La classe mère de la hiérarchie dans le **NetFrameWork** est la classe **System.Object**, elle possède une méthode virtuelle **protected** Finalize, qui permet de libérer des ressources et d'exécuter d'autres opérations de nettoyage avant que Object soit récupéré par le garbage collecteur GC.

#### Bibliothèque de classes .NET Framework Object, membres

##### Méthodes protégées

 <a href="#">Finalize</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Substitué. Autorise <b>Object</b> à tenter de libérer des ressources et d'exécuter d'autres opérations de nettoyage avant que <b>Object</b> soit récupéré par l'opération garbage collection. En C# et C++, les finaliseurs sont exprimés à l'aide de la syntaxe des destructeurs.
---	---

Lorsqu'un objet devient inaccessible il est automatiquement placé dans la **file d'attente de finalisation** de type FIFO, le garbage collecteur GC, lorsque la mémoire devient trop basse, effectue son travail en parcourant cette file d'attente de finalisation et en libérant la mémoire occupée par les objets de la file par appel à la méthode Finalize de chaque objet.

Donc si l'on souhaite libérer des ressources personnalisées, il suffit de redéfinir dans une classe fille la méthode Finalize( ) et de programmer dans le corps de la méthode la libération de ces ressources.

En C# on pourrait écrire pour une classe MaClasse :

```

protected override void Finalize( ) {
    try {
        // libération des ressources personnelles
    }
    finally
    {
        base.Finalize( ); // libération des ressources du parent
    }
}

```

Mais syntaxiquement en C# la méthode Finalize n'existe pas et le code précédent, s'il représente bien ce qu'il faut faire, ne sera pas accepté par le compilateur. En C# la méthode Finalize s'écrit comme un destructeur de la classe MaClasse :

```

~MaClasse( ) {
    // libération des ressources personnelles
}

```

### **1.7 Peut-on influer sur cette la libération dans le NetFrameWork ?**

Le processus de gestion de la libération mémoire et de sa récupération est entièrement automatisé dans le CLR, mais selon les nécessités on peut avoir le besoin de gérer cette désallocation : il existe pour cela, une classe **System.GC** qui autorise le développeur à une certaine dose de contrôle du garbage collector.

Par exemple, vous pouvez empêcher explicitement la méthode Finalize d'un objet figurant dans la file d'attente de finalisation d'être appelée, (utilisation de la méthode : **public static void SuppressFinalize( object obj );**)

#### Bibliothèque de classes .NET Framework **GC, membres**

##### **Méthodes publiques**

  <a href="#">ReRegisterForFinalize</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Demande à ce que le système appelle la méthode du finaliseur pour l'objet spécifié pour lequel <a href="#">SuppressFinalize</a> a été précédemment appelé.
  <a href="#">SuppressFinalize</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Demande à ce que le système n'appelle pas la méthode du finaliseur pour l'objet spécifié.

Vous pouvez aussi obliger explicitement la méthode Finalize d'un objet figurant dans la file d'attente de finalisation mais contenant GC.SuppressFinalize(...) d'être appelée, ( utilisation de la méthode : **public static void ReRegisterForFinalize( object obj );** ).

**Microsoft propose deux recommandations pour la libération des ressources :**

Il est recommandé d'empêcher les utilisateurs de votre application d'appeler directement la méthode Finalize d'un objet en limitant sa portée à protected.

Il est vivement déconseillé d'appeler une méthode Finalize pour une autre classe que votre classe de base directement à partir du code de votre application. **Pour supprimer correctement des ressources non managées, il est recommandé d'implémenter une méthode Dispose ou Close publique qui exécute le code de nettoyage nécessaire pour l'objet.**

### Microsoft propose des conseils pour écrire la méthode Dispose :

1- La méthode Dispose d'un type doit libérer toutes les ressources qu'il possède.

2- Elle doit également libérer toutes les ressources détenues par ses types de base en appelant la méthode Dispose de son type parent. La méthode Dispose du type parent doit libérer toutes les ressources qu'il possède et appeler à son tour la méthode Dispose de son type parent, propageant ainsi ce modèle dans la hiérarchie des types de base.

3- Pour que les ressources soient toujours assurées d'être correctement nettoyées, une méthode Dispose doit pouvoir être appelée en toute sécurité à plusieurs reprises sans lever d'exception.

4- Une méthode Dispose doit appeler la méthode GC.SuppressFinalize de l'objet qu'elle supprime.

5- La méthode Dispose doit être à liaison statique

### 1.8 Design Pattern de libération des ressources non managées

Le NetFrameWork propose une interface IDisposable ne contenant qu'une seule méthode : Dispose

 Bibliothèque de classes .NET Framework  
**IDisposable, membres**

[IDisposable, vue d'ensemble](#)

**Méthodes publiques**

 <a href="#">Dispose</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Exécute les tâches définies par l'application associées à la libération ou à la redéfinition des ressources non managées.
--	---

## Rappel

Il est recommandé par Microsoft, qu'un objet Component libère des ressources explicitement en appelant sa méthode Dispose sans attendre une gestion automatique de la mémoire lors d'un appel implicite au Garbage Collector. C'est ainsi que fonctionnent tous les contrôles et les composants de NetFrameWork. Il est bon de suivre ce conseil car dans le modèle de conception fourni ci-après, la libération d'un composant fait libérer en cascade tous les éléments de la hiérarchie sans les mettre en liste de finalisation ce qui serait une perte de mémoire et de temps pour le GC.

## Design Pattern de libération dans la classe de base

Voici pour information, proposé par Microsoft, un modèle de conception (Design Pattern) d'une classe MaClasseMere implémentant la mise à disposition du mécanisme de libération des ressources identique au NetFrameWork :

```
public class MaClasseMere : IDisposable {
    private bool disposed = false;
    // un exemple de ressource managée : un composant
    private Component Components = new Component();
    // ...éventuellement des ressources non managées (pointeurs...)
```

```
    public void Dispose() {
        Dispose(true);
        GC.SuppressFinalize(this);
    }
    protected virtual void Dispose(bool disposing) {
        if (!this.disposed) {
            if (disposing) {
                Components.Dispose(); // libère le composant
                // libère les autres éventuelles ressources managées
            }
            // libère les ressources non managées :
            //... votre code de libération
            disposed = true;
        }
    ~MaClasseMere () { //finaliseur par défaut
        Dispose(false);
    }
}
```

Ce modèle n'est présenté que pour mémoire afin de bien comprendre le modèle pour une classe fille qui suit et qui correspond au code généré par le RAD C# .

## Design Pattern de libération dans une classe fille

Voici proposé le modèle de conception simplifié (Design Pattern) d'une classe MaClasseFille descendante de MaClasseMere, la classe fille contient une ressource de type System.ComponentModel.Container

```
public class MaClasseFille : MaClasseMere {
    private System.ComponentModel.Container components = null;
    public MaClasseFille () {
        // code du constructeur....
    }

    protected override void Dispose(bool disposing) {
        if (disposing) {
            if (components != null) { // s'il y a réellement une ressource
                components.Dispose(); // on Dispose cette ressource
            }
            // libération éventuelle d'autres ressources managées...
        }
        // libération des ressources personnelles (non managées)...
        base.Dispose(disposing); // on Dispose dans la classe parent
    }
}
```

Information NetFrameWork sur la classe Container :

### System.ComponentModel.Container

La classe **Container** est l'implémentation par défaut pour l'interface.IContainer, une instance s'appelle un conteneur.

Les conteneurs sont des objets qui encapsulent et effectuent le suivi de zéro ou plusieurs composants qui sont des objets visuels ou non de la classe **System.ComponentModel.Component**.

Les références des composants d'un conteneur sont rangées dans une file FIFO, qui définit également leur ordre dans le conteneur.

La classe **Container** suit le modèle de conception mentionné plus haut quant à la libération des ressources managées ou non. Elle possède deux surcharges de Dispose implémentées selon le Design Pattern : la méthode protected virtual void Dispose( bool disposing); et la méthode public void Dispose( ). Cette méthode libère toutes les ressources détenues par les objets managés stockés dans la FIFO du Container. Cette méthode appelle la méthode Dispose( ) de chaque objet référencé dans la FIFO.

## Les formulaires implémentent IDisposable :

La classe **System.Windows.Forms.Form** hérite de la classe **System.ComponentModel.Component**, or si nous consultons la documentation technique nous constatons que la classe Component en autres spécifications implémente l'interface IDisposable :

```
public class Component : MarshalByRefObject, IComponent, IDisposable
```

Donc tous les composants de C# sont construits selon le Design Pattern de libération :

La classe Component implémente le Design Pattern de libération de la classe de base et toutes les classes descendantes dont la classe Form implémentent le Design Pattern de libération de la classe fille.

**Nous savons maintenant à quoi sert la méthode Dispose dans le code engendré par le RAD, elle nous propose une libération automatique des ressources de la liste des composants que nous aurions éventuellement créés :**

```
// Nettoyage des ressources utilisées :  
protected override void Dispose (bool disposing)  
{  
    if (disposing) { // Nettoyage des ressources managées  
        if (components != null) {  
            components.Dispose();  
        }  
    }  
    // Nettoyage des ressources non managées  
    base.Dispose(disposing);  
}
```

### **1.9 Un exemple utilisant la méthode Dispose d'un formulaire**

Supposons que nous avons construit un composant personnel dans une classe **UnComposant** qui hérite de la classe Component selon le Design Pattern précédent, et que nous avons défini cette classe dans le namespace ProjApplication0 :

```
System.ComponentModel.Component  
    |__ProjApplication0.UnComposant
```

Nous voulons construire une application qui est un formulaire et nous voulons créer lors de l'initialisation de la fiche un objet de classe **UnComposant** que notre formulaire utilisera.

A un moment donné notre application ne va plus se servir du tout de notre composant, si nous souhaitons gérer la libération de la mémoire allouée à ce composant, nous pouvons :

- Soit attendre qu'il soit éligible au GC, en ce cas la mémoire sera libérée lorsque le GC le décidera,
- Soit le recenser auprès du conteneur de composants **components** (l'ajouter dans la FIFO de **components** si le conteneur a déjà été créé). Sinon nous créons ce conteneur et nous utilisons la méthode d'ajout (Add) de la classe **System.ComponentModel.Container** pour ajouter notre objet de classe **UnComposant** dans la FIFO de l'objet conteneur **components**.

```

using System;
using System.Drawing;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Windows.Forms;
using System.Data;

namespace ProjApplication0
{
    /// <summary>
    /// Description Résumé de Form1.
    /// </summary>
    public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
    {
        /// <summary>
        /// Variable requise par le concepteur.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.Container components = null;
        private UnComposant MonComposant = new UnComposant();

        public WinForm ()
        {
            InitializeComponent();
            if ( components == null )
                components = new Container();
            components.Add ( MonComposant );
        }
        /// <summary>
        /// Nettoyage des ressources utilisées.
        /// </summary>
        protected override void Dispose (bool disposing)
        {
            if (disposing) {
                if (components != null){
                    components.Dispose();
                }
                -- libération ici d'autres ressources managées...
            }
            -- libération ici de vos ressources non managées...
            base.Dispose(disposing);
        }
    }
    region Code généré par le concepteur Windows Form
    /// <summary>
    /// Le point d'entrée principal de l'application.
    /// </summary>
    [STAThread]
    static void Main( )
    {
        Application.Run(new WinForm ());
    }
}

```

Déclaration-instanciation d'un composant personnel.

Ajout du composant personnel dans la Fifo de components.

Notre composant personnel est libéré avec les autres

## 1.10 L'instruction using appelle Dispose( )

La documentation technique signale que deux utilisations principales du mot clé **using** sont possibles :

Directive **using** :

*Crée un alias pour un espace de noms ou importe des types définis dans d'autres espaces de noms.*

*Ex: using System.IO ; using System.Windows.Forms ; ...*

Instruction **using** :

*Définit une portée au bout de laquelle un objet est supprimé.*

C'est cette deuxième utilisation qui nous intéresse : l'instruction **using**

```
<instruction using> ::= using ( <identif. Objet> | <liste de Déclar & instanciation> ) <bloc instruction>
<bloc instruction> ::= { < suite d'instructions > }
<identif. Objet> ::= un identificateur d'un objet existant et instancié
<liste de Déclar & instanciation> ::= une liste séparée par des virgules de déclaration et initialisation d'objets semblable à la partie initialisation d'une boucle for.
```

Ce qui nous donne deux cas d'écriture de l'instruction **using** :

1° - sur un objet déjà instancié :

```
classeA Obj = new classeA();
.....
using ( Obj )
{
    // code quelconque....
}
```

2° - sur un (des) objet(s) instancié(s) localement au **using** :

```
using ( classeB Obj1 = new classeB ( ), Obj2 = new classeB ( ), Obj3 = new classeB ( ) )
{
    // code quelconque....
}
```

Le **using** lance la méthode **Dispose** :

Dans les deux cas, on utilise une instance (Obj de classeA) ou l'on crée des instances (Obj1, Obj2 et Obj3 de classeB) dans l'instruction **using** pour garantir que la méthode **Dispose** est appelée sur l'objet lorsque l'instruction using est quittée.

Les objets que l'on utilise ou que l'on crée doivent implémenter l'interface **System.IDisposable**. Dans les exemples précédents classeA et classeB doivent implémenter elles-même ou par héritage l'interface **System.IDisposable**.

### **Exemple**

Soit un objet visuel **button1** de classe **System.Windows.Forms.Button**, c'est la classe mère **Control** de **Button** qui implémente l'interface **System.IDisposable** :

```
public class Control : IComponent, IDisposable, IParserAccessor, IDataBindingsAccessor
```

Soient les lignes de code suivantes où **this** est une fiche :

```
// ....  
this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();  
using(button1) {  
    // code quelconque....  
}  
// suite du code ....
```

A la sortie de l'instruction **using** juste avant la poursuite de l'exécution de la suite du code, **button1.Dispose()** a été automatiquement appelée par le CLR (le contrôle a été détruit et les ressources utilisées ont été libérées immédiatement).

### **1.11 L'attribut [STAThread]**

Nous terminons notre examen du code généré automatiquement par le RAD pour une application fenêtrée de base, en indiquant la signification de l'attribut (mot entre crochets **[STAThread]**) situé avant la méthode main :

```
/// <summary>  
/// Le point d'entrée principal de l'application.  
/// </summary>  
[STAThread]  
static void Main( )  
{  
    Application.Run(new WinForm());  
}
```

Cet attribut placé ici devant la méthode **main** qualifie la manière dont le CLR exécutera l'application, il signifie : **Single Thread Apartments**.

Il s'agit d'un modèle de gestion mémoire où l'application et tous ses composants sont gérés dans **un seul thread** ce qui évite des conflits de ressources avec d'autres threads. Le développeur n'a pas à s'assurer de la bonne gestion des éventuels conflits de ressources entre l'application et ses composants.

Si on omet cet attribut devant la méthode main, le CLR choisi automatiquement [MTAThread] Multi Thread Apartments, modèle de mémoire dans lequel l'application et ses composants sont gérés par le CLR en plusieurs thread, le développeur doit alors s'assurer de la bonne gestion des éventuels conflits de ressources entre l'application et ses composants.

Sauf nécessité d'augmentation de la fluidité du code, il faut laisser (ou mettre en mode console) l'attribut [STAThread] :

```
...
[STAThread]
static void Main( )
{
    Application.Run(new WinForm ( ));
```

# Des contrôles dans les formulaires



---

Plan général:

## 1. Les contrôles et les fonds graphiques

- 1.1 Les composants en général
- 1.2 Les contrôles sur un formulaire
- 1.3 Influence de la propriété parent sur l'affichage visuel d'un contrôle
- 1.4 Des graphiques dans les formulaires avec le GDI+
- 1.5 Le dessin doit être persistant
- 1.6 Deux exemples de graphiques sur plusieurs contrôles
  - méthode générale pour tout redessiner
  - des dessins sur événements spécifiques

# 1. Les contrôles et les fonds graphiques

Nous renvoyons le lecteur à la documentation du constructeur pour la manipulation de l'interface du RAD qu'il aura choisi. Nous supposons que le lecteur a acquis une dextérité minimale dans cette manipulation visuelle (déposer des composants, utiliser l'inspecteur d'objet (ou inspecteur de propriétés), modifier des propriétés, créer des événements. Dans la suite du document, nous portons notre attention sur le code des programmes et sur leur comportement.

Car il est essentiel que le **lecteur sache par lui-même écrire le code** qui sera généré automatiquement par un RAD, sous peine d'être prisonnier du RAD et de ne pas pouvoir intervenir sur ce code !

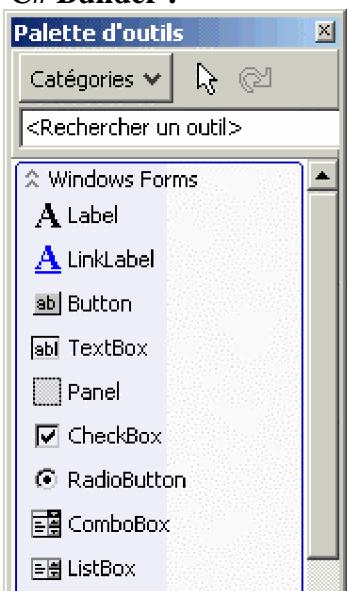
## 1.1 les composants en général

**System.Windows.Forms.Control** définit la classe de base des contrôles qui sont des composants avec représentation visuelle, les fiches en sont un exemple.

```
System.Object
  System.MarshalByRefObject
  System.ComponentModel.Component
System.Windows.Forms.Control
  System.Windows.Forms.ScrollableControl
  System.Windows.Forms.ContainerControl
System.Windows.Forms.Form
```

Dans les deux RAD Visual C# et C#Builder la programmation visuelle des contrôles a lieu d'une façon très classique, par glisser déposer de composants situés dans une palette ou boîte d'outils. Il est possible de déposer visuellement des composants, certains sont visuels ils s'appellent contrôles, d'autres sont non visuels, ils s'appellent seulement composants.

C# Builder :



Visual C# :



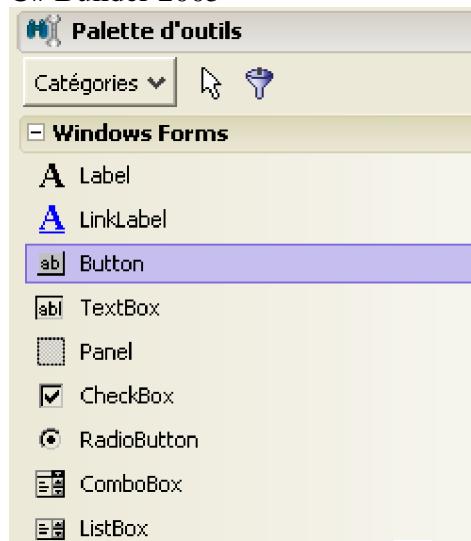
Cette distinction entre visuel et non visuel n'est pas très précise et dépend de la présentation dans le RAD. Cette variabilité de la dénomination n'a aucune importance pour l'utilisateur car tous les composants ont un fonctionnement du code identique dans les deux RAD.

En effet si nous prenons les classes « Label » et « Button » :

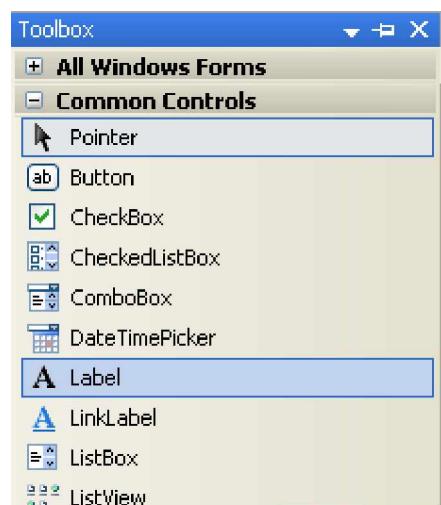
```
System.ComponentModel.Component  
System.Windows.Forms.Label  
System.Windows.Forms.Label
```

Nous voyons que Visual C# range « Label » et « Button » dans les contrôles alors que C# Builder les range dans les Windows Forms. Ci-dessous les outils de composants proposés par les deux RAD :

C# Builder 2005



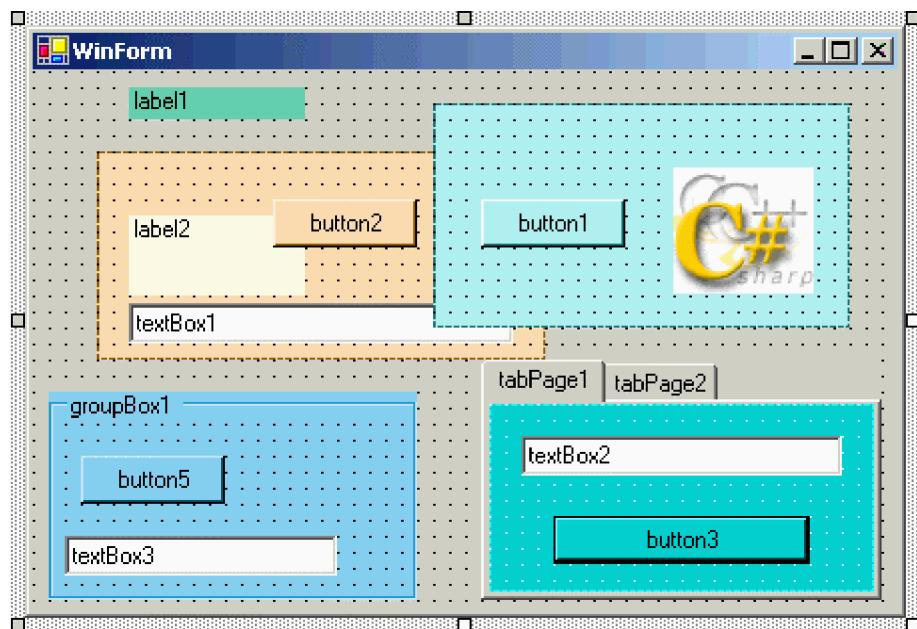
Visual C# 2005 :



Pour pouvoir construire une IHM, il nous faut pouvoir utiliser à minima les composants visuels habituels que nous retrouvons dans les logiciels windows-like. Ici aussi la documentation technique fournie avec le RAD détaillera les différentes entités mises à disposition de l'utilisateur.

## 1.2 les contrôles sur un formulaire

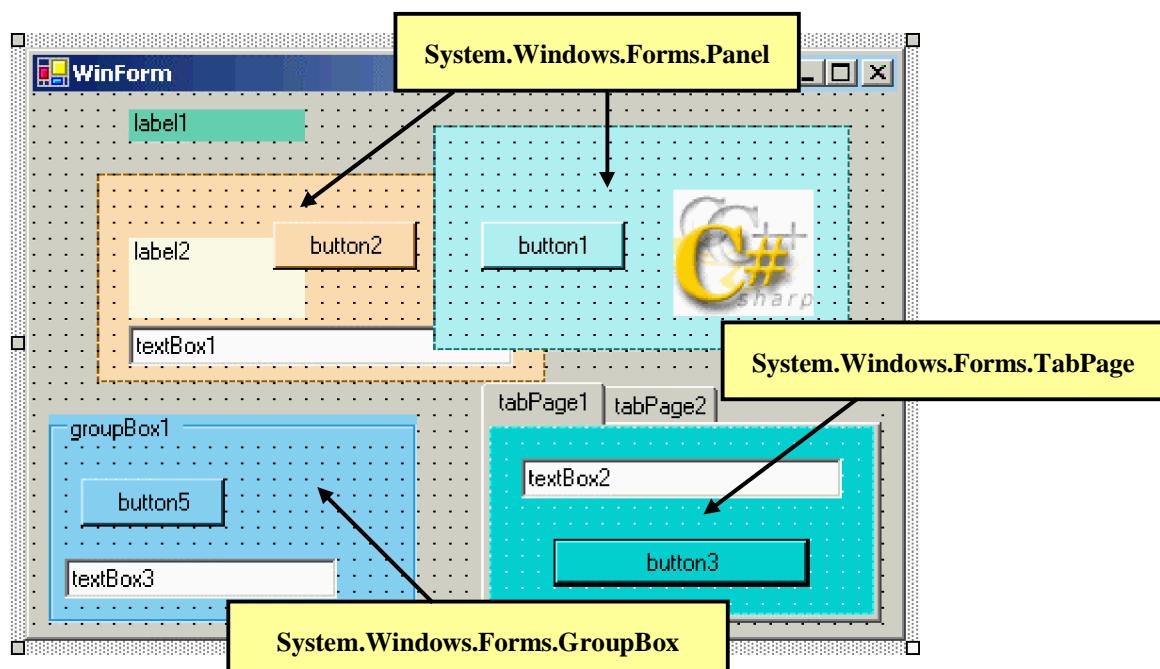
Voici un exemple de fiche comportant 7 catégories de contrôles différents :



Il existe des contrôles qui sont des conteneurs visuels, les quatre classes ci-après sont les principales classes de conteneurs visuels de C# :

- | System.Windows.Forms.Form
- | System.Windows.Forms.Panel
- | System.Windows.Forms.GroupBox
- | System.Windows.Forms.TabPage

Sur la fiche précédente nous relevons outre le formulaire lui-même, quatre conteneurs visuels répartis en trois catégories de conteneurs visuels :

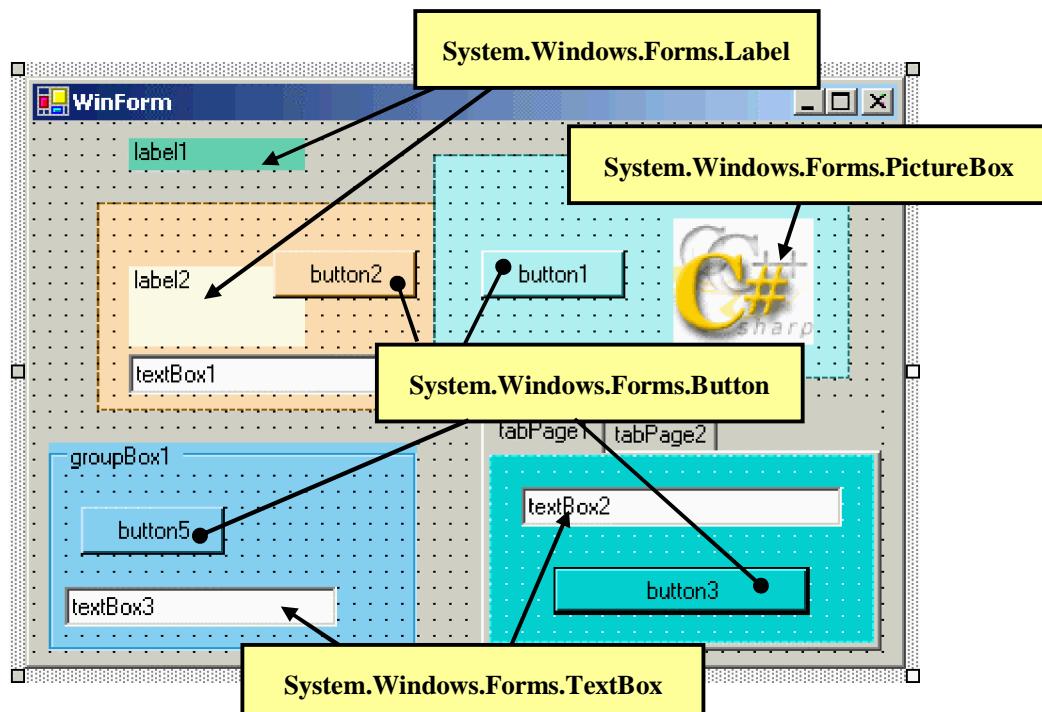


Un conteneur visuel permet à d'autres contrôles de s'afficher sur lui et lui communique par lien de parenté des valeurs de propriétés par défaut (police de caractères, couleur du fond,...). Un objet de chacune de ces classes de conteneurs visuels peut être le "parent" de n'importe quel contrôle grâce à sa propriété Parent qui est en lecture et écriture :

**public Control Parent {get; set;}**

C'est un objet de classe **Control** qui représente le conteneur visuel du contrôle.

Sur chaque conteneur visuel a été déposé un contrôle de classe **System.Windows.Forms.Button** qui a "hérité" par défaut des caractéristiques de police et de couleur de fond de son parent. Ci-dessous les classes de tous les contrôles déposés :



### Le code C# engendré pour cette interface :

```
public class WinForm : System.Windows.Forms.Form
{
    /// <summary>
    /// Variable requise par le concepteur.
    /// </summary>
    private System.ComponentModel.Container components = null;
    private System.Windows.Forms.Panel panel1;
    private System.Windows.Forms.Label label1;
    private System.Windows.Forms.Label label2;
    private System.Windows.Forms.Panel panel2;
    private System.Windows.Forms.PictureBox pictureBox1;
    private System.Windows.Forms.Button button1;
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
    private System.Windows.Forms.Button button2;
    private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox1;
    private System.Windows.Forms.TabControl tabControl1;
    private System.Windows.Forms.TabPage tabPage1;
    private System.Windows.Forms.TabPage tabPage2;
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
    private System.Windows.Forms.Button button3;
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
    private System.Windows.Forms.Button button4;
}
```

```

private System.Windows.Forms.TabPage tabPage2 ;
private System.Windows.Forms.Button button3 ;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2 ;
private System.Windows.Forms.ListBox listBox1 ;
private System.Windows.Forms.Button button4 ;
private System.Windows.Forms.Button button5 ;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3 ;
private System.Windows.Forms.MainMenu mainMenu1 ;

public WinForm () {
    //
    // Requis pour la gestion du concepteur Windows Form
    //
    InitializeComponent () ;

    //
    // TODO: Ajouter tout le code du constructeur après l'appel de InitializeComponent
    //
}

/// <summary>
/// Nettoyage des ressources utilisées.
/// </summary>
protected override void Dispose ( bool disposing ) {
if ( disposing ) {
    if ( components != null ) {
        components.Dispose () ;
    }
}
base .Dispose ( disposing );
}

#region Code généré par le concepteur Windows Form
private void InitializeComponent ()
{
System .Resources.ResourceManager resources =
    new System .Resources.ResourceManager ( typeof ( WinForm ) );
this.panel1 = new System .Windows.Forms.Panel () ;
this.button2 = new System .Windows.Forms.Button () ;
this.textBox1 = new System .Windows.Forms.TextBox () ;
this.label2 = new System .Windows.Forms.Label () ;
this.label1 = new System .Windows.Forms.Label () ;
this.panel2 = new System .Windows.Forms.Panel () ;
this.button1 = new System .Windows.Forms.Button () ;
this.pictureBox1 = new System .Windows.Forms.PictureBox () ;
this.groupBox1 = new System .Windows.Forms.GroupBox () ;
this.textBox3 = new System .Windows.Forms.TextBox () ;
this.button5 = new System .Windows.Forms.Button () ;
this.tabControl1 = new System .Windows.Forms.TabControl () ;
this.tabPage1 = new System .Windows.Forms.TabPage () ;
this.textBox2 = new System .Windows.Forms.TextBox () ;
this.button3 = new System .Windows.Forms.Button () ;
this.tabPage2 = new System .Windows.Forms.TabPage () ;
this.button4 = new System .Windows.Forms.Button () ;
this.listBox1 = new System .Windows.Forms.ListBox () ;
this.mainMenu1 = new System .Windows.Forms.MainMenu () ;
this.panel1.SuspendLayout () ;
this.panel2.SuspendLayout () ;
this.groupBox1.SuspendLayout () ;
this.tabControl1.SuspendLayout () ;
this.tabPage1.SuspendLayout () ;
}

```

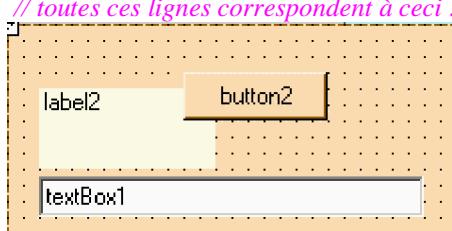
```

this.tabPage2.SuspendLayout();
this.SuspendLayout();

// 
// panel1
// 
this.panel1.BackColor = System.Drawing.Color.NavajoWhite;
this.panel1.Controls.Add(this.button2);
this.panel1.Controls.Add(this.textBox1);
this.panel1.Controls.Add(this.label2);
this.panel1.Location = new System.Drawing.Point(32, 40);
this.panel1.Name = "panel1";
this.panel1.Size = new System.Drawing.Size(224, 104);
this.panel1.TabIndex = 0;
// 
// button2
// 
this.button2.Location = new System.Drawing.Point(88, 24);
this.button2.Name = "button2";
this.button2.Size = new System.Drawing.Size(72, 24);
this.button2.TabIndex = 4;
this.button2.Text = "button2";
// 
// textBox1
// 
this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(16, 76);
this.textBox1.Name = "textBox1";
this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(192, 20);
this.textBox1.TabIndex = 3;
this.textBox1.Text = "textBox1";
// 
// label2
// 
this.label2.BackColor = System.Drawing.SystemColors.Info;
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(16, 32);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(88, 40);
this.label2.TabIndex = 2;
this.label2.Text = "label2";

// toutes ces lignes correspondent à ceci :

```



```

// 
// panel2
// 
this.panel2.BackColor = System.Drawing.Color.PaleTurquoise;
this.panel2.Controls.Add(this.button1);
this.panel2.Controls.Add(this.pictureBox1);
this.panel2.Location = new System.Drawing.Point(200, 16);
this.panel2.Name = "panel2";
this.panel2.Size = new System.Drawing.Size(208, 112);
this.panel2.TabIndex = 2;

```

```

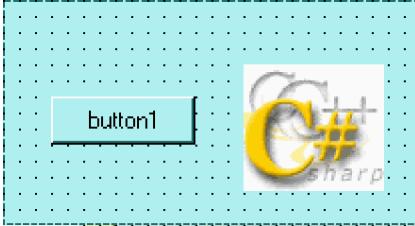
// button1
//
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(24, 48);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(72, 24);
this.button1.TabIndex = 4;
this.button1.Text = "button1";
//
// pictureBox1
//
this.pictureBox1.BackColor = System.Drawing.Color.DarkKhaki;
this.pictureBox1.Image = ((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("pictureBox1.Image")));
// la ligne précédente charge l'image :
```



```

this.pictureBox1.Location = new System.Drawing.Point(120, 32);
this.pictureBox1.Name = "pictureBox1";
this.pictureBox1.Size = new System.Drawing.Size(70, 63);
this.pictureBox1.SizeMode = System.Windows.Forms.PictureBoxSizeMode.AutoSize;
this.pictureBox1.TabIndex = 0;
this.pictureBox1.TabStop = false;
```

*// toutes ces lignes correspondent à ceci :*

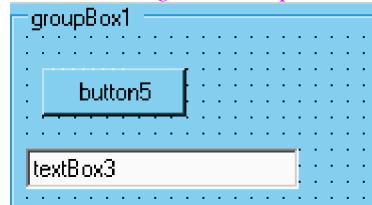


```

// groupBox1
//
this.groupBox1.BackColor = System.Drawing.Color.SkyBlue;
this.groupBox1.Controls.Add(this.textBox3);
this.groupBox1.Controls.Add(this.button5);
this.groupBox1.Location = new System.Drawing.Point(8, 160);
this.groupBox1.Name = "groupBox1";
this.groupBox1.Size = new System.Drawing.Size(184, 104);
this.groupBox1.TabIndex = 4;
this.groupBox1.TabStop = false;
this.groupBox1.Text = "groupBox1";
//
// textBox3
//
this.textBox3.Location = new System.Drawing.Point(8, 72);
this.textBox3.Name = "textBox3";
this.textBox3.Size = new System.Drawing.Size(136, 20);
this.textBox3.TabIndex = 1;
this.textBox3.Text = "textBox3";
//
// button5
//
this.button5.Location = new System.Drawing.Point(16, 32);
```

```
this.button5.Name = "button5";
this.button5.Size = new System.Drawing.Size(72, 24);
this.button5.TabIndex = 0;
this.button5.Text = "button5";
```

// toutes ces lignes correspondent à ceci :



```
//
// tabControl1
//
this.tabControl1.Controls.Add(this.tabPage1);
this.tabControl1.Controls.Add(this.tabPage2);
this.tabControl1.Location = new System.Drawing.Point(224, 144);
this.tabControl1.Name = "tabControl1";
this.tabControl1.SelectedIndex = 0;
this.tabControl1.Size = new System.Drawing.Size(200, 120);
this.tabControl1.TabIndex = 5;
//
// tabPage1
//
this.tabPage1.BackColor = System.Drawing.Color.DarkTurquoise;
this.tabPage1.Controls.Add(this.textBox2);
this.tabPage1.Controls.Add(this.button3);
this.tabPage1.Location = new System.Drawing.Point(4, 22);
this.tabPage1.Name = "tabPage1";
this.tabPage1.Size = new System.Drawing.Size(192, 94);
this.tabPage1.TabIndex = 0;
this.tabPage1.Text = "tabPage1";
//
// textBox2
//
this.textBox2.Location = new System.Drawing.Point(16, 16);
this.textBox2.Name = "textBox2";
this.textBox2.Size = new System.Drawing.Size(160, 20);
this.textBox2.TabIndex = 1;
this.textBox2.Text = "textBox2";
//
// button3
//
this.button3.Location = new System.Drawing.Point(32, 56);
this.button3.Name = "button3";
this.button3.Size = new System.Drawing.Size(128, 24);
this.button3.TabIndex = 0;
this.button3.Text = "button3";
```

// toutes ces lignes correspondent à ceci :



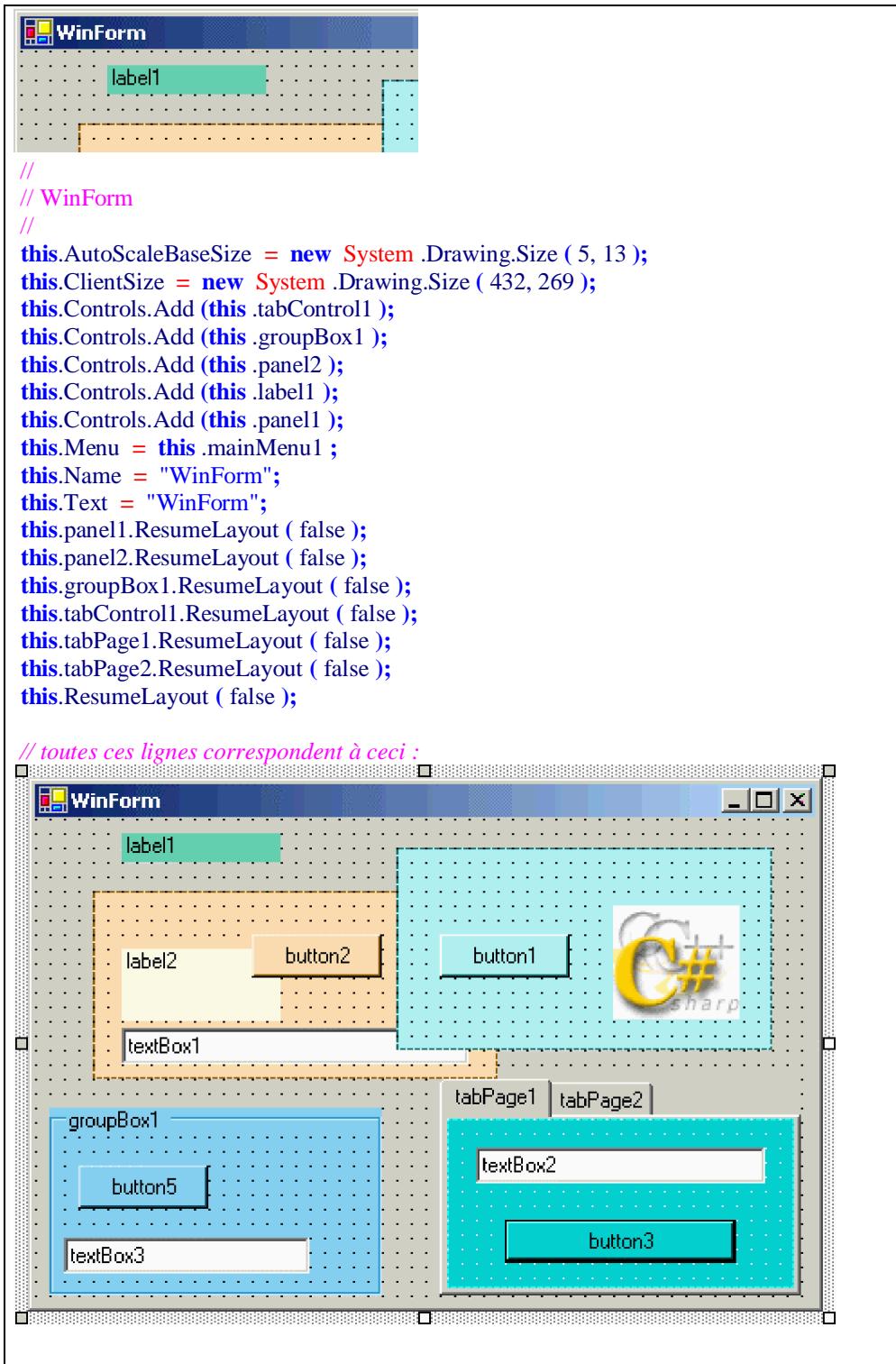
```
//  
// tabPage2  
//  
this.tabPage2.BackColor = System.Drawing.Color.Turquoise ;  
this.tabPage2.Controls.Add (this.button4 );  
this.tabPage2.Controls.Add (this.listBox1 );  
this.tabPage2.Location = new System.Drawing.Point ( 4, 22 );  
this.tabPage2.Name = "tabPage2";  
this.tabPage2.Size = new System.Drawing.Size ( 192, 94 );  
this.tabPage2.TabIndex = 1 ;  
this.tabPage2.Text = "tabPage2";  
//  
// button4  
//  
this.button4.Location = new System.Drawing.Point ( 8, 32 );  
this.button4.Name = "button4";  
this.button4.Size = new System.Drawing.Size ( 64, 24 );  
this.button4.TabIndex = 1 ;  
this.button4.Text = "button4";  
//  
// listBox1  
//  
this.listBox1.Location = new System.Drawing.Point ( 80, 8 );  
this.listBox1.Name = "listBox1";  
this.listBox1.Size = new System.Drawing.Size ( 96, 69 );  
this.listBox1.TabIndex = 0 ;
```

*// toutes ces lignes correspondent à ceci :*



```
//  
// label1  
//  
this.label1.BackColor = System.Drawing.Color.MediumAquamarine ;  
this.label1.Location = new System.Drawing.Point ( 48, 8 );  
this.label1.Name = "label1";  
this.label1.Size = new System.Drawing.Size ( 88, 16 );  
this.label1.TabIndex = 1 ;  
this.label1.Text = "label1";
```

*// les 6 lignes précédentes correspondent à ceci :*



```
}
```

```
#endregion
```

### 1.3 Influence de la propriété parent sur l'affichage visuel d'un contrôle

Dans l'IHM précédente, programmons par exemple la modification de la propriété Parent du contrôle textBox1 en réaction au click de souris sur les Button **button1** et **button2**.

Il faut abonner le gestionnaire du click de button1 "private void button1\_Click" , au délégué button1.Click :

```
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
```

De même il faut abonner le gestionnaire du click de button2 "private void button2\_Click" , au délégué button2.Click :

```
this.button2.Click += new System.EventHandler(this.button2_Click);
```

Le RAD engendre automatiquement les gestionnaires:

```
private void button1_Click ( object sender, System.EventArgs e ){ }  
private void button2_Click ( object sender, System.EventArgs e ){ }
```

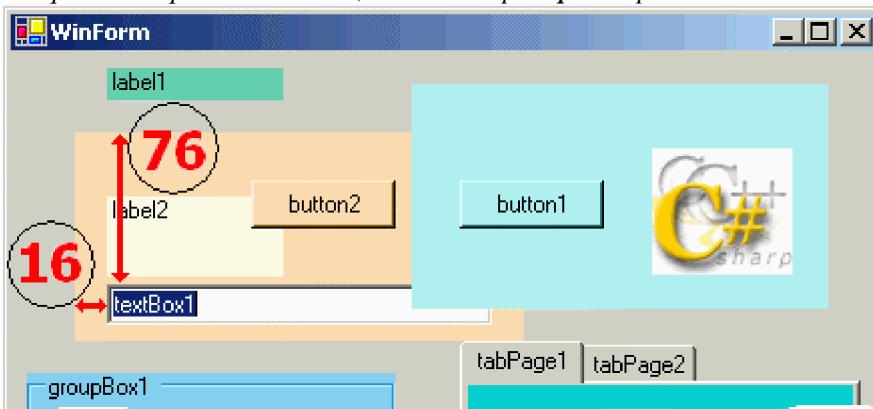
Les lignes d'abonnement sont engendrées dans la méthode InitializeComponent () :

```
private void InitializeComponent ()  
{ ....  
  
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);  
this.button2.Click += new System.EventHandler(this.button2_Click);  
}
```

Le code et les affichages obtenus (*le textBox1 est positionné en X=16 et Y=76 sur son parent*) :

```
// Gestionnaire du click sur button1 :  
  
private void button1_Click ( object sender, System.EventArgs e ){  
    textBox1.Parent = panel1 ;  
}
```

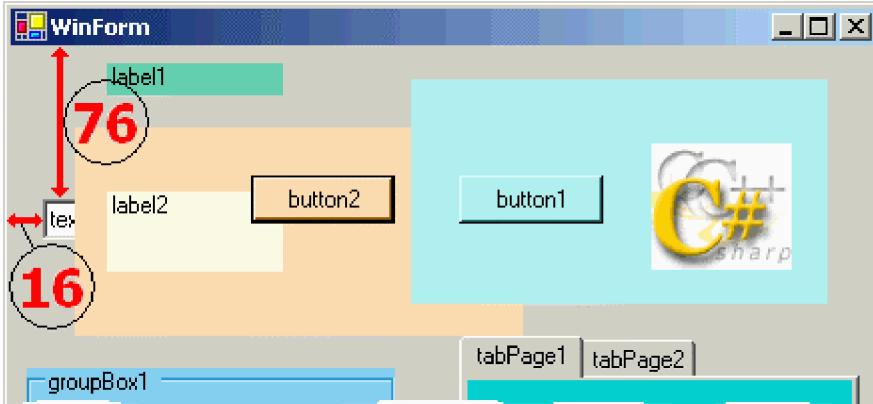
Lorsque l'on clique sur le button1, textBox1 a pour parent panel1 :



```
// Gestionnaire du click sur button2 :
```

```
private void button2_Click ( object sender, System.EventArgs e ) {  
    textBox1.Parent = this;  
}
```

Lorsque l'on clique sur le button2, textBox1 a pour parent la fiche elle-même :



Le contrôle pictureBox1 permet d'afficher des images : ico, bmp, gif, png, jpg, jpeg

```
// chargement d'un fichier image dans le pictureBox1 par un click sur button3 :
```

```
private void InitializeComponent ()  
{ ....  
  
    this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);  
    this.button2.Click += new System.EventHandler(this.button2_Click);  
    this.button3.Click += new System.EventHandler(this.button3_Click);  
}  
  
private void button3_Click ( object sender, System.EventArgs e ) {  
    pictureBox1.Image = Image.FromFile("csharp.jpg");  
}
```

Lorsque l'on clique sur le button3, l'image "csharp.jpg" est chargée dans pictureBox1 :



#### 1.4 Des graphiques dans les formulaires avec le GDI+

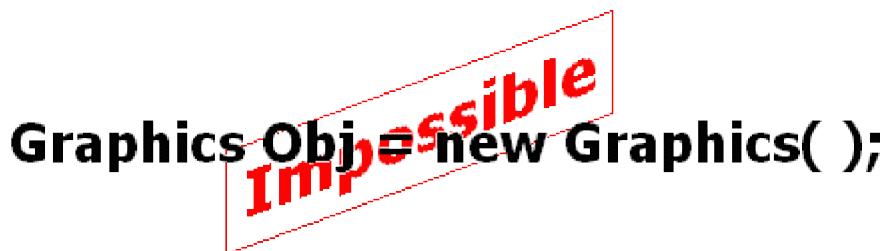
Nous avons remarqué que C# possède un contrôle permettant l'affichage d'images de différents formats, qu'en est-il de l'affichage de graphiques construits pendant l'exécution ? Le GDI+ répond à cette question.

Le **Graphical Device Interface+** est la partie de NetFrameWork qui fournit les graphismes

vectoriels à deux dimensions, les images et la typographie. GDI+ est une interface de périphérique graphique qui permet aux programmeurs d'écrire des applications indépendantes des périphériques physiques (écran, imprimante,...).

Lorsque l'on dessine avec GDI+, **on utilise des méthodes de classes situées dans le GDI+**, donnant des directives de dessin, ce sont ces méthodes qui, via le CLR du NetFrameWork, font appel aux pilotes du périphérique physique, **les programmes ainsi conçus ne dépendent alors pas du matériel sur lequel ils s'afficheront**.

Pour dessiner des graphiques sur n'importe quel périphérique d'affichage, il faut un objet **Graphics**. Un objet de classe **System.Drawing.Graphics** est associé à une surface de dessin, généralement la zone cliente d'un formulaire (objet de classe **Form**). Il n'y a pas de constructeur dans la classe **Graphics** :



Comme le dessin doit avoir lieu sur la surface visuelle d'un objet visuel donc un contrôle, c'est cet objet visuel qui fournit le fond, le GDI+ fournit dans la classe **System.Windows.Forms.Control** la méthode **CreateGraphics** qui permet de créer un objet de type **Graphics** qui représente le "fond de dessin" du contrôle :

Bibliothèque de classes .NET Framework Control, méthodes	
<a href="#">CreateGraphics</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Crée l'objet <a href="#">Graphics</a> pour le contrôle.

### Syntaxe :

```
public Graphics CreateGraphics();
```

Afin de comprendre comment utiliser un objet **Graphics** construisons un exemple fictif de code dans lequel on suppose avoir instancié **ObjVisuel** un contrôle (par exemple : une fiche, un panel,...), on utilise deux méthodes dessin de la classe **Graphics** pour dessiner un trait et un rectangle :

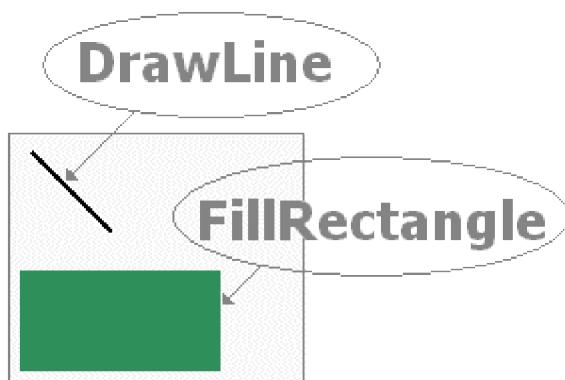
## Bibliothèque de classes .NET Framework

### Graphics, méthodes

 <a href="#">DrawLine</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Surchargé. Dessine une ligne reliant les deux points spécifiés par des paires de coordonnées.
 <a href="#">FillRectangle</a> Pris en charge par le .NET Compact Framework.	Surchargé. Remplit l'intérieur d'un rectangle spécifié par une paire de coordonnées, une largeur et une hauteur.

Code C#	Explication
Graphics fond = ObjVisuel.CreateGraphics ();	Obtention d'un fond de dessin sur ObjVisuel (création d'un objet Graphics associé à ObjVisuel)
Pen blackPen = new Pen ( Color.Black, 2 );	Création d'un objet de pinceau de couleur noire et d'épaisseur 2 pixels
fond.DrawLine ( blackPen, 10f, 10f, 50f, 50f );	Utilisation du pinceau blackPen pour tracer une ligne droite sur le fond d'ObjVisuel entre les deux points A(10,10) et B(50,50).
fond.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );	Utilisation d'une couleur de brosse SeaGreen, pour remplir l'intérieur d'un rectangle spécifié par une paire de coordonnées (5,70), une largeur(100 pixels) et une hauteur (50 pixels).

Ces quatre instructions ont permis de dessiner le trait noir et le rectangle vert sur le fond du contrôle ObjVisuel représenté ci-dessous par un rectangle à fond blanc :



#### Note technique de Microsoft

L'objet *Graphics* retourné doit être supprimé par l'intermédiaire d'un appel à sa méthode *Dispose* lorsqu'il n'est plus nécessaire.

La classe Graphics implémente l'interface IDisposable :

```
public sealed class Graphics : MarshalByRefObject, IDisposable
```

Les objets Graphics peuvent donc être libérés par la méthode Dispose( ).

Afin de respecter ce conseil d'optimisation de gestion de la mémoire, nous rajoutons dans notre code l'appel à la méthode Dispose de l'objet Graphics. Nous prenons comme ObjVisuel un contrôle de type panel que nous nommons panelDessin ( **private System.Windows.Forms.Panel panelDessin** ):

```
//...
Graphics fond = panelDessin.CreateGraphics();
Pen blackPen = new Pen ( Color.Black, 2 );
fond.DrawLine ( blackPen, 10f, 10f, 50f, 50f );
fond.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );
fond.Dispose();
//...suite du code où l'objet fond n'est plus utilisé
```

Nous pouvons aussi utiliser l'instruction **using** déjà vue qui libère automatiquement l'objet par appel à sa méthode Dispose :

```
//...
using( Graphics fond = panelDessin.CreateGraphics () ) {
    Pen blackPen = new Pen ( Color.Black, 2 );
    fond.DrawLine ( blackPen, 10f, 10f, 50f, 50f );
    fond.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );
}
//...suite du code où l'objet fond n'est plus utilisé
```

### 1.5 Le dessin doit être persistant

Reprendons le dessin précédent et affichons-le à la demande.

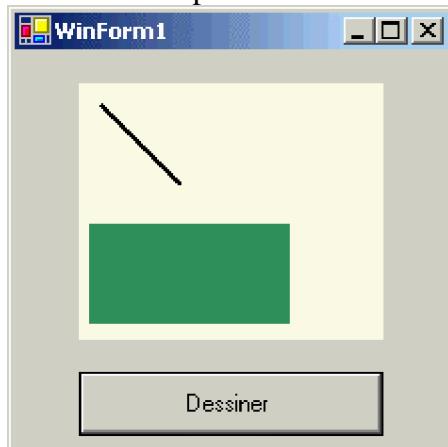
Nous supposons disposer d'un formulaire nommé WinForm1 contenant un panneau nommé panelDessin ( **private System.Windows.Forms.Panel panelDessin** ) et un bouton nommé buttonDessin ( **private System.Windows.Forms.Button buttonDessin** )



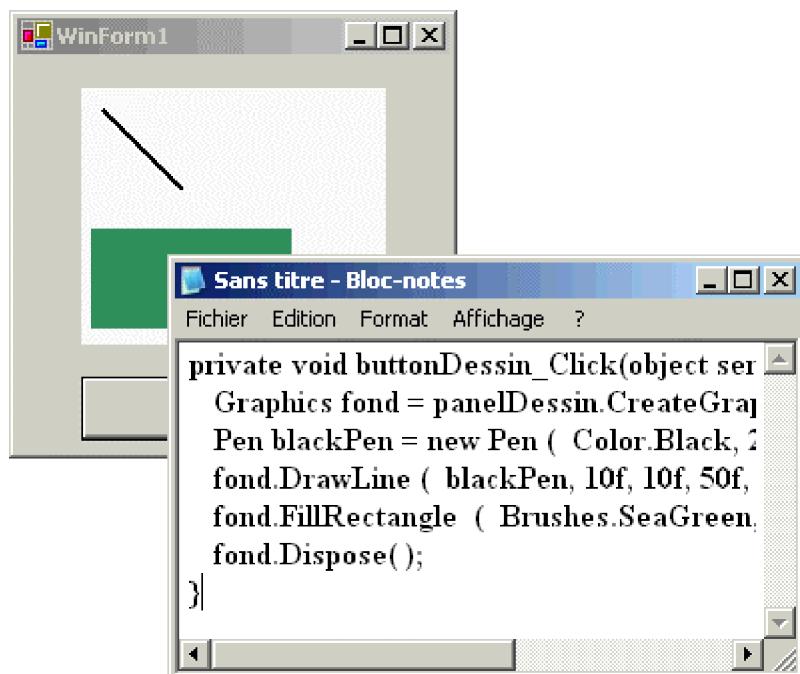
Nous programmons un gestionnaire de l'événement click du buttonDessin, dans lequel nous copions le code de traçage de notre dessin :

```
private void buttonDessin_Click(object sender, System.EventArgs e) {  
    Graphics fond = panelDessin.CreateGraphics ();  
    Pen blackPen = new Pen ( Color.Black, 2 );  
    fond.DrawLine ( blackPen, 10f, 10f, 50f, 50f );  
    fond.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );  
    fond.Dispose( );  
}
```

Lorsque nous cliquons sur le bouton buttonDessin, le trait noir et le rectangle vert se dessine sur le fond du panelDessin :



Faisons apparaître une fenêtre de bloc-note contenant du texte, qui masque partiellement notre formulaire WinForm1 qui passe au second plan comme ci-dessous :

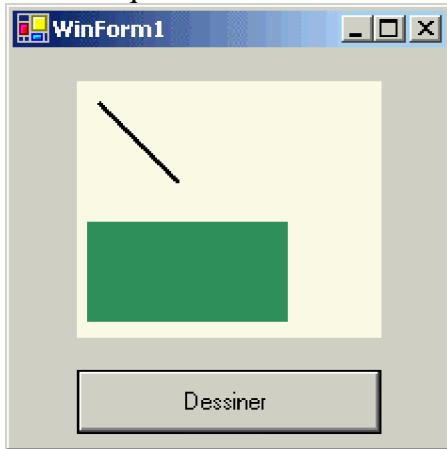


Si nous nous refocalisons sur le formulaire en cliquant sur lui par exemple, celui-ci repasse au premier plan, nous constatons que notre dessin est abîmé. Le rectangle vert est amputé de la partie qui était recouverte par la fenêtre de bloc-note. Le formulaire s'est bien redessiné, mais

pas nos traçés ;



Il faut cliquer une nouvelle fois sur le bouton pour lancer le redessinement des tracés :



Il existe un moyen simple permettant d'effectuer le redessinement de nos traçés lorsque le formulaire se redessine lui-même automatiquement : il nous faut "consommer" l'événement **Paint** du formulaire qui se produit lorsque le formulaire est redessiné (ceci est d'ailleurs valable pour n'importe quel contrôle). La consommation de l'événement Paint s'effectue grâce au gestionnaire Paint de notre formulaire WinForm1 :

```
private void WinForm1_Paint (object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e) {  
    Graphics fond = panelDessin.CreateGraphics ();  
    Pen blackPen = new Pen ( Color.Black, 2 );  
    fond.DrawLine ( blackPen, 10f, 10f, 50f, 50f );  
    fond.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );  
    fond.Dispose( );  
}
```

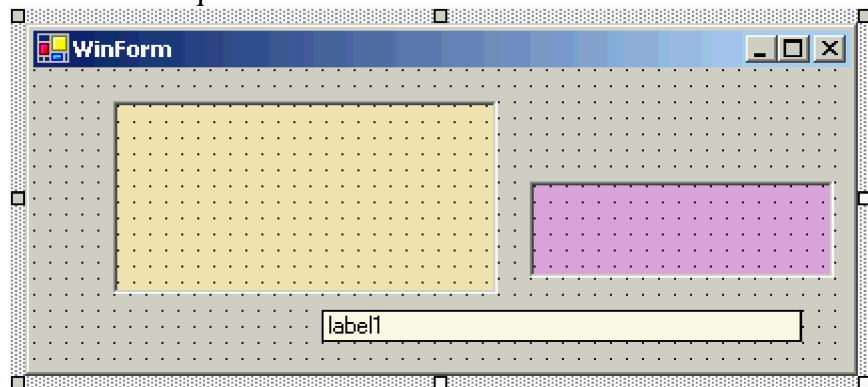
Le RAD a enregistré (abonné) le gestionnaire **WinForm1\_Paint** auprès du délégué **Paint** dans le corps de la méthode **InitializeComponent** :

```
private void InitializeComponent() {  
    ...  
    this.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler ( this.WinForm1_Paint );  
    ...  
}
```

## 1.6 Deux exemples de graphiques sur plusieurs contrôles

### Premier exemple : une méthode générale pour tout redessiner.

Il est possible de dessiner sur tous les types de conteneurs visuels ci-dessous un formulaire nommé WinForm et deux panel (panel2 : jaune foncé et panel1 : violet), la label1 ne sert qu'à afficher du texte en sortie :



Nous écrivons une méthode **TracerDessin** permettant de dessiner sur le fond de la fiche, sur le fond des deux panel et d'écrire du texte sur le fond d'un panel. La méthode **TracerDessin** est appelée dans le gestionnaire de l'événement Paint du formulaire lors de son redessinancement de la fiche afin d'assurer la persistance de tous les traçés. Voici le code que nous créons :

```
private void InitializeComponent() {
    ...
    this.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler (this.WinForm_Paint );
    ...
}

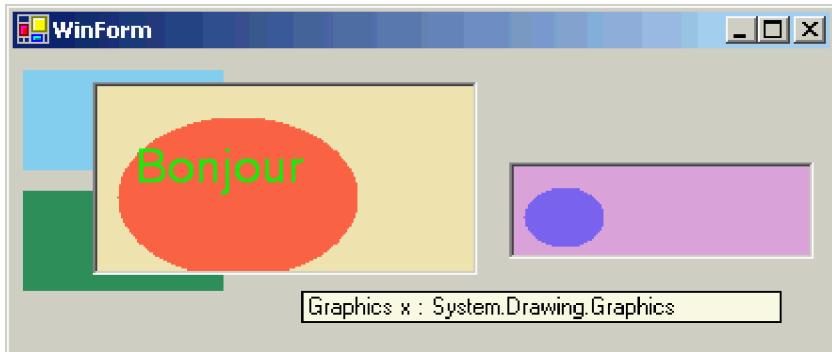
private void WinForm_Paint (object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e) {
    TracerDessin (e.Graphics );
    /* Explications sur l'appel de la méthode TracerDessin :
    Le paramètre e de type PaintEventArgs contient les données relatives à l'événement Paint
    en particulier une propriété Graphics qui renvoie le graphique utilisé pour peindre sur la fiche
    c'est pourquoi e.Graphics est passé comme fond en paramètre à notre méthode de dessin.
    */
}

private void TracerDessin ( Graphics x ){
    string Hdcontext ;
    Hdcontext = x.GetType () .ToString ();
    label1.Text = "Graphics x : " + Hdcontext.ToString ();
    x.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );

    using( Graphics g = this .CreateGraphics () ) {
        g.FillRectangle ( Brushes.SkyBlue,5,10,100,50 );
    }
    using( Graphics g = panel1.CreateGraphics () ){
        g.FillEllipse ( Brushes.MediumSlateBlue,5,10,40,30 );
    }
    using( Graphics h = panel2.CreateGraphics () ){
        h.FillEllipse ( Brushes.Tomato,10,15,120,80 );
        h.DrawString ("Bonjour" , new Font (this .Font.FontFamily.Name,18 ) ,Brushes.Lime,15,25 );
    }
}
```

```
}
```

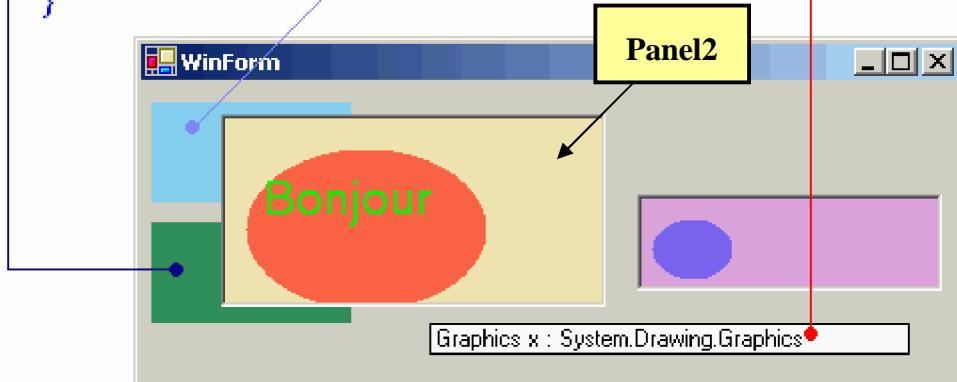
L'exécution de code produit l'affichage suivant :



**Illustrons les actions de dessin de chaque ligne de code de la méthode TracerDessin :**

```
private void TracerDessin ( Graphics x ) {
```

```
    string Hdcontext ;  
    Hdcontext = x.GetType () .ToString ();  
    label1.Text = "Graphics x : " + Hdcontext.ToString ();  
    x.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );  
  
    using( Graphics g = this.CreateGraphics () )  
    {  
        g.FillRectangle ( Brushes.SkyBlue,5,10,100,50 );  
    }
```

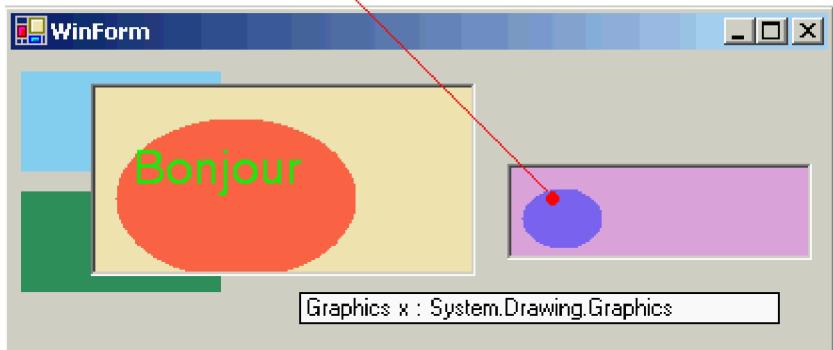


*On dessine deux rectangles sur le fond de la fiche, nous notons que ces deux rectangles ont une intersection non vide avec le panel2 (jaune foncé) et que cela n'altère pas le dessin du panel. En effet le panel est un contrôle et donc se redessine lui-même. Nous en déduisons que le fond graphique est situé "en dessous" du dessin des contrôles.*

```

using( Graphics g = panel1.CreateGraphics() )
{
    g.FillEllipse( Brushes.MediumSlateBlue, 5, 10, 40, 30 );
}

```

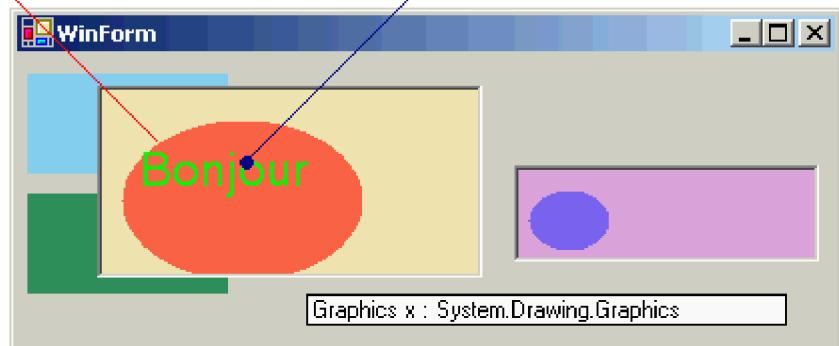


*L'instruction dessine l'ellipse bleue à droite sur le fond du panel1*

```

using( Graphics h = panel2.CreateGraphics() )
{
    h.FillEllipse( Brushes.Tomato, 10, 15, 120, 80 );
    h.DrawString("Bonjour", new Font(this.Font.FontFamily.Name, 18), Brushes.Lime, 15, 25);
}

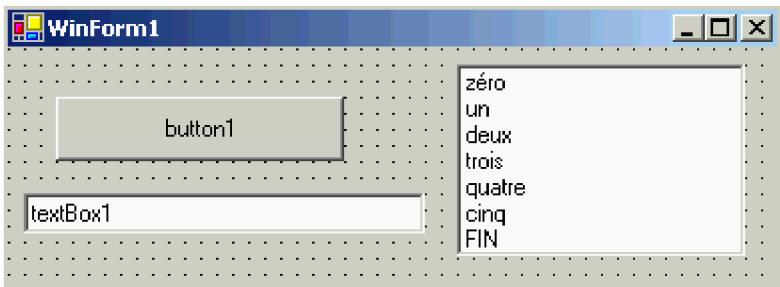
```



*La première instruction dessine l'ellipse rouge, la seconde écrit le texte "Bonjour" en vert sur le fond du panel2.*

## Deuxième exemple : traçé des dessins sur des événements spécifiques

Le deuxième exemple montre que l'on peut dessiner aussi sur le fond d'autres contrôles différents des contrôles conteneurs; nous dessinons deux rectangles vert et bleu sur le fond du formulaire et un petit rectangle bleu ciel dans un ListBox, un TextBox et Button déposés sur le formulaire :



Les graphiques sont gérés dans le code ci-après :

```

namespace ProjWindowsApplication2
{
    /// <summary>
    /// Description Résumé de WinForm1.
    /// </summary>
    public class WinForm1 : System.Windows.Forms.Form
    {
        /// <summary>
        /// Variable requise par le concepteur.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.Container components = null;
        private System.Windows.ListBox listBox1;
        private System.Windows.TextBox textBox1;
        private System.Windows.Button button1;

        private WinForm1()
        {
            //
            // Requis pour la gestion du concepteur Windows Form
            //
            InitializeComponent();
            //
            // TODO: Ajouter tout le code du constructeur après l'appel de InitializeComponent
            //
        }
        /// <summary>
        /// Nettoyage des ressources utilisées.
        /// </summary>
        protected override void Dispose (bool disposing)
        {
            if (disposing)
            {
                if (components != null)
                {
                    components.Dispose();
                }
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Code généré par le concepteur Windows Form
        /// <summary>
        /// Méthode requise pour la gestion du concepteur - ne pas modifier
        /// le contenu de cette méthode avec l'éditeur de code.
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.listBox1 = new System.Windows.Forms.ListBox();
        }
    }
}

```

```

this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox( );
this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
this.SuspendLayout();
//
// listBox1
//
this.listBox1.Items.AddRange ( new object[] {
    "zéro",
    "un",
    "deux",
    "trois",
    "quatre",
    "cinq",
    "FIN" } );
this.listBox1.Location = new System.Drawing.Point(224, 8);
this.listBox1.Name = "listBox1";
this.listBox1.Size = new System.Drawing.Size(144, 95);
this.listBox1.TabIndex = 9;
this.listBox1.SelectedIndexChanged +=
    new System.EventHandler ( this.listBox1_SelectedIndexChanged );
//
// textBox1
//
this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(8, 72);
this.textBox1.Name = "textBox1";
this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(200, 20);
this.textBox1.TabIndex = 8;
this.textBox1.Text = "textBox1";
this.textBox1.TextChanged += new System.EventHandler(this.textBox1_TextChanged);
//
// button1
//
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(24, 24);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(144, 32);
this.button1.TabIndex = 7;
this.button1.Text = "button1";
this.button1.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(this.button1_Paint);
//
// WinForm1
//
this.AutoScaleBaseSize = new System.Drawing.Size(5, 13);
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(384, 117);
this.Controls.Add(this.listBox1);
this.Controls.Add(this.textBox1);
this.Controls.Add(this.button1);
this.Name = "WinForm1";
this.StartPosition = System.Windows.Forms.FormStartPosition.Manual;
this.Text = "WinForm1";
this.Paint += new System.Windows.Forms.PaintEventHandler(this.WinForm1_Paint);
this.ResumeLayout(false);
}

#endregion

<!-- dessin persistant sur le fond de la fiche par gestionnaire Paint:
private void WinForm1_Paint(object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e)
{
    Graphics g = e.Graphics;
    g.FillRectangle ( Brushes.SeaGreen,5,70,100,50 );
    g.FillRectangle ( Brushes.SkyBlue,5,10,100,50 );
}
</pre>

```

```

//-- dessin persistant sur le fond du bouton par gestionnaire Paint:
private void button1_Paint(object sender, System.Windows.Forms.PaintEventArgs e)
{
    Graphics x = e.Graphics;
    x.FillRectangle ( Brushes.SkyBlue,5,5,20,20 );
}
//-- dessin non persistant sur le fond du ListBox par gestionnaire SelectedIndexChanged :
private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender, System.EventArgs e)
{
    Rectangle Rect = listBox1.GetItemRectangle(listBox1.SelectedIndex);
    int Haut = listBox1.ItemHeight;
    textBox1.Text= "x="+Rect.X.ToString()+" y="+Rect.Y.ToString()+" h="+Haut.ToString();
    using ( Graphics k = listBox1.CreateGraphics() )
    {
        k.FillRectangle(Brushes.SkyBlue,Rect.X,Rect.Y,Haut,Haut);
    }
}
//-- dessin non persistant sur le fond du TextBox par gestionnaire TextChanged :
private void textBox1_TextChanged(object sender, System.EventArgs e)
{
    using (Graphics k = textBox1.CreateGraphics() )
    {
        k.FillRectangle(Brushes.SkyBlue,5,5,10,10);
    }
}
}

```

Après exécution, sélection de la 3ème ligne de la liste et ajout d'un texte au clavier dans le TextBox :



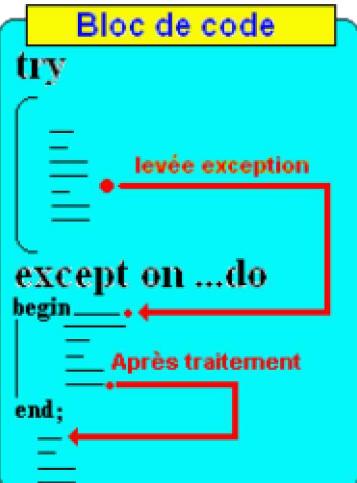
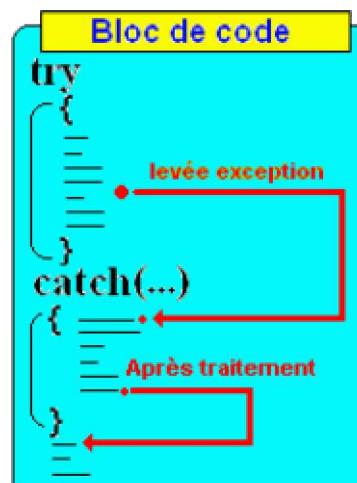
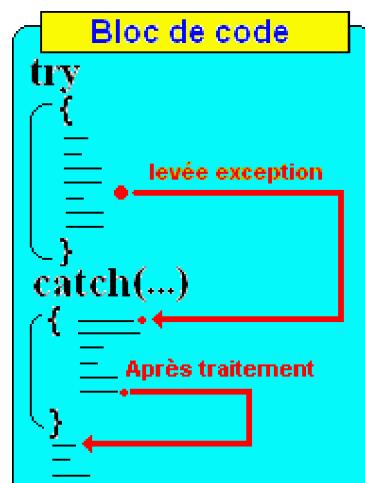
# Exceptions : C# comparé à Java et Delphi



## 1. similitude et différence

Le langage C# hérite strictement de Java pour la syntaxe et le fonctionnement de base des exceptions et de la simplicité de Delphi dans les types d'exceptions.

Pour une étude complète de la notion d'exception, de leur gestion, de la hiérarchie, de l'ordre d'interception et du redéclenchement d'une exception, nous renvoyons le lecteur au chapitre Traitement d'exceptions du présent ouvrage. Nous figurons ci-dessous un tableau récapitulant les similitudes dans chacun des trois langages :

Delphi	Java	C#
<pre>try   - ...   &lt;lignes de code à protéger&gt;   - ... except   on E : ExxEception do begin     - ...     &lt;lignes de code réagissant à l'exception&gt;     - ...   end;   - ... end ;</pre> 	<pre>try { - ... &lt;lignes de code à protéger&gt; - ...} catch ( ExxEception E ) { - ... &lt;lignes de code réagissant à l'exception&gt; - ... }</pre> <p>fonctionnement identique à C#</p> 	<pre>try { - ... &lt;lignes de code à protéger&gt; - ...} catch ( ExxEception E ) { - ... &lt;lignes de code réagissant à l'exception&gt; - ... }</pre> <p>fonctionnement identique à Java</p> 

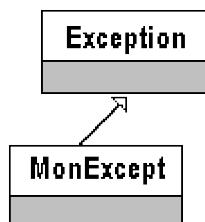
## ATTENTION DIFFERENCE : C# - Java

Seul Java possède deux catégories d'exceptions : les exceptions vérifiées et les exceptions non vérifiées. C# comme Delphi possède un mécanisme plus simple qui est équivalent à celui de Java dans le cas des exceptions non vérifiées (implicites) (la propagation de l'exception est implicitement prise en charge par le système d'exécution).

## 2. Créer et lancer ses propres exceptions

Dans les 3 langages la classes de base des exceptions se nomme : **Exception**

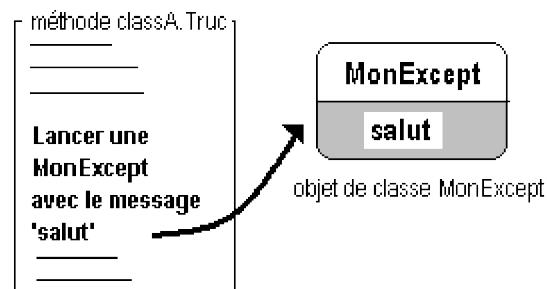
- Il est possible de construire de nouvelles classes d'exceptions personnalisées en héritant d'une des classes du langage, ou à minima de la classe de base **Exception**.
- Il est aussi possible de lancer une exception personnalisée (comme si c'était une exception propre au langage) à n'importe quel endroit dans le code d'une méthode d'une classe, en instanciant un objet d'exception personnalisé et en le préfixant par le mot clef (**raise** pour Delphi et **throw** pour Java et C#).
- Le mécanisme général d'interception des exceptions à travers des gestionnaires d'exceptions **try...except** ou **try...catch** s'applique à tous les types d'exceptions y compris les exceptions personnalisées.



### 1°) Crédit d'une nouvelle classe :

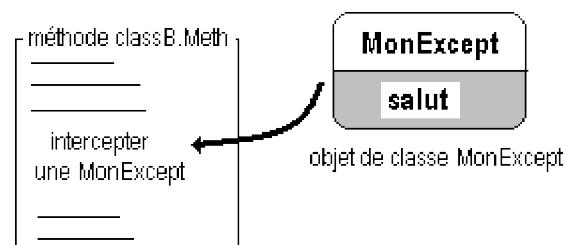
Delphi	Java	C#
<p>Type</p> <pre>MonExcept = class (Exception) ....</pre> <p><b>End;</b></p> <p>MonExcept hérite par construction de la propriété <b>public</b> Message de sa mère, en lecture et écriture.</p>	<pre>class MonExcept extends Exception {     public MonExcept (String s)     {         super(s);         .....     } }</pre>	<pre>class MonExcept : Exception {     public MonExcept (string s) : base(s)     {         .....     } }</pre> <p>MonExcept hérite par construction de la propriété <b>public</b> Message de sa mère, en lecture seulement.</p>

## 2°) Lancer une MonExcept :



Delphi	Java	C#
<b>Type</b> <pre>MonExcept = class (Exception) .....</pre> <b>Implementation</b> <pre>classA = class   Procedure Truc; end;</pre>	<pre>class MonExcept extends Exception {   public MonExcept (String s) { super(s);   .....} }  class classA {   void Truc () throws MonExcept {   .....   throw new MonExcept ('salut');   ..... }</pre>	<pre>class MonExcept : Exception {   public MonExcept (string s) : base(s)   {   .....} }  class classA {   void Truc () {   .....   throw new MonExcept ('salut');   ..... }</pre>
<b>Type</b> <pre>MonExcept = class (Exception) .....</pre> <b>Implementation</b> <pre>Procedure classA.Truc; begin   .....   raise MonExcept.Create ('salut');   ..... end;</pre>		

## 3°) Intercepter une MonExcept :



Delphi	Java	C#
<b>Type</b> <pre>MonExcept = class (Exception) .....</pre> <b>Implementation</b> <pre>classB = class   Procedure Meth; end;</pre>	<pre>class MonExcept extends Exception {   public MonExcept (String s) { super(s);   .....} }  class classB {   void Meth () {</pre>	<pre>class MonExcept : Exception {   public MonExcept (string s) : base(s)   {   .....} }  class classB {   void Meth () {</pre>

```
Procedure classB.Meth;  
begin  
....  
try  
.... // code à protéger  
except on MonExcept do  
begin  
.... // code de réaction à l'exception  
end;  
end;  
  
end;
```

```
....  
try  
{  
.... // code à protéger  
}  
catch (MonExcept e) {  
.... // code de réaction à l'exception  
}  
}
```

```
....  
try  
{  
.... // code à protéger  
}  
catch (MonExcept e) {  
.... // code de réaction à l'exception  
}
```

# Données simples et fichiers



---

Plan général: [Table des matières](#)

## 1. Les manipulations disque de fichiers et de répertoires

- 1.1 La manipulation des répertoires
- 1.2 La manipulation des chemins d'accès disque
- 1.3 La manipulation des fichiers

## 2. Flux et fichiers dans NetFramework

- 2.1 Les flux avec C#
- 2.2 Les flux et les fichiers de caractères avec C#
- 2.3 Création d'un fichier de texte avec des données
- 2.4 Copie des données d'un fichier texte dans un autre

## 3. Exercice de fichier de salariés avec une IHM

## Différences entre flux et fichiers

- Un **fichier** est une ensemble de données structurées possédant un nom (le nom du fichier) stockées généralement sur disque (dans une mémoire de masse en général) dans des enregistrement sous forme d'octets. Les fichiers sont en écriture ou en lecture et ont des organisations diverses comme l'accès séquentiel, l'accès direct, l'accès indexé, en outre les fichiers sont organisés sur le disque dans des répertoires nommés selon des chemins d'accès.
- Un **flux** est un tube de connexion entre deux entrepôts pouvant contenir des données. Ces entités entreposant les données peuvent être des mémoire de masse (disques) ou des zones différentes de la mémoire centrale, ou bien des réseaux différents (par exemple échanges de données entre sockets).
- En C#, il faut utiliser un flux pour accéder aux données d'un fichier stocké sur disque, ce flux connecte les données du fichier sur le disque à une zone précise de la mémoire : le tampon mémoire.

Le Framework.Net dispose d'une famille de classes permettant la manipulation de données externes : **System.IO**

## Espace de noms **System.IO**

- contient des classes qui permettent la lecture et l'écriture dans des fichiers,
- contient des classes qui permettent la lecture et l'écriture dans des flux ,
- contient des classes qui permettent la création, le renommage, le déplacement de fichiers et de répertoires sur disque.

# 1. Les manipulations disque de fichiers et de répertoires

L'espace de nom **System.IO** contient plusieurs classes de manipulation des fichiers et des répertoires. Certaines ne contiennent que des méthodes **static** (rassemblement de méthodes utiles à la manipulation de fichiers ou de répertoires quelconques), d'autres contiennent des méthodes d'instances et sont utiles lorsque l'on veut travailler sur un objet de fichier précis.

**System.IO.Directory**  
**System.IO.File**  
**System.IO.Path**

**System.IO.DirectoryInfo**  
**System.IO.FileInfo**

## 1.1 La manipulation des répertoires

La classe **System.IO.Directory** hérite directement de **System.Object** et ne rajoute que des méthodes **static** pour la création, la suppression, le déplacement et le positionnement de répertoires :

CreateDirectory	GetFiles	SetAccessControl
Delete	GetFileSystemEntries	SetCreationTime
Exists	GetLastAccessTime	SetCreationTimeUtc
GetAccessControl	GetLastAccessTimeUtc	SetCurrentDirectory
GetCreationTime	GetLastWriteTime	SetLastAccessTime
GetCreationTimeUtc	GetLastWriteTimeUtc	SetLastAccessTimeUtc
GetCurrentDirectory	GetLogicalDrives	SetLastWriteTime
GetDirectories	GetParent	SetLastWriteTimeUtc
GetDirectoryRoot	Move	

a) *Création d'un répertoire sur disque, s'il n'existe pas au préalable :*

```
string cheminRep = @"D:\MonRépertoire";
if ( !Directory.Exists( cheminRep ) ) {
    Directory.CreateDirectory( cheminRep );
}
```

Ces 3 lignes de code créent un répertoire **MonRépertoire** à la racine du disque **D**.

b) *Suppression d'un répertoire et de tous ses sous-répertoires sur disque :*

```
string cheminRep = @"D:\MonRépertoire";
if ( Directory.Exists( cheminRep ) ) {
    Directory.Delete( cheminRep, true );
}
```

Ces 3 lignes de code suppriment sur le disque D, le répertoire **MonRépertoire** et tous ses sous-répertoires.

c) *Déplacement d'un répertoire et de tous ses sous-répertoires sur disque :*

```
string cheminRep = "D:\\MonRépertoire";
string cheminDest = "C:\\NouveauRépertoire";
if ( Directory.Exists( cheminRep ) ) {
    Directory.Move( cheminRep, cheminDest );
}
```

Ces 3 lignes de code déplacent le répertoire **MonRépertoire** et tous ses sous-répertoires du disque D vers le disque C sous le nouveau nom **NouveauRépertoire**.

d) Accès au répertoire disque de travail en cours de l'application :

```
string cheminRepAppli = Directory.GetCurrentDirectory();
```

Attention, ce répertoire est le dernier répertoire en cours utilisé par l'application, il n'est pas nécessairement celui du processus qui a lancé l'application, ce dernier peut être obtenu à partir de la classe **Application** par la propriété "static string StartupPath" :

```
string cheminLancerAppli = Application.StartupPath;
```

La classe **System.IO.DirectoryInfo** qui hérite directement de **System.Object** sert aussi à la création, à la suppression, au déplacement et au positionnement de répertoires, par rapport à la classe **Directory**, certaines méthodes sont transformées en propriétés afin d'en avoir une utilisation plus souple. Conseil de Microsoft : "*si vous souhaitez réutiliser un objet plusieurs fois, l'utilisation de la méthode d'instance de **DirectoryInfo** à la place des méthodes static correspondantes de la classe **Directory** peut être préférable*". Le lecteur choisira selon l'application qu'il développe la classe qui lui procure le plus de confort. Afin de bien comparer ces deux classes nous reprenons avec la classe **DirectoryInfo**, les mêmes exemples de base de la classe **Directory**.

a) *Création d'un répertoire sur disque, s'il n'existe pas au préalable :*

```
string cheminRep = @"D:\MonRépertoire";
DirectoryInfo Repertoire = new DirectoryInfo(cheminRep);

if ( !Repertoire.Exists ) {
    Repertoire.Create();
}
```

Ces lignes de code créent un répertoire **MonRépertoire** à la racine du disque **D**.

b) *Suppression d'un répertoire et de tous ses sous-répertoires sur disque :*

```
string cheminRep = "D:\\MonRépertoire";
DirectoryInfo Repertoire = new DirectoryInfo(cheminRep);

if ( Repertoire.Exists ) {
    Repertoire.Delete( true );
}
```

Ces lignes de code suppriment sur le disque D, le répertoire **MonRépertoire** et tous ses sous-répertoires.

c) *Déplacement d'un répertoire et de tous ses sous-répertoires sur disque :*

```
string cheminRep = @"D:\MonRépertoire";
```

```

string cheminDest = @"C:\NouveauRepertoire";
DirectoryInfo Repertoire = new DirectoryInfo( cheminRep );

if ( Repertoire.Exists ) {
    Repertoire.MoveTo( cheminDest );
}

```

Ces lignes de code déplacent le répertoire **MonRepertoire** et tous ses sous-répertoires du disque D vers le disque C sous le nouveau nom **NouveauRepertoire**.

## 1.2 La manipulation des chemins d'accès disque

La classe **System.IO.Path** hérite directement de **System.Object** et ne rajoute que des méthodes et des champs **static** pour la manipulation de chaînes **string** contenant des chemins d'accès disque ( soit par exemple à partir d'une **string** contenant un chemin comme "c:\rep1\rep2\rep3\appli.exe", extraction du nom de fichier **appli.exe**, du répertoire c:\rep1\rep2\rep3, de l'extension **.exe**, etc... ).

Ci-dessous nous donnons quelques méthodes **static** pratiques courantes de la classe permettant les manipulations usuelles d'un exemple de chemin d'accès disque sous Windows :

```

string chemin = "C:\\\\rep1\\\\rep2\\\\appli.exe";
ou bien
string chemin = @""C:\\rep1\\rep2\\appli.exe"";
```

Appel de la méthode static sur la string chemin	résultat obtenu après l'appel
<b>System.IO.Path.GetDirectoryName</b> ( chemin ) <b>System.IO.Path.GetExtension</b> ( chemin ) <b>System.IO.Path.GetFileName</b> ( chemin ) <b>System.IO.Path.GetFileNameWithoutExtension</b> ( chemin ) <b>System.IO.Path.GetFullPath</b> ("C:\\\\rep1\\\\rep2\\\\..\\\\appli.exe") <b>System.IO.Path.GetPathRoot</b> ( chemin )	C:\\rep2 . <b>exe</b> <b>appli.exe</b> <b>appli</b> C:\\appli.exe C:\\

## 1.3 La manipulation des fichiers

La classe **System.IO.File** hérite directement de **System.Object** et ne rajoute que des méthodes **static** pour la manipulation, la lecture et l'écriture de fichiers sur disque :

<b>AppendAll</b>	<b>GetLastAccessTime</b>	<b>SetAccessControl</b>
<b>AppendAllText</b>	<b>GetLastAccessTimeUtc</b>	<b>SetAttributes</b>
<b>AppendText</b>	<b>GetLastWriteTime</b>	<b>SetCreationTime</b>
<b>Copy</b>	<b>GetLastWriteTimeUtc</b>	<b>SetCreationTimeUtc</b>
<b>Create</b>	<b>Move</b>	<b>SetLastAccessTime</b>

CreateText	Open	SetLastAccessTimeUtc
Decrypt	OpenRead	SetLastWriteTime
Delete	OpenText	SetLastWriteTimeUtc
Encrypt	OpenWrite	WriteAll
Exists	ReadAll	WriteAllBytes
GetAccessControl	ReadAllBytes	WriteAllLines
GetAttributes	ReadAllLines	WriteAllText
GetCreationTime	ReadAllText	
GetCreationTimeUtc	Replace	

Exemple de création d'un fichier et de ses répertoires sur le disque en combinant les classes **Directory**, **Path** et **File** :

```

string cheminRep = @"d:\temp\rep1\fichier.txt";
// création d'un répertoire et d'un sous-répertoire s'ils n'existent pas déjà
if ( !Directory.Exists( Path.GetDirectoryName(cheminRep) ) )
    Directory.CreateDirectory( Path.GetDirectoryName(cheminRep) );

// effacer le fichier s'il existe déjà
if (File.Exists(cheminRep) )
    File.Delete(cheminRep);

// création du fichier "fichier.txt" sur le disque D : dans "D:\temp\rep1"
FileStream fs = File.Create( cheminRep );

```

Les lignes de code C# précédentes créent sur le disque dur **D:** , les répertoires **temp** et **rep1**, puis le **fichier.txt** selon l'architecture disque ci-après :

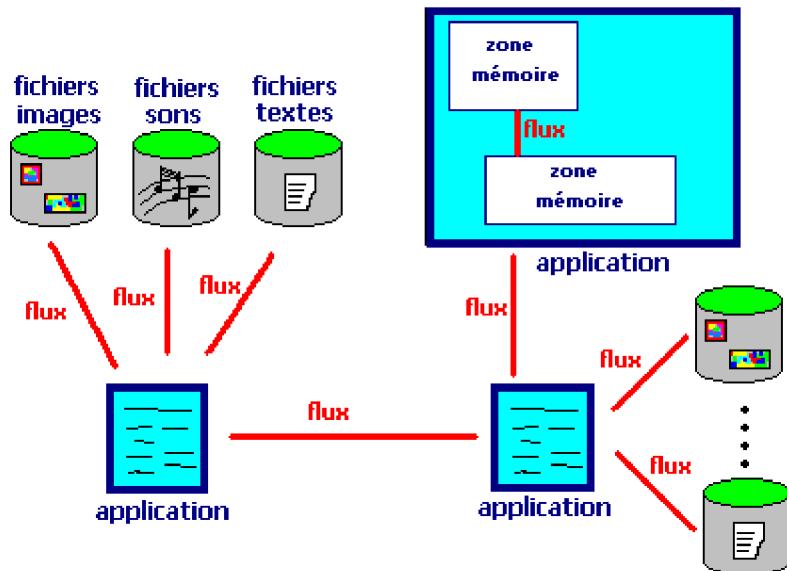
**D:**



## 2. Flux et fichiers dans NetFramework

Une application travaille avec ses données internes, mais habituellement il lui est très souvent nécessaire d'aller chercher en **entrée**, on dit **lire**, des nouvelles données (texte, image, son,...) en provenance de diverses sources (périphériques, autres applications, zones mémoires...).

Réciiproquement, une application peut après traitement, délivrer en **sortie** des résultats, on dit **écrire**, dans un fichier, vers une autre application ou dans une zone mémoire. **Les flux servent à connecter entre elles ces diverses sources de données.**



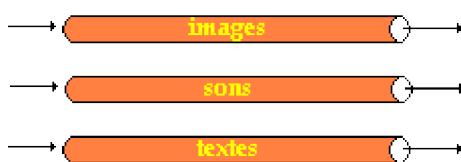
## 2.1 Les flux avec C#

En C# toutes ces données sont échangées en entrée et en sortie à travers des flux (Stream).

**Un flux est une sorte de tuyau de transport séquentiel de données.**



**Il existe un flux par type de données à transporter :**



Un flux est **unidirectionnel** : il y a donc des flux d'**entrée** et des flux de **sortie**.

L'image ci-après montre qu'afin de jouer un son **stocké dans un fichier**, l'application C# ouvre en entrée, un flux associé au fichier de sons et lit ce flux séquentiellement afin ensuite de traiter les sons (modifier ou jouer le son) :



La même application peut aussi traiter des images à partir d'un fichier d'images et renvoyer ces images dans le fichier après traitement. C# ouvre un flux en entrée sur le fichier image et un flux en sortie sur le même fichier, l'application lit séquentiellement le flux d'entrée (octet par octet par exemple) et écrit séquentiellement dans le flux de sortie :



D'une manière générale, NetFramework met à notre disposition dans l'espace de noms **System.IO** une classe abstraite de flux de données considérées comme des séquences d'octets, la classe **System.IO.Stream**. Un certain nombre de classes dérivent de la classe **Stream** et fournissent des implémentations spécifiques en particulier les classes :

Classe NetFramework	Utilisation pratique
<b>System.IO.FileStream</b>	consacrée aux flux connectés sur des fichiers.
<b>System.IO.MemoryStream</b>	consacrée aux flux connectés sur des zones mémoires.
<b>System.Net.Sockets.NetworkStream</b>	consacrée aux flux connectés sur des accès réseau.

Nous allons plus particulièrement étudier quelques exemples d'utilisation de flux connectés sur des fichiers et plus précisément des fichiers de textes.

## 2.2 Les flux et les fichiers de caractères avec C#

Eu égard à l'importance des fichiers comportant des données textuelles (à bases de caractères) le NetFramework dispose de classe de flux chargés de l'écriture et de la lecture de caractères plus spécialisées que la classe **System.IO.FileStream**.

Les classes de base **abstraites** de ces flux de caractères se dénomment **System.IO.TextReader** pour la classe permettant la création de flux de lecture séquentielle de caractères et **System.IO.TextWriter** pour la classe permettant la création de flux d'écriture séquentielle de caractères.

Les **classes concrètes** et donc pratiques, qui sont fournies par NetFramework et qui implémentent ces deux classes abstraites sont :

**System.IO.StreamReader** qui dérive et implémente **System.IO.TextReader**.

**System.IO.StreamWriter** qui dérive et implémente **System.IO.TextWriter**.

## Entrées/Sorties synchrone - asynchrone

### synchrone

Les accès des flux aux données ( lecture par **Read** ou écriture de base par **Write** ) sont par défaut en mode **synchrone** c'est à dire : la méthode qui est en train de lire ou d'écrire dans le flux elle ne peut exécuter aucune autre tâche jusqu'à ce que l'opération de lecture ou d'écriture soit achevée. Le traitement des entrées/sorties est alors "**séquentiel**".

### asynchrone

Ceci peut être pénalisant si l'application travaille sur de grandes quantités de données et surtout lorsque plusieurs entrées/sorties doivent avoir lieu "en même temps", dans cette éventualité NetFramework fournit des entrées/sorties multi-threadées (qui peuvent avoir lieu "en même temps") avec les méthodes **asynchrones** de lecture **BeginRead** et **EndRead** et d'écriture **BeginWrite** et **EndWrite** ). Dans le cas d'utilisation de méthodes asynchrones, le thread principal peut continuer à effectuer d'autres tâches : le traitement des entrées/sorties est alors "**parallèle**".

## Tampon ( Buffer )

Les flux du NetFramework sont tous par défauts "bufférisés" contrairement à Java. Dans le NetFramework, un flux (un objet de classe Stream) est une abstraction d'une séquence d'octets, telle qu'un fichier, un périphérique d'entrée/sortie, un canal de communication à processus interne, ou un socket TCP/IP. En C#, un objet flux de classe Stream possède une propriété de longueur **Length** qui indique combien d'octets peuvent être traités par le flux. En outre un objet flux possède aussi une méthode **SetLength( long val )** qui définit la longueur du flux : cette mémoire intermédiaire associée au flux est aussi appelée **mémoire tampon** (**Buffer** en Anglais) du flux.

Lorsqu'un flux travaille sur des caractères, on peut faire que l'application lise ou écrive les caractères les uns après les autres en réglant la longueur du flux à 1 caractère (correspondance avec les flux non bufférisés de Java) :



On peut aussi faire que l'application lise ou écrive les caractères par groupes en réglant la longueur du flux à n caractères (correspondance avec les flux bufférisés de Java) :



### 2.3 Création d'un fichier de texte avec des données

#### Exemple d'utilisation des 2 classes précédentes.

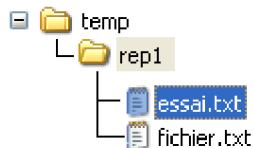
Supposons que nous ayons l'architecture suivante sur le disque C:



Il est possible de créer un nouveau fichier sur le disque dur et d'ouvrir un flux en écriture sur ce fichier en utilisant le constructeur de la classe **System.IO.StreamWriter** :

```
StreamWriter fluxWrite = new StreamWriter(@"c:\temp\rep1\essai.txt");
```

Voici le résultat obtenu par la ligne de code précédente sur le disque dur :



Le programme C# ci-dessous permet de créer le fichier texte nommé **essai.txt** et d'écrire des lignes de texte dans ce fichier avec la méthode **WriteLine(...)** de la classe **StreamWriter**, puis de lire le contenu selon le schéma ci-après avec la méthode **ReadLine()** de la classe **StreamReader** :



#### Code source C# correspondant :

```
if (!File.Exists( @"c:\temp\rep1\essai.txt" )) {
    // création d'un fichier texte et ouverture d'un flux en écriture sur ce fichier
    StreamWriter fluxWrite = new StreamWriter(@"c:\temp\rep1\essai.txt");
    Console.WriteLine("Fichier essai.text créé sur le disque dur.");
```

```

Console.WriteLine("Il n'écrase pas les données déjà présentes");

// écriture de lignes de texte dans le fichier à travers le flux :
for ( int i = 1; i<10; i++)
    fluxWrite.WriteLine("texte stocké par programme ligne N : "+i);
    fluxWrite.Close(); // fermeture du flux impérative pour sauvegarde des données
}

Console.WriteLine("Contenu du fichier essai.txt déjà présent :");
// création et ouverture d'un flux en lecture sur ce fichier
StreamReader fluxRead = new StreamReader(@"c:\temp\rep1\essai.txt");

// lecture des lignes de texte dans le fichier à travers le flux
string ligne;
while ( ( ligne = fluxRead.ReadLine() ) != null )
    Console.WriteLine(ligne);
    fluxRead.Close(); // fermeture du flux

```

## 2.4 Copie des données d'un fichier texte dans un autre

Nous utilisons l'instruction **using** qui définit un bloc permettant d'instancier un objet local au bloc à la fin duquel un objet est désalloué.

Un bloc **using** instanciant un objet de flux en lecture :

```
using ( StreamReader fluxRead = new StreamReader( ...) ) { ....BLOC.... }
```

Un bloc **using** instanciant un objet de flux en écriture :

```
using (StreamWriter fluxWrite = new StreamWriter( ...)) { ....BLOC.... }
```

### Code source C# créant le fichier essai.txt :

```

if ( !File.Exists( @"c:\temp\rep1\essai.txt" ) ) {
    using (StreamWriter fluxWrite = new StreamWriter(@"c:\temp\rep1\essai.txt"))
    {
        Console.WriteLine("Fichier essai.text créé sur le disque dur.");
        Console.WriteLine("Il n'écrase pas les données déjà présentes");
        // écriture de lignes de texte dans le fichier à travers le flux :
        for ( int i = 1; i<10; i++)
            fluxWrite.WriteLine("texte stocké par programme ligne N : "+i);
    } // fermeture et désallocation de l'objet fluxWrite
}

```

### Code source C# lisant le contenu du fichier essai.txt :

```

Console.WriteLine("Contenu du fichier 'essai.txt' déjà présent :");
using ( StreamReader fluxRead = new StreamReader(@"c:\temp\rep1\essai.txt"))
{
    string ligne;

```

```

// lecture des lignes de texte dans le fichier à travers le flux :
while ((ligne = fluxRead.ReadLine()) != null)
    Console.WriteLine(ligne);
    Console.WriteLine("\nRecopie en cours ...");
} // fermeture et désallocation de l'objet fluxRead

```

**Code source C# recopiant le contenu du fichier essai.txt, créant le fichier CopyEssai.txt et recopiant le contenu de essai.txt :**

```

using (StreamReader fluxRead = new StreamReader(@"c:\temp\rep1\essai.txt"))
{
    StreamWriter fluxWrite = new StreamWriter(@"c:\temp\rep1\CopyEssai.txt");
    string ligne;
    // on lit dans essai.txt à travers fluxRead et on écrit dans
    // CopyEssai.txt à travers fluxWrite :
    while ((ligne = fluxRead.ReadLine()) != null)
        fluxWrite.WriteLine("copie < " + ligne + ">");
    fluxWrite.Close(); // fermeture de fluxWrite
} // fermeture et désallocation de l'objet fluxRead

```

**Code source C# lisant le contenu du fichier CopyEssai.txt :**

```

using (StreamReader fluxRead = new StreamReader(@"c:\temp\rep1\essai.txt"))
{
    Console.WriteLine("\nContenu de la copie 'copyEssai.txt' :");
    string ligne;
    // lecture des lignes de texte du nouveau fichier copié fichier à travers le flux :
    while ((ligne = fluxRead.ReadLine()) != null)
        Console.WriteLine(ligne);
} // fermeture et désallocation de l'objet fluxRead

```

**Résultat d'exécution du code précédent :**

Contenu du fichier 'essai.text' déjà présent :  
texte stocké par programme ligne N : 1  
texte stocké par programme ligne N : 2  
.....  
texte stocké par programme ligne N : 9

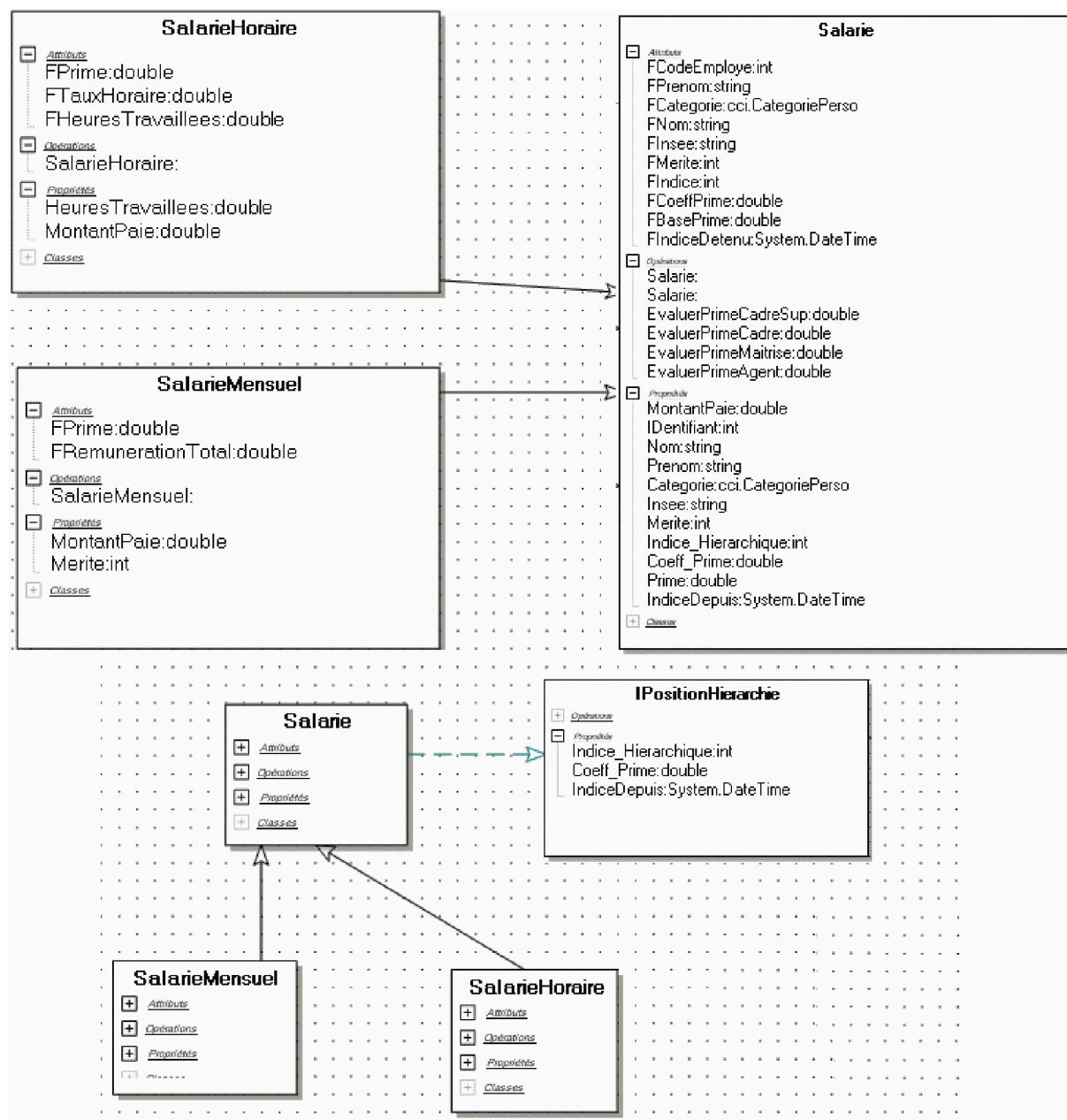
Recopie en cours ...  
Contenu de la copie 'copyEssai.txt' :  
copie < texte stocké par programme ligne N : 1 >  
copie < texte stocké par programme ligne N : 2 >  
.....  
copie < texte stocké par programme ligne N : 9 >

### 3. Exercice de fichier de salariés avec une IHM

Soit à écrire un programme C# gérant en saisie et en consultation un fichier des salariés d'une petite entreprise.

Ci-dessous les éléments à écrire en mode console d'abord, puis ensuite créez vous-mêmes une interface interactive.

Soit les diagrammes de classe suivants :



Le programme travaille sur un fichier d'objets de classe Salarie :



Un exemple d'IHM possible pour ce programme de gestion de salariés :

World Company - consultation sur un salarié du fichier

nom	Nightingale	coef. prime annuelle	dimanche 14 août 2005
prénom	Florence	10 %	123456 : Euton, Jeanne
INSEE	2120599254193	20 %	123457 : Yonaize, Mah
Mérite	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 4	30 %	123458 : Ziaire, Marie
	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 5	40 %	123459 : Louga, Belle
	<input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 6	50 %	123460 : Miett, Hamas
		60 %	123461 : Kong, King
		70 %	123462 : Zaume, Philippo
		80 %	123463 : Micoton, Mylène
		90 %	123464 : Labbé, terave
Catégorie :	<input checked="" type="radio"/> Cadre_Sup <input type="radio"/> Agent	montant prime annuelle	123465 : Vernes, jules
	<input type="radio"/> Cadre <input type="radio"/> Autre	87556 €	123466 : Milou, canis
	<input type="radio"/> Maîtrise	salaire mensuel effectif	123467 : Richelieu, francoise
indice	508	14592,66666	123468 : Nightingale, Florence
		<input type="button" value="Enregistrer la saisie"/>	
Saisie		Consultation	

Les informations afférentes à un salarié de l'entreprise sont stockées dans un fichier **Fiches** qui est un objet de classe FichierDeSalaries qui se trouve stocké sur le disque dur sous le nom de **fichierSalaries.txt**. Le programme travaille en mémoire centrale sur une image de ce fichier qui est rangée dans un **ArrayList** nommé **ListeSalaries** :

```
ArrayList ListeSalaries = new ArrayList ();  
FichierDeSalaries Fiches = new FichierDeSalaries ("fichierSalaries.txt" , ListeSalaries );
```

## Squelette et implémentation partielle proposés des classes de base :

```
enum CategoriePerso  
{  
    Cadre_Sup,Cadre,Maitrise,Agent,Autre  
}  
  
/// <summary>  
/// Interface définissant les propriétés de position d'un  
/// salarié dans la hiérarchie de l'entreprise.  
/// </summary>  
interface IPositionHierarchie {  
    int Indice_Hierarchique  
    {  
        get ;  
        set ;  
    }  
    double Coeff_Prime  
    {  
        get ;  
        set ;  
    }  
    DateTime IndiceDepuis  
    {  
        get ;  
        set ;  
    }  
} //fin interface IPositionHierarchie  
/// <summary>  
/// Classe de base abstraite pour le personnel. Cette classe n'est  
/// pas instanciable.  
/// </summary>  
abstract class Salarie : IPositionHierarchie {  
    /// attributs identifiant le salarié :  
    private int FCodeEmploye ;  
    private string FPrenom ;  
    private CategoriePerso FCategorie ;  
    private string FNom ;  
    private string FInsee ;  
    protected int FMerite ;
```

```

private int FIndice ;
private double FCoeffPrime ;
private double FBasePrime ;
private DateTime FIndiceDetenu ;

//le constructeur de la classe employé au mérite :
public Salarie ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie,
string Insee, int Merite, int Indice, double CoeffPrime )
{
    FCodeEmploye = IDentifiant ;
    FNom = Nom ;
    FPrenom = Prenom ;
    FCategorie = Categorie ;
    FInsee = Insee ;
    FMerite = Merite ;
    FIndice = Indice ;
    FCoeffPrime = CoeffPrime ;
    FIndiceDetenu = DateTime.Now ;
    switch ( FCategorie ) {
        case CategoriePerso.Cadre_Sup : FBasePrime = 2000 ; break ;
        case CategoriePerso.Cadre : FBasePrime = 1000 ; break ;
        case CategoriePerso.Maitrise : FBasePrime = 500 ; break ;
        case CategoriePerso.Agent : FBasePrime = 200 ; break ;
    }
}
//le constructeur de la classe employé sans mérite :
public Salarie ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie, string
Insee ): this( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee,0,0,0 ) {

}

protected double EvaluerPrimeCadreSup ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 8 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 7 ;
}
protected double EvaluerPrimeCadre ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 6 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 5 ;
}
protected double EvaluerPrimeMaitrise ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 4 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 3 ;
}
protected double EvaluerPrimeAgent ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 2 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 2 ;
}
// propriété abstraite donnant le montant du salaire
//(virtual automatiquement)
abstract public double MontantPaie { get ; }
// propriété identifiant le salarié dans l'entreprise :
public int IDentifiant {
    get { return FCodeEmploye ; }
}
// propriété nom du salarié :

```

```

public string Nom {
    get { return FNom; }
    set { FNom = value; }
}
/// propriété nom du salarié :
public string Prenom {
    get { return FPrenom; }
    set { FPrenom = value; }
}
/// propriété catégorie de personnel du salarié :
public CategoriePerso Categorie {
    get { return FCategorie; }
    set { FCategorie = value; }
}
/// propriété n°; de sécurité sociale du salarié :
public string Insee {
    get { return FInsee; }
    set { FInsee = value; }
}
/// propriété de point de mérite du salarié :
public virtual int Merite {
    get { return FMerite; }
    set { FMerite = value; }
}
/// propriété classement indiciaire dans la hiérarchie :
public int Indice_Hierarchique {
    get { return FIndice; }
    set {
        FIndice = value;
    }
    //--Maj de la date de détention du nouvel indice :
    IndiceDepuis = DateTime.Now;
}
/// propriété coefficient de la prime en %:
public double Coeff_Prime {
    get { return FCoeffPrime; }
    set { FCoeffPrime = value; }
}
/// propriété valeur de la prime :
public double Prime {
    get {
        switch ( FCategorie )
        {
            case CategoriePerso.Cadre_Sup : return EvaluerPrimeCadreSup ( FMerite );
            case CategoriePerso.Cadre : return EvaluerPrimeCadre ( FMerite );
            case CategoriePerso.Maitrise : return EvaluerPrimeMaitrise ( FMerite );
            case CategoriePerso.Agent : return EvaluerPrimeAgent ( FMerite );
            default : return EvaluerPrimeAgent ( 0 );
        }
    }
}

```

```

/// date à laquelle l'indice actuel a été obtenu :
public DateTime IndiceDepuis {
    get { return FIndiceDetenu ; }
    set { FIndiceDetenu = value ; }
}
//fin classe Salarie

/// <summary>
/// Classe du personnel mensualisé. Implémente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>
class SalarieMensuel : Salarie
{
    /// attributs du salaire annuel :
    private double FPrime ;
    private double FRemunerationTotal ;

    ///le constructeur de la classe (salarié au mérite) :
    public SalarieMensuel ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso
Categorie, string Insee, int Merite, int Indice, double CoeffPrime, double
RemunerationTotal ) :base ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee, Merite, Indice,
CoeffPrime )
    {
        FPrime = this.Prime ;
        FRemunerationTotal = RemunerationTotal ;
    }
    /// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire :
    public override double MontantPaie {
        get { return ( FRemunerationTotal + this.Prime ) / 12 ; }
    }

    /// propriété de point de mérite du salarié :
    public override int Merite {
        get { return FMerite ; }
        set {
            FMerite = value ;
            FPrime = this.Prime ;
        }
    }
}
//fin classe SalarieMensuel

/// <summary>
/// Classe du personnel horaire. Implemente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>
class SalarieHoraire : Salarie
{
    /// attributs permettant le calcul du salaire :
    private double FPrime ;
    private double FTauxHoraire ;

```

```

private double FHeuresTravailles ;

///le constructeur de la classe (salarié non au mérite):
public SalarieHoraire ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, string Insee, double
TauxHoraire ): base ( IDentifiant, Nom, Prenom, CategoriePerso.Autre, Insee )
{
    FTauxHoraire = TauxHoraire ;
    FHeuresTravailles = 0 ;
    FPrime = 0 ;
}
/// nombre d'heures effectuées :
public double HeuresTravailles {
    get { return FHeuresTravailles ; }
    set { FHeuresTravailles = value ; }
}
/// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire :
public override double MontantPaie {
    get { return FHeuresTravailles * FTauxHoraire + FPrime ; }
}
}//fin classe SalarieHoraire

class FichierDeSalaries
{
    private string Fchemin ;
    private ArrayList FListeEmployes ; // liste des nouveaux employés à entrer dans le fichier
    private ArrayList indexCadreSup ; // Table d'index des cadres supérieurs du fichier

    // méthode static affichant un objet Salarie à la console :
    public static void AfficherUnSalarie ( Salarie Employe ) {
        // pour l'instant un salarié mensualisé seulement
    }
    // constructeur de la classeFichierDeSalaries
    public FichierDeSalaries ( string chemin, ArrayList Liste ) {

    }
    // méthode de création de la table d'index des cadre_sup :
    public void CreerIndexCadreSup () {

    }
    // méthode convertissant le champ string catégorie en la constante enum associée
    private CategoriePerso strToCategorie ( string s ) {

    }
    // méthode renvoyant un objet SalarieMensuel de rang fixé dans le fichier
    private Salarie EditerUnSalarie ( int rang ) {
        SalarieMensuel perso ;
        .....
        perso = new SalarieMensuel ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee,
            Merite, Indice, CoeffPrime, RemunerationTotal );
        .....
        return perso ;
    }
}

```

```

}

// méthode affichant sur la console à partir de la table d'index :
public void EditerFichierCadreSup ()
{
    .....
    foreach( int ind in indexCadreSup )
    {
        AfficherUnSalarie ( EditerUnSalarie ( ind ) );
    }
    .....
}

// méthode affichant sur la console le fichier de tous les salariés :
public void EditerFichierSalaries () {

}

// méthode créant et stockant des salariés dans le fichier :
public void StockerSalaries ( ArrayList ListeEmploy )
{
    .....
    // si le fichier n'existe pas => création du fichier sur disque :
    StreamWriter fichierSortie = File.CreateText ( Fchemin );
    fichierSortie.WriteLine ("Fichier des personnels");
    fichierSortie.Close ();

    .....
    // ajout dans le fichier de toute la liste :
    .....
    foreach( Salarie s in ListeEmploy )
    {
        ...
    }
    .....
}
} //fin classe FichierDeSalaries

```

**Implémenter les classes avec le programme de test suivant :**

```

class ClassUsesSalarie
{
    /// <summary>
    /// Le point d'entrée principal de l'application.
    /// </summary>
    static void InfoSalarie ( SalarieMensuel empl )
    {
        FichierDeSalaries.AfficherUnSalarie ( empl );
        double coefPrimeLoc = empl.Coeff_Prime ;
        int coefMeriteLoc = empl.Merite ;
        //--impact variation du coef de prime
        for( double i = 0.5 ; i < 1 ; i += 0.1 )
        {
            empl.Coeff_Prime = i ;
        }
    }
}

```

```

Console .WriteLine (" coeff prime : " + empl.Coeff_Prime );
Console .WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
Console .WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
}
Console .WriteLine (" -----");
empl.Coeff_Prime = coefPrimeLoc ;
//--impact variation du coef de mérite
for( int i = 0 ; i < 10 ; i ++ )
{
    empl.Merite = i ;
    Console .WriteLine (" coeff mérite : " + empl.Merite );
    Console .WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
    Console .WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
}
empl.Merite = coefMeriteLoc ;
Console .WriteLine ("=====");
}

[STAThread]
static void Main ( string [] args )
{
    SalarieMensuel Employe1 = new SalarieMensuel ( 123456, "Euton" , "Jeanne" ,
        CategoriePerso.Cadre_Sup, "2780258123456" ,6,700,0.5,50000 );
    SalarieMensuel Employe2 = new SalarieMensuel ( 123457, "Yonaize" , "Mah" ,
        CategoriePerso.Cadre, "1821113896452" ,5,520,0.42,30000 );
    SalarieMensuel Employe3 = new SalarieMensuel ( 123458, "Zaire" , "Marie" ,
        CategoriePerso.Maitrise, "2801037853781" ,2,678,0.6,20000 );
    SalarieMensuel Employe4 = new SalarieMensuel ( 123459, "Louga" , "Belle" ,
        CategoriePerso.Agent, "2790469483167" ,4,805,0.25,20000 );

ArrayList ListeSalaries = new ArrayList ();
ListeSalaries.Add ( Employe1 );
ListeSalaries.Add ( Employe2 );
ListeSalaries.Add ( Employe3 );
ListeSalaries.Add ( Employe4 );
foreach( SalarieMensuel s in ListeSalaries )
    InfoSalarie ( s );
Console .WriteLine (">>> Promotion indice de " + Employe1.Nom + " dans 2 secondes.");
Thread.Sleep ( 2000 );
Employe1.Indice_Hierarchique = 710 ;
InfoSalarie ( Employe1 );
-----//
FichierDeSalaries Fiches = new FichierDeSalaries ("fichierSalaries.txt" ,ListeSalaries );
Console .WriteLine (">>> Attente 3 s pour création de nouveaux salariés");
Thread.Sleep ( 3000 );
Employe1 = new SalarieMensuel ( 123460, "Miett" , "Hamas" ,
    CategoriePerso.Cadre_Sup, "1750258123456" ,4,500,0.7,42000 );
Employe2 = new SalarieMensuel ( 123461, "Kong" , "King" ,
    CategoriePerso.Cadre, "1640517896452" ,4,305,0.62,28000 );
Employe3 = new SalarieMensuel ( 123462, "Zaume" , "Philippo" ,
    CategoriePerso.Maitrise, "1580237853781" ,2,245,0.8,15000 );

```

```

Employe4 = new SalarieMensuel ( 123463, "Micoton" , "Mylène" ,
    CategoriePerso.Agent, "2850263483167" ,4,105,0.14,12000 );
ListeSalaries = new ArrayList ();
ListeSalaries.Add ( Employe1 );
ListeSalaries.Add ( Employe2 );
ListeSalaries.Add ( Employe3 );
ListeSalaries.Add ( Employe4 );
Fiches.StockerSalaries ( ListeSalaries );
Fiches.EditerFichierSalaries ();
Fiches.CreerIndexCadreSup ();
Fiches.EditerFichierCadreSup ();
System.Console.ReadLine ();
}
}
}

```

**Exemple de résultats obtenus avec le programme de test précédent :**

**fichierSalaries.txt :**

Fichier des personnels

```

123456
Euton
Jeanne
*Cadre_Sup
2780258123456
6
710
15/02/2004 19:52:38
0,5
152970
16914,1666666667
123457
Yonaize
Mah
*Cadre
1821113896452
5
520
15/02/2004 19:52:36
0,42
57200
7266,6666666667
123458
Ziaire
Marie
*Maitrise
2801037853781
2
678
15/02/2004 19:52:36

```

0,6  
34434  
4536,16666666667  
123459  
Louga  
Belle  
\*Agent  
2790469483167  
4  
805  
15/02/2004 19:52:36  
0,25  
7010  
2250,83333333333  
123460  
Miett  
Hamas  
\*Cadre\_Sup  
1750258123456  
4  
500  
15/02/2004 19:52:41  
0,7  
188300  
19191,6666666667  
123461  
Kong  
King  
\*Cadre  
1640517896452  
4  
305  
15/02/2004 19:52:41  
0,62  
78405  
8867,08333333333  
123462  
Zaume  
Philippo  
\*Maitrise  
1580237853781  
2  
245  
15/02/2004 19:52:41  
0,8  
43935  
4911,25  
123463  
Micoton  
Mylène  
\*Agent

2850263483167

4

105

15/02/2004 19:52:41

0,14

3234

1269,5

---

### Résultats console :

Employé n°;123456: Euton / Jeanne

n°; SS : 2780258123456

catégorie : Cadre\_Sup

indice hiérarchique : 700 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:36

coeff mérite : 6

coeff prime : 0,5

montant prime annuelle : 152900

montant paie mensuelle: 16908,3333333333

coeff prime : 0,5

montant prime annuelle : 152900

montant paie mensuelle: 16908,3333333333

coeff prime : 0,6

montant prime annuelle : 182500

montant paie mensuelle: 19375

coeff prime : 0,7

montant prime annuelle : 212100

montant paie mensuelle: 21841,6666666667

coeff prime : 0,8

montant prime annuelle : 241700

montant paie mensuelle: 24308,3333333333

coeff prime : 0,9

montant prime annuelle : 271300

montant paie mensuelle: 26775

coeff prime : 1

montant prime annuelle : 300900

montant paie mensuelle: 29241,6666666667

---

coeff mérite : 0

montant prime annuelle : 104900

montant paie mensuelle: 12908,3333333333

coeff mérite : 1

montant prime annuelle : 112900

montant paie mensuelle: 13575

coeff mérite : 2

montant prime annuelle : 120900

montant paie mensuelle: 14241,6666666667

coeff mérite : 3

montant prime annuelle : 128900

montant paie mensuelle: 14908,3333333333

coeff mérite : 4

montant prime annuelle : 136900

montant paie mensuelle: 15575  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 144900  
montant paie mensuelle: 16241,6666666667  
coeff mérite : 6  
montant prime annuelle : 152900  
montant paie mensuelle: 16908,3333333333  
coeff mérite : 7  
montant prime annuelle : 160900  
montant paie mensuelle: 17575  
coeff mérite : 8  
montant prime annuelle : 168900  
montant paie mensuelle: 18241,6666666667  
coeff mérite : 9  
montant prime annuelle : 176900  
montant paie mensuelle: 18908,3333333333

---

Employé n°;123457: Yonaize / Mah  
n°; SS : 1821113896452  
catégorie : Cadre  
indice hiérarchique : 520 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:36  
coeff mérite : 5  
coeff prime : 0,42  
montant prime annuelle : 57200  
montant paie mensuelle: 7266,6666666667  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 67600  
montant paie mensuelle: 8133,3333333333  
coeff prime : 0,6  
montant prime annuelle : 80600  
montant paie mensuelle: 9216,6666666667  
coeff prime : 0,7  
montant prime annuelle : 93600  
montant paie mensuelle: 10300  
coeff prime : 0,8  
montant prime annuelle : 106600  
montant paie mensuelle: 11383,3333333333  
coeff prime : 0,9  
montant prime annuelle : 119600  
montant paie mensuelle: 12466,6666666667  
coeff prime : 1  
montant prime annuelle : 132600  
montant paie mensuelle: 13550

---

coeff mérite : 0  
montant prime annuelle : 44600  
montant paie mensuelle: 6216,6666666667  
coeff mérite : 1  
montant prime annuelle : 47120  
montant paie mensuelle: 6426,6666666667  
coeff mérite : 2

montant prime annuelle : 49640  
montant paie mensuelle: 6636,6666666667  
coeff mérite : 3  
montant prime annuelle : 52160  
montant paie mensuelle: 6846,6666666667  
coeff mérite : 4  
montant prime annuelle : 54680  
montant paie mensuelle: 7056,6666666667  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 57200  
montant paie mensuelle: 7266,6666666667  
coeff mérite : 6  
montant prime annuelle : 59720  
montant paie mensuelle: 7476,6666666667  
coeff mérite : 7  
montant prime annuelle : 62240  
montant paie mensuelle: 7686,6666666667  
coeff mérite : 8  
montant prime annuelle : 64760  
montant paie mensuelle: 7896,6666666667  
coeff mérite : 9  
montant prime annuelle : 67280  
montant paie mensuelle: 8106,6666666667

---

Employé n°;123458: Ziaire / Marie  
n°; SS : 2801037853781  
catégorie : Maitrise  
indice hiérarchique : 678 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:36  
coeff mérite : 2  
coeff prime : 0,6  
montant prime annuelle : 34434  
montant paie mensuelle: 4536,1666666667  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 29034  
montant paie mensuelle: 4086,1666666667  
coeff prime : 0,6  
montant prime annuelle : 34434  
montant paie mensuelle: 4536,1666666667  
coeff prime : 0,7  
montant prime annuelle : 39834  
montant paie mensuelle: 4986,1666666667  
coeff prime : 0,8  
montant prime annuelle : 45234  
montant paie mensuelle: 5436,1666666667  
coeff prime : 0,9  
montant prime annuelle : 50634  
montant paie mensuelle: 5886,1666666667  
coeff prime : 1  
montant prime annuelle : 56034  
montant paie mensuelle: 6336,1666666667

---

coeff mérite : 0  
montant prime annuelle : 32034  
montant paie mensuelle: 4336,16666666667  
coeff mérite : 1  
montant prime annuelle : 33234  
montant paie mensuelle: 4436,16666666667  
coeff mérite : 2  
montant prime annuelle : 34434  
montant paie mensuelle: 4536,16666666667  
coeff mérite : 3  
montant prime annuelle : 35634  
montant paie mensuelle: 4636,16666666667  
coeff mérite : 4  
montant prime annuelle : 36834  
montant paie mensuelle: 4736,16666666667  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 38034  
montant paie mensuelle: 4836,16666666667  
coeff mérite : 6  
montant prime annuelle : 39234  
montant paie mensuelle: 4936,16666666667  
coeff mérite : 7  
montant prime annuelle : 40434  
montant paie mensuelle: 5036,16666666667  
coeff mérite : 8  
montant prime annuelle : 41634  
montant paie mensuelle: 5136,16666666667  
coeff mérite : 9  
montant prime annuelle : 42834  
montant paie mensuelle: 5236,16666666667

---

Employé n°;123459: Louga / Belle  
n°; SS : 2790469483167  
catégorie : Agent  
indice hiérarchique : 805 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:36  
coeff mérite : 4  
coeff prime : 0,25  
montant prime annuelle : 7010  
montant paie mensuelle: 2250,8333333333  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 12410  
montant paie mensuelle: 2700,8333333333  
coeff prime : 0,6  
montant prime annuelle : 14570  
montant paie mensuelle: 2880,8333333333  
coeff prime : 0,7  
montant prime annuelle : 16730  
montant paie mensuelle: 3060,8333333333  
coeff prime : 0,8  
montant prime annuelle : 18890  
montant paie mensuelle: 3240,8333333333

coeff prime : 0,9  
montant prime annuelle : 21050  
montant paie mensuelle: 3420,83333333333  
coeff prime : 1  
montant prime annuelle : 23210  
montant paie mensuelle: 3600,83333333333

---

coeff mérite : 0  
montant prime annuelle : 6610  
montant paie mensuelle: 2217,5  
coeff mérite : 1  
montant prime annuelle : 6710  
montant paie mensuelle: 2225,83333333333  
coeff mérite : 2  
montant prime annuelle : 6810  
montant paie mensuelle: 2234,16666666667  
coeff mérite : 3  
montant prime annuelle : 6910  
montant paie mensuelle: 2242,5  
coeff mérite : 4  
montant prime annuelle : 7010  
montant paie mensuelle: 2250,83333333333  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 7110  
montant paie mensuelle: 2259,16666666667  
coeff mérite : 6  
montant prime annuelle : 7210  
montant paie mensuelle: 2267,5  
coeff mérite : 7  
montant prime annuelle : 7310  
montant paie mensuelle: 2275,83333333333  
coeff mérite : 8  
montant prime annuelle : 7410  
montant paie mensuelle: 2284,16666666667  
coeff mérite : 9  
montant prime annuelle : 7510  
montant paie mensuelle: 2292,5

---

>>> Promotion indice de Euton dans 2 secondes.  
Employé n°123456: Euton / Jeanne  
n° SS : 2780258123456  
catégorie : Cadre\_Sup  
indice hiérarchique : 710 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:38  
coeff mérite : 6  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 152970  
montant paie mensuelle: 16914,16666666667  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 152970  
montant paie mensuelle: 16914,16666666667  
coeff prime : 0,6

montant prime annuelle : 182570  
montant paie mensuelle: 19380,8333333333  
coeff prime : 0,7  
montant prime annuelle : 212170  
montant paie mensuelle: 21847,5  
coeff prime : 0,8  
montant prime annuelle : 241770  
montant paie mensuelle: 24314,1666666667  
coeff prime : 0,9  
montant prime annuelle : 271370  
montant paie mensuelle: 26780,8333333333  
coeff prime : 1  
montant prime annuelle : 300970  
montant paie mensuelle: 29247,5

---

coeff mérite : 0  
montant prime annuelle : 104970  
montant paie mensuelle: 12914,1666666667  
coeff mérite : 1  
montant prime annuelle : 112970  
montant paie mensuelle: 13580,8333333333  
coeff mérite : 2  
montant prime annuelle : 120970  
montant paie mensuelle: 14247,5  
coeff mérite : 3  
montant prime annuelle : 128970  
montant paie mensuelle: 14914,1666666667  
coeff mérite : 4  
montant prime annuelle : 136970  
montant paie mensuelle: 15580,8333333333  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 144970  
montant paie mensuelle: 16247,5  
coeff mérite : 6  
montant prime annuelle : 152970  
montant paie mensuelle: 16914,1666666667  
coeff mérite : 7  
montant prime annuelle : 160970  
montant paie mensuelle: 17580,8333333333  
coeff mérite : 8  
montant prime annuelle : 168970  
montant paie mensuelle: 18247,5  
coeff mérite : 9  
montant prime annuelle : 176970  
montant paie mensuelle: 18914,1666666667

---

>>> Attente 3 s pour création de nouveaux salariés  
Fichier des personnels  
123456  
Euton  
Jeanne

\*Cadre\_Sup  
2780258123456  
6  
710  
15/02/2004 19:52:38  
0,5  
152970  
16914,1666666667  
123457  
Yonaize  
Mah  
\*Cadre  
1821113896452  
5  
520  
15/02/2004 19:52:36  
0,42  
57200  
7266,6666666667  
123458  
Ziaire  
Marie  
\*Maîtrise  
2801037853781  
2  
678  
15/02/2004 19:52:36  
0,6  
34434  
4536,1666666667  
123459  
Louga  
Belle  
\*Agent  
2790469483167  
4  
805  
15/02/2004 19:52:36  
0,25  
7010  
2250,8333333333  
123460  
Miett  
Hamas  
\*Cadre\_Sup  
1750258123456  
4  
500  
15/02/2004 19:52:41  
0,7  
188300

19191,6666666667  
123461  
Kong  
King  
\*Cadre  
1640517896452  
4  
305  
15/02/2004 19:52:41  
0,62  
78405  
8867,0833333333  
123462  
Zaume  
Philippo  
\*Maitrise  
1580237853781  
2  
245  
15/02/2004 19:52:41  
0,8  
43935  
4911,25  
123463  
Micoton  
Mylène  
\*Agent  
2850263483167  
4  
105  
15/02/2004 19:52:41  
0,14  
3234  
1269,5  
++> \*Cadre\_Sup : 5  
++> \*Cadre\_Sup : 49  
Employé n&deg;123456: Euton / Jeanne  
n&deg; SS : 2780258123456  
catégorie : Cadre\_Sup  
indice hiérarchique : 710 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:38  
coeff mérite : 6  
coeff prime : 0  
montant prime annuelle : 4970  
montant paie mensuelle: 414,20833333333  
Employé n&deg;123460: Miett / Hamas  
n&deg; SS : 1750258123456  
catégorie : Cadre\_Sup  
indice hiérarchique : 500 , détenu depuis : 15/02/2004 19:52:41  
coeff mérite : 4  
coeff prime : 0  
montant prime annuelle : 3500

montant paie mensuelle: 291,725

Précisons que pour pouvoir utiliser l'instruction de simulation d'attente de 2 secondes entre deux promotions, soit **Thread.Sleep ( 2000 );** il est nécessaire de déclarer dans les clauses using :

**using System.Threading;**

# Principes des bases de données

---

Plan du chapitre: 

## 1. Introduction et Généralités

## 2. Le modèle de données relationnelles

## 3. Principes fondamentaux d'une algèbre relationnelle

## 4. SQL et Algèbre relationnelle

### 1. Introduction et Généralités

#### 1.1 Notion de système d'information

L'informatique est une science du traitement de l'information, laquelle est représentée par des données Aussi, très tôt, on s'est intéressé aux diverses manières de pouvoir stocker des données

dans des mémoires auxiliaires autres que la mémoire centrale. Les données sont stockées dans des périphériques dont les supports physiques ont évolué dans le temps : entre autres, d'abord des cartes perforées, des bandes magnétiques, des cartes magnétiques, des mémoires à bulles magnétiques, puis aujourd'hui des disques magnétiques, ou des CD-ROM ou des DVD.

La notion de fichier est apparue en premier : le fichier regroupe tout d'abord des objets de même nature, des enregistrements. Pour rendre facilement exploitables les données d'un fichier, on a pensé à différentes méthodes d'accès (accès séquentiel, direct, indexé).

Toute application qui gère des systèmes physiques doit disposer de paramètres sémantiques décrivant ces systèmes afin de pouvoir en faire des traitements. Dans des systèmes de gestion de clients les paramètres sont très nombreux (noms, prénoms, adresse, n°Sécu, sport favori, est satisfait ou pas...) et divers (alphabétiques, numériques, booléens, ...).

Dès que la quantité de données est très importante, les fichiers montrent leurs limites et il a fallu trouver un moyen de stocker ces données et de les organiser d'une manière qui soit facilement accessible.

## Base de données (BD)

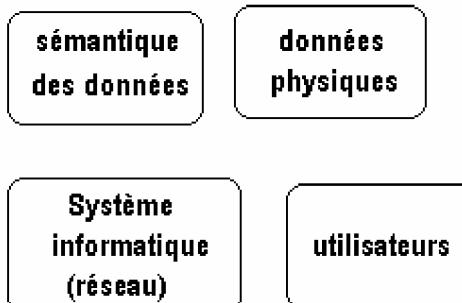
Une BD est composée de données stockées dans des mémoires de masse sous une forme structurée, et accessibles par des applications différentes et des utilisateurs différents. Une BD doit pouvoir être utilisée par plusieurs utilisateurs en "même temps".



Une base de données est structurée par définition, mais sa structuration doit avoir un caractère universel : il ne faut pas que cette structure soit adaptée à une application particulière, mais qu'elle puisse être utilisable par plusieurs applications distinctes. En effet, un même ensemble de données peut être commun à plusieurs systèmes de traitement dans un problème physique (par exemple la liste des passagers d'un avion, stockée dans une base de données, peut aussi servir au service de police à vérifier l'identité des personnes interdites de séjour, et au service des douanes pour associer des bagages aux personnes....).

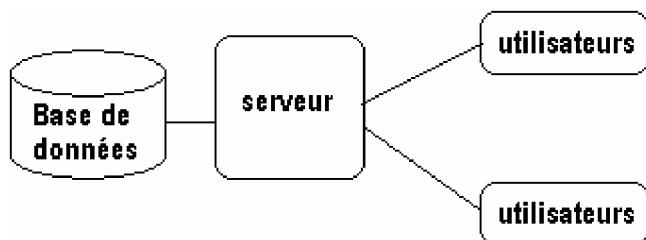
## Système d'information

Dans une entreprise ou une administration, la structure sémantique des données, leur organisation logique et physique, le partage et l'accès à de grandes quantités de données grâce à un système informatique, se nomme un système d'information.



Les entités qui composent un système d'information

L'organisation d'un SI relève plus de la gestion que de l'informatique et n'a pas exactement sa place dans un document sur la programmation. En revanche la cheville ouvrière d'un système d'information est un outil informatique appelé un **SGBD** (système de gestion de base de données) qui repose essentiellement sur un système informatique composé traditionnellement d'une **BD** et d'un réseau de postes de travail consultant ou mettant à jour les informations contenues dans la base de données, elle-même généralement située sur un ordinateur-serveur.



## Système de Gestion de Base de Données (SGBD)

Un SGBD est un ensemble de logiciels chargés d'assurer les fonctions minimales suivantes :

- q Le maintien de la cohérence des données entre elles,
- q le contrôle d'intégrité des données accédées,
- q les autorisations d'accès aux données,
- q les opérations classiques sur les données (consultation, insertion , modification, suppression)

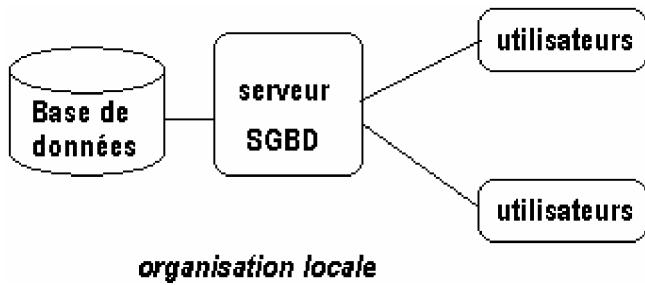
La cohérence des données est subordonnée à la définition de contraintes d'intégrité qui sont des règles que doivent satisfaire les données pour être acceptées dans la base. Les contraintes d'intégrité sont contrôlées par le moteur du SGBD :

- au niveau de chaque champ, par exemple le : prix est un nombre positif, la date de naissance est obligatoire.
- Au niveau de chaque table - voir plus loin la notion de clef primaire : deux personnes ne doivent pas avoir à la fois le même nom et le même prénom.
- Au niveau des relations entre les tables : contraintes d'intégrité référentielles.

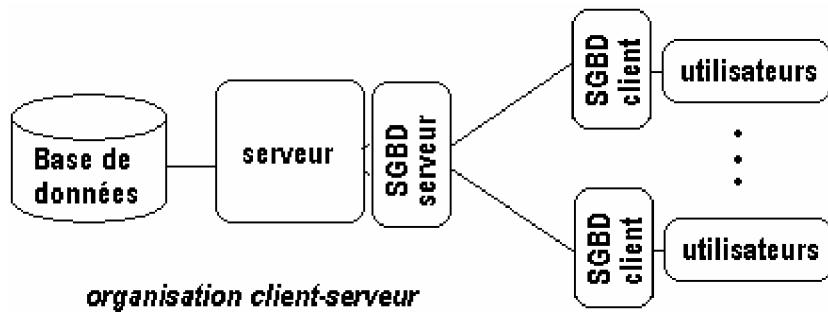
Par contre la redondance des données (formes normales) **n'est absolument pas vérifiée automatiquement** par les SGBD, il faut faire des requêtes spécifiques de recherche d'anomalies (dites post-mortem) **à postriori**, ce qui semble être une grosse lacune de ces systèmes puisque les erreurs sont déjà présentes dans la base !

On organise actuellement les SGBD selon deux modes :

**L'organisation locale** selon laquelle le SGBD réside sur la machine où se trouve la base de données :



**L'organisation client-serveur** selon laquelle sur le SGBD est réparti entre la machine serveur locale supportant la BD (partie SGBD serveur) et les machines des utilisateurs (partie SGBD client). Ce sont ces deux parties du SGBD qui communiquent entre elles pour assurer les transactions de données :



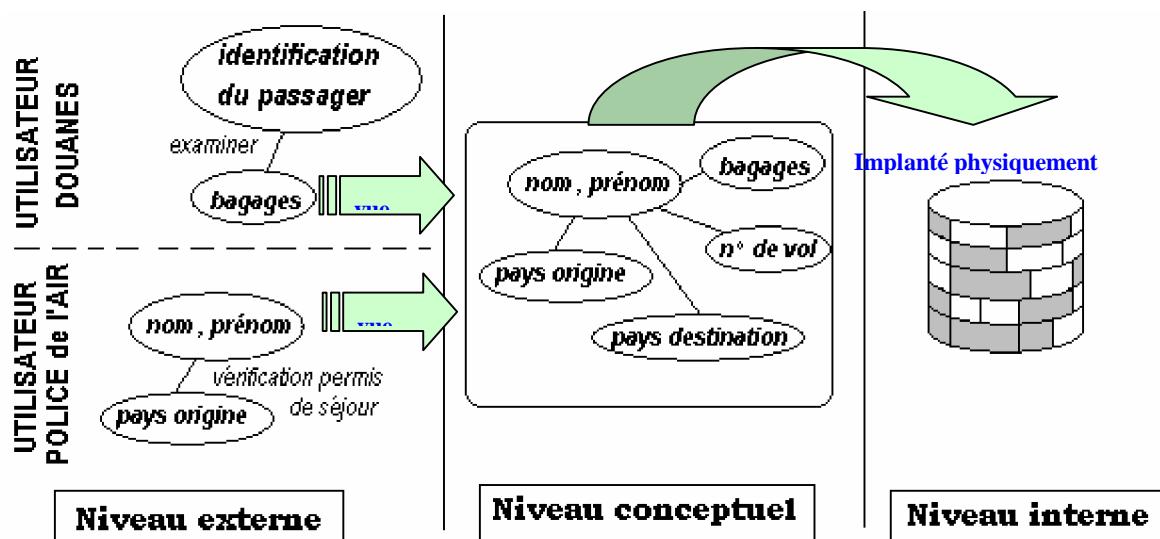
Le caractère généraliste de la structuration des données induit une description abstraite de l'objet BD (Base de données). Les applications étant indépendantes des données, ces dernières peuvent donc être manipulées et changées indépendamment du programme qui y accédera en implantant les méthodes générales d'accès aux données de la base, conformément à sa structuration abstraite. Une Base de Données peut être décrite de plusieurs points de vue, selon que l'on se place du côté de l'utilisateur ou bien du côté du stockage dans le disque dur du serveur ou encore du concepteur de la base.

Il est admis de nos jours qu'une **BD** est décrite en trois niveaux d'abstraction : un seul niveau a une existence matérielle physique et les deux autres niveaux sont une explication abstraite de ce niveau matériel.

## Les 3 niveaux d'abstraction définis par l'ANSI depuis 1975

- q **Niveau externe** : correspond à ce que l'on appelle une vue de la BD ou la façon dont sont perçues au niveau de l'utilisateur les données manipulées par une certaine application (vue abstraite sous forme de schémas)
- q **Niveau conceptuel** : correspond à la description abstraite des composants et des processus entrant dans la mise en œuvre de la BD. Le niveau conceptuel est le plus important car il est le résultat de la traduction de la description du monde réel à l'aide d'expressions et de schémas conformes à un modèle de définition des données.
- q **Niveau interne** : correspond à la description informatique du stockage physique des données (fichiers séquentiels, indexages, tables de hachage,...) sur le disque dur.

Figurons pour l'exemple des passagers d'un avion , stockés dans une base de données de la compagnie aérienne, sachant qu'en plus du personnel de la compagnie qui a une vue externe commerciale sur les passagers, le service des douanes peut accéder à un passager et à ses bagages et la police de l'air peut accéder à un passager et à son pays d'embarquement.

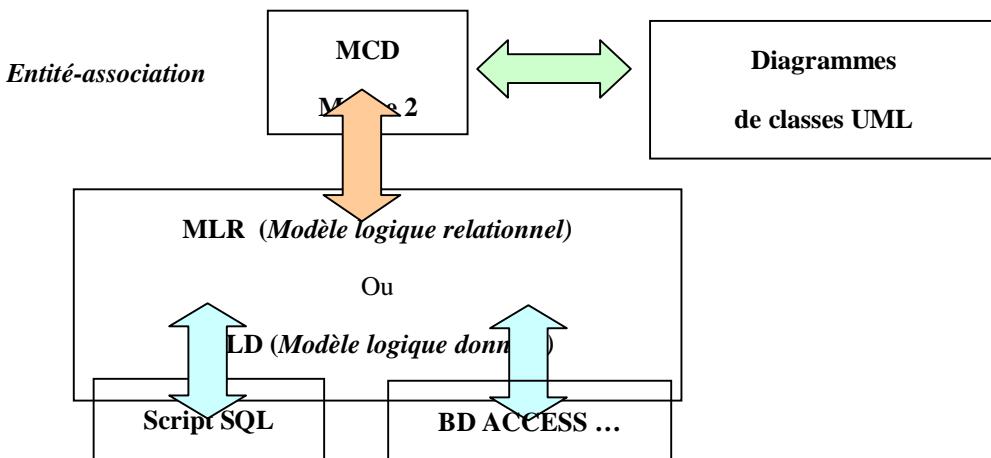


Le niveau conceptuel forme l'élément essentiel d'une BD et donc d'un SGBD chargé de gérer une BD, il est décrit avec un modèle de conception de données MCD avec la méthode française Merise qui est très largement répandu, ou bien par le formalisme des diagrammes de classes UML qui prend une part de plus en plus grande dans le formalisme de description conceptuelle des données (rappelons qu'UML est un langage de modélisation formelle, orienté objet et graphique ; Merise2 a intégré dans Merise ces concepts mais ne semble pas beaucoup être utilisé). Nous renvoyons le lecteur intéressé par cette partie aux très nombreux ouvrages écrits sur Merise ou sur UML.

Dans la pratique actuelle les logiciels de conception de BD intègrent à la fois la méthode Merise 2 et les diagrammes de classes UML. Ceci leur permet surtout la génération automatique et semi-automatique (paramétrable) de la BD à partir du modèle conceptuel sous forme de scripts (programmes simples) SQL adaptés aux différents SGBD du marché (ORACLE, SYBASE, MS-SQLSERVER,...) et les différentes versions de la BD ACCESS.

Les logiciels de conception actuels permettent aussi la rétro-génération (ou reverse engeneering) du modèle à partir d'une BD existante, cette fonctionnalité est très utile pour reprendre un travail mal documenté.

En résumé pratique :



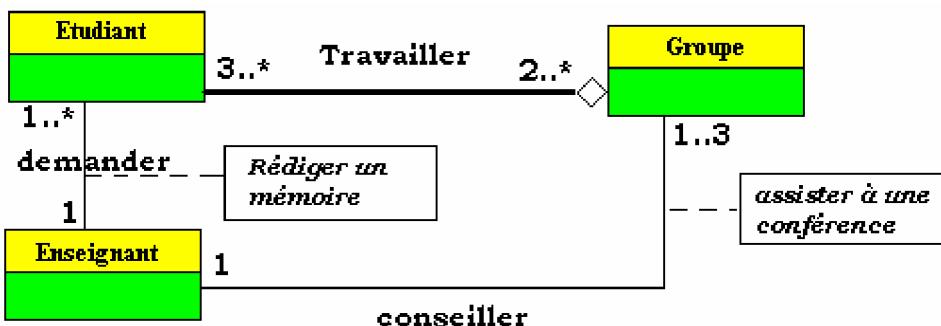
C'est en particulier le cas du logiciel français WIN-DESIGN dont une version démo est disponible à [www.win-design.com](http://www.win-design.com) et de son rival POWER-AMC (ex AMC-DESIGNOR).

Signalons enfin un petit logiciel plus modeste, très intéressant pour débuter avec version limitée seulement par la taille de l'exemple : CASE-STUDIO chez CHARONWARE. Les logiciels basés uniquement sur UML sont, à ce jour, essentiellement destinés à la génération de code source (Java, Delphi, VB, C++,...), les versions **Community** (versions logicielles libres) de ces logiciels ne permettent pas la génération de BD ni celle de scripts SQL.

Les quelques schémas qui illustreront ce chapitre seront décrits avec le langage UML.

L'exemple ci-après schématisé en UML le mini-monde universitaire réel suivant :

- q un enseignant pilote entre 1 et 3 groupes d'étudiants,
- q un enseignant demande à 1 ou plusieurs étudiants de rédiger un mémoire,
- q un enseignant peut conseiller aux groupes qu'il pilote d'aller assister à une conférence,
- q un groupe est constitué d'au moins 3 étudiants,
- q un étudiant doit s'inscrire à au moins 2 groupes.



Si le niveau conceptuel d'une BD est assis sur un modèle de conceptualisation de haut niveau (Merise, UML) des données, il est ensuite fondamentalement traduit dans le Modèle Logique de représentation des Données (MLD). Ce dernier s'implémentera selon un modèle physique des données.

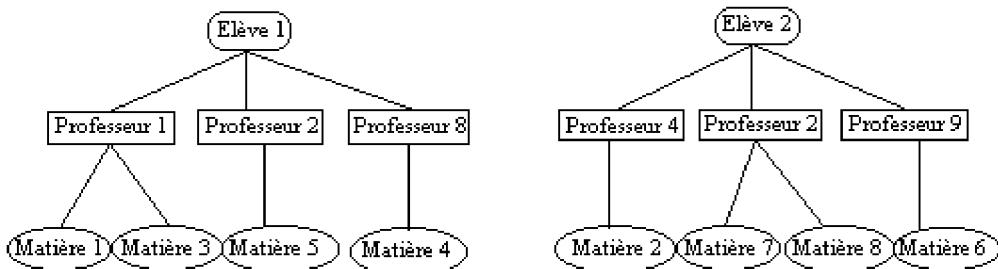
Il existe plusieurs MLD Modèles Logiques de Données et plusieurs modèles physiques, et pour un même MLD, on peut choisir entre plusieurs modèles physiques différents.

Il existe 5 grands modèles logiques pour décrire les bases de données.

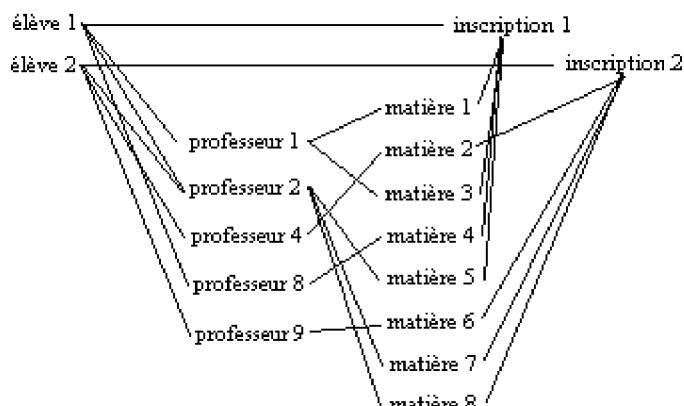
## Les modèles de données historiques

(Prenons un exemple comparatif où des élèves ont des cours donnés par des professeurs leur enseignant certaines matières (les enseignants étant pluridisciplinaires)

- **Le modèle hiérarchique:** l'information est organisée de manière arborescente, accessible uniquement à partir de la racine de l'arbre hiérarchique. Le problème est que les points d'accès à l'information sont trop restreints.



- **Le modèle réseau:** toutes les informations peuvent être associées les unes aux autres et servir de point d'accès. Le problème est la trop grande complexité d'une telle organisation.



- **Le modèle relationnel:** toutes les relations entre les objets contenant les informations sont décrites et représentées sous la forme de tableaux à 2 dimensions.

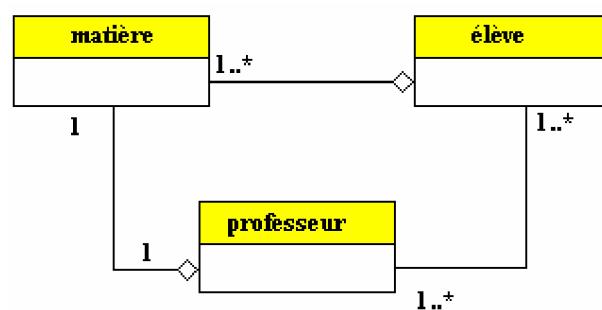
élève 1	matière 1
élève 1	matière 3
élève 1	matière 4
élève 1	matière 5
élève 2	matière 2
élève 2	matière 6
élève 2	matière 7
élève 2	matière 8

professeur 1	matière 1
professeur 1	matière 3
professeur 2	matière 5
professeur 2	matière 7
professeur 2	matière 8
professeur 4	matière 2
professeur 8	matière 4
professeur 9	matière 6

Dans ce modèle, la gestion des données (insertion, extraction,...) fonctionne selon la théorie mathématique de l'algèbre relationnelle. C'est le modèle qui allie une grande

indépendance vis à vis des données à une simplicité de description.

- **Le modèle par déduction :** comme dans le modèle relationnel les données sont décrites et représentées sous la forme de tableaux à 2 dimensions. La gestion des données (insertion, extraction,...) fonctionne selon la théorie mathématique du calcul dans la logique des prédictats. Il ne semble exister de SGBD commercial directement basé sur ce concept. Mais il est possible de considérer un programme Prolog (programmation en logique) comme une base de données car il intègre une description des données. Ce sont plutôt les logiciels de réseaux sémantiques qui sont concernés par cette approche (cf. logiciel AXON).
- **Le modèle objet :** les données sont décrites comme des classes et représentées sous forme d'objets, un modèle **relationnel-objet** devrait à terme devenir le modèle de base.



L'expérience montre que le modèle relationnel s'est imposé parce qu'il était le plus simple en terme d'indépendance des données par rapport aux applications et de facilité de représenter les données dans notre esprit. C'est celui que nous décrirons succinctement dans la suite de ce chapitre.

## 2. Le modèle de données relationnelles

Défini par EF. Codd de la société IBM dès 1970, ce modèle a été amélioré et rendu opérationnel dans les années 80 sous la forme de SBGD-R (SGBD Relationnels). Ci-dessous une liste non exhaustive de tels SGBD-R :

- Access de Microsoft,
- Oracle,
- DB2 d'IBM,
- Interbase de Borland,
- SQL server de microsoft,
- Informix,
- Sybase,
- MySQL,
- PostgreSQL, ....

Nous avons déjà vu dans un précédent chapitre, la notion de relation binaire : une relation binaire R est un sous-ensemble d'un produit cartésien de deux ensembles finis E et F que nous nommerons domaines de la relation R :

$$R \subseteq E \times F$$

Cette définition est généralisable à n domaines, nous dirons que **R** est une relation n-aire sur les domaines  $E_1, E_2, \dots, E_n$  si et seulement si :

$$R \subseteq E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n$$

Les ensembles  $E_k$  peuvent être définis comme en mathématiques : en extension ou en compréhension :

$$E_k = \{ 12, 58, 36, 47 \} \text{ en extension}$$

$$E_k = \{ x / (x \text{ est entier}) \text{ et } (x \in [1, 20]) \} \text{ en compréhension}$$

## Notation

si nous avons:  $R = \{ (v_1, v_2, \dots, v_n) \}$ ,

Au lieu d'écrire :  $(v_1, v_2, \dots, v_n) \in R$ , on écrira  $R(v_1, v_2, \dots, v_n)$

*Exemple de déclarations de relations :*

**Passager** ( nom, prénom, n° de vol, nombre de bagages) , cette relation contient les informations utiles sur un passager d'une ligne aérienne.

**Personne** ( nom, prénom) , cette relation caractérise une personne avec deux attributs

**Enseignement** ( professeur, matière) , cette relation caractérise un enseignement avec le nom de la matière et le professeur qui l'enseigne.

## Schéma d'une relation

On appelle schéma de la relation  $R : R(a_1 : E_1, a_2 : E_2, \dots, a_n : E_n)$

Où  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  sont appelés les **attributs**, chaque attribut  $a_k$  indique comment est utilisé dans la relation  $R$  le domaine  $E_k$  , chaque attribut prend sa valeur dans le domaine qu'il définit, nous notons  $\text{val}(a_k) = v_k$  où  $v_k$  est un élément (une valeur) quelconque de l'ensemble  $E_k$  (domaine de l'attribut  $a_k$  ).

Convention : lorsqu'il n'y a pas de valeur associée à un attribut dans un n-uplet, on convient de lui mettre une valeur spéciale notée **null**, indiquant l'absence de valeur de l'attribut dans ce n-uplet.

## Degré d'une relation

| On appelle degré d'une relation, le nombre d'attributs de la relation.

*Exemple de schémas de relations :*

**Passager** ( nom : chaîne, prénom : chaîne, n° de vol : entier, nombre de bagages : entier)  
relation de degré 4.

**Personne** ( nom : chaîne, prénom : chaîne) relation de degré 2.

**Enseignement** ( professeur : ListeProf, matière : ListeMat) relation de degré 2.

*Attributs : prenons le schéma de la relation **Enseignement***

**Enseignement** ( professeur : ListeProf, matière : ListeMat). C'est une relation binaire (degré 2) sur les deux domaines ListeProf et ListeMat. L'attribut professeur joue le rôle d'un paramètre formel et le domaine ListeProf celui du type du paramètre.

*Supposons que :*

ListeProf = { Poincaré, Einstein, Lavoisier, Rimbault , Planck }

ListeMat = { mathématiques, poésie , chimie , physique }

*L'attribut professeur peut prendre toutes valeurs de l'ensemble ListeProf :*

Val(professeur) = Poincaré, ...., Val(professeur) = Rimbault

*Si l'on veut dire que le poste d'enseignant de chimie n'est pas pourvu on écrira :*

Le couple ( **null** , chimie ) est un couple de la relation **Enseignement**.

## Enregistrement dans une relation

Un n-uplet  $(\text{val}(a_1), \text{val}(a_2) \dots, \text{val}(a_n)) \in R$  est appelé un enregistrement de la relation R. Un enregistrement est donc constitué de valeurs d'attributs.

Dans l'exemple précédent (Poincaré , mathématiques), (Rimbault , poésie ) , ( **null** , chimie ) sont trois enregistrements de la relation **Enseignement**.

## Clef d'une relation

Si l'on peut caractériser d'une façon **bijective** tout n-uplet d'attributs  $(a_1, a_2 \dots, a_n)$  avec seulement un sous-ensemble restreint  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  avec  $p < n$  , de ces attributs, alors ce sous-ensemble est appelé une **clef** de la relation. Une relation peut avoir plusieurs clefs, nous choisissons l'une d'elle en la désignant comme **clef primaire de la relation**.

## Clef minimale d'une relation

On a intérêt à ce que la clef **primaire soit minimale** en nombre d'attributs, car il est clair que si un sous-ensemble à p attributs  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  est une clef, tout sous-ensemble à  $p+m$  attributs dont les p premiers sont les  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  est aussi une clef :  
 $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}, a_0, a_1)$   
 $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}, a_{10}, a_5, a_9, a_2)$  sont aussi des clefs etc...

Il n'existe aucun moyen méthodique formel général pour trouver une clef primaire d'une relation, il faut observer attentivement. Par exemple :

- Le code Insee est une clef primaire permettant d'identifier les personnes.
- Si le couple (nom, prénom) peut suffire pour identifier un élève dans une classe d'élèves, et pourrait être choisi comme clef primaire, il est insuffisant au niveau d'un lycée où il est possible que l'on trouve plusieurs élèves portant le même nom et le même premier prénom ex: (martin, jean).

**Convention** : on souligne dans l'écriture d'une relation dont on a déterminé une clef primaire, les attributs faisant partie de la clef.

### Clef secondaire d'une relation

Tout autre clef de la relation qu'une clef primaire (minimale), exemple :

Si  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  est un clef primaire de R

$(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}, a_0, a_1)$  et  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}, a_{10}, a_5, a_9, a_2)$  sont des clefs secondaires.

### Clef étrangère d'une relation

Soit  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  un p-uplet d'attributs d'une relation R de degré n. [ R(  $a_1 : E_1, a_2 : E_2, \dots, a_n : E_n$  ) ]

Si  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  est une clef primaire d'une autre relation Q on dira que  $(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  est une clef étrangère de R.

**Convention** : on met un # après chaque attribut d'une clef étrangère.

*Exemple de clef secondaire et clef étrangère :*

**Passager** ( nom# : chaîne, prénom# : chaîne , n° de vol : entier, nombre de bagages : entier, n° client : entier ) relation de degré 5.

**Personne** ( nom : chaîne, prénom : chaîne , âge : entier, civilité : Etatcivil) relation de degré 4.

n° client est une clef primaire de la relation **Passager**.

( nom, n° client ) est une clef secondaire de la relation **Passager**.

( nom, n° client , n° de vol) est une clef secondaire de la relation **Passager**....etc

(nom , prénom ) est une clef primaire de la relation **Personne**, comme (nom# , prénom# ) est aussi un couple d'attributs de la relation **Passager**, c'est une clef étrangère de la relation **Passager**.

On dit aussi que dans la relation **Passager**, le couple d'attributs ( nom# , prénom# ) réfère à la relation **Personne**.

## Règle d'intégrité référentielle

Toutes les valeurs d'une clef étrangère ( $v_{k1}, v_{k2} \dots, v_{kp}$ ) se retrouvent comme valeur de la clef primaire de la relation référée (ensemble des valeurs de la clef étrangère est **inclus** au sens large dans l'ensemble des valeurs de la clef primaire)

*Reprendons l'exemple précédent*

(nom , prénom ) est une clef étrangère de la relation **Passager**, c'est donc une clef primaire de la relation **Personne** : les domaines (liste des noms et liste des prénoms associés au nom doivent être strictement les mêmes dans **Passager** et dans **Personne**, nous dirons que la clef étrangère respecte la contrainte d'intégrité référentielle.

## Règle d'intégrité d'entité

Aucun des attributs participant à une clef primaire ne peut avoir la valeur **null**.

Nous définirons la valeur **null**, comme étant une valeur spéciale n'appartenant pas à un domaine spécifique mais ajoutée par convention à tous les domaines pour indiquer qu'un champ n'est pas renseigné.

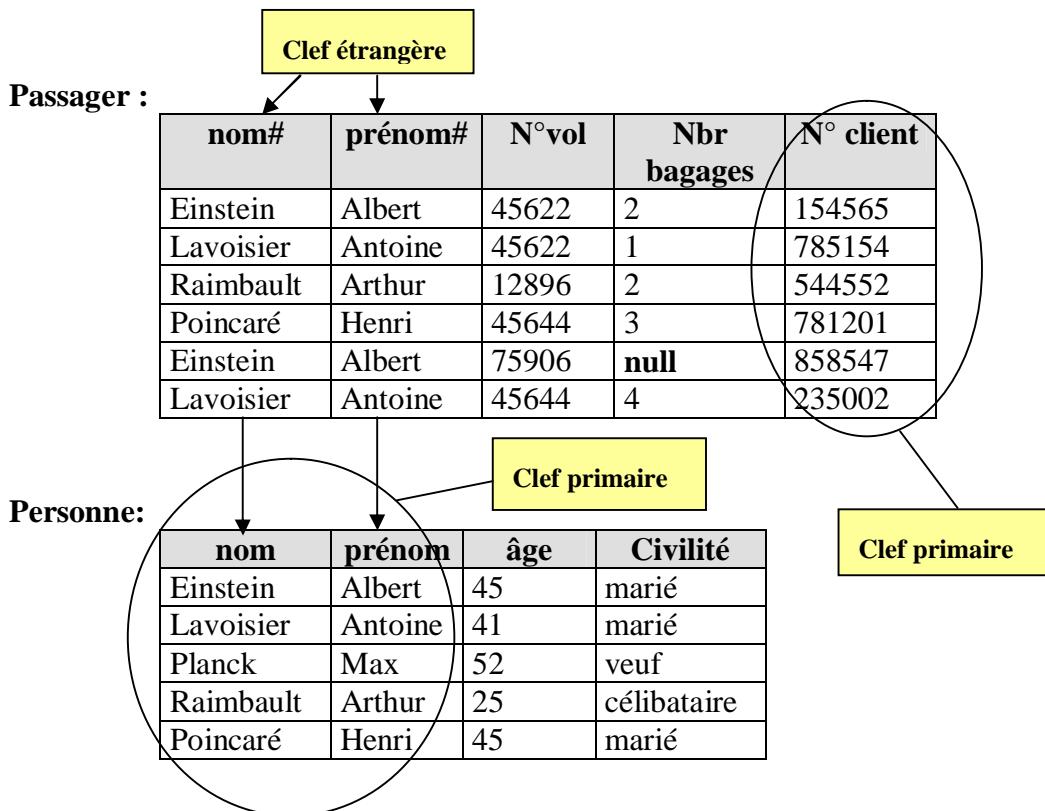
## Représentation sous forme tabulaire

Reprendons les relations Passager et Personne et figurons un exemple pratique de valeurs des relations.

**Passager** ( nom# : chaîne, prénom# : chaîne, n° de vol : entier, nombre de bagages : entier, n° client : entier ).

**Personne** ( nom : chaîne, prénom : chaîne, âge : entier, civilité : Etatcivil) relation de degré 4.

Nous figurons les tables de valeurs des deux relations :



Nous remarquons que la compagnie aérienne attribue un numéro de client unique à chaque personne, c'est donc un bon choix pour une clef primaire.

Les deux tables (relations) ont deux colonnes qui portent les mêmes noms colonne **nom** et colonne **prénom**, ces deux colonnes forment une clef primaire de la table **Personne**, c'est donc une clef étrangère de **Passager** qui référence **Personne**.

En outre, cette clef étrangère respecte la contrainte d'intégrité référentielle : la liste des valeurs de la clef étrangère dans **Passager** est incluse dans la liste des valeurs de la clef primaire associée dans **Personne**.

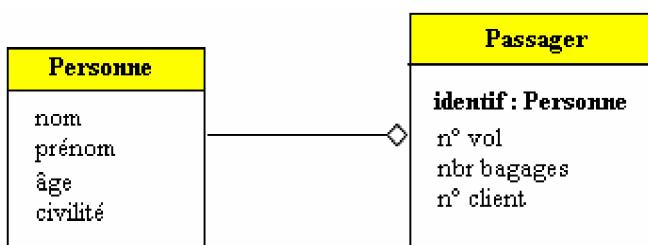


Diagramme UML modélisant la liaison Passager-Personne

Ne pas penser qu'il en est toujours ainsi, par exemple voici une autre relation **Passager2** dont la clef étrangère ne respecte pas la contrainte d'intégrité référentielle :

**Clef étrangère , réfère Personne**

**Passager2 :**

nom	prénom	N°vol	Nbr bagages	N° client
Einstein	Albert	45622	2	154565
Lavoisier	Antoine	45644	1	785154
Raimbault	Arthur	12896	2	544552
Poincaré	Henri	45644	3	781201
Einstein	Albert	75906	<b>null</b>	858547
Picasso	Pablo	12896	5	458023

En effet, le couple (Picasso , Pablo) n'est pas une valeur de la clef primaire dans la table **Personne**.

### Principales règles de normalisation d'une relation

#### 1<sup>ère</sup> forme normale :

Une relation est dite en première forme normale si, chaque attribut est représenté par un identifiant unique (les valeurs ne sont pas des ensembles, des listes,...) .Ci-dessous une relation qui n'est pas en 1<sup>ère</sup> forme normale car l'attribut **n° vol** est multivalué (il peut prendre 2 valeurs) :

nom	prénom	N°vol	Nbr bagage	N° client
Einstein	Albert	45622, 75906	2	154565
Lavoisier	Antoine	45644, 45622	1	785154
Raimbault	Arthur	12896	2	544552
Poincaré	Henri	45644	3	781201
Picasso	Pablo	12896	5	458023

En pratique, il est très difficile de faire vérifier automatiquement cette règle, dans l'exemple proposé on pourrait imposer de passer par un masque de saisie afin que le N°vol ne comporte que 5 chiffres.

#### 2<sup>ème</sup> forme normale :

Une relation est dite en deuxième forme normale si, elle est **en première forme normale** et si chaque attribut qui n'est pas une clef, dépend entièrement de tous les attributs qui composent la clef primaire. La relation **Personne** (nom : chaîne, prénom : chaîne , age : entier , civilité : Etatcivil) est en deuxième forme normale :

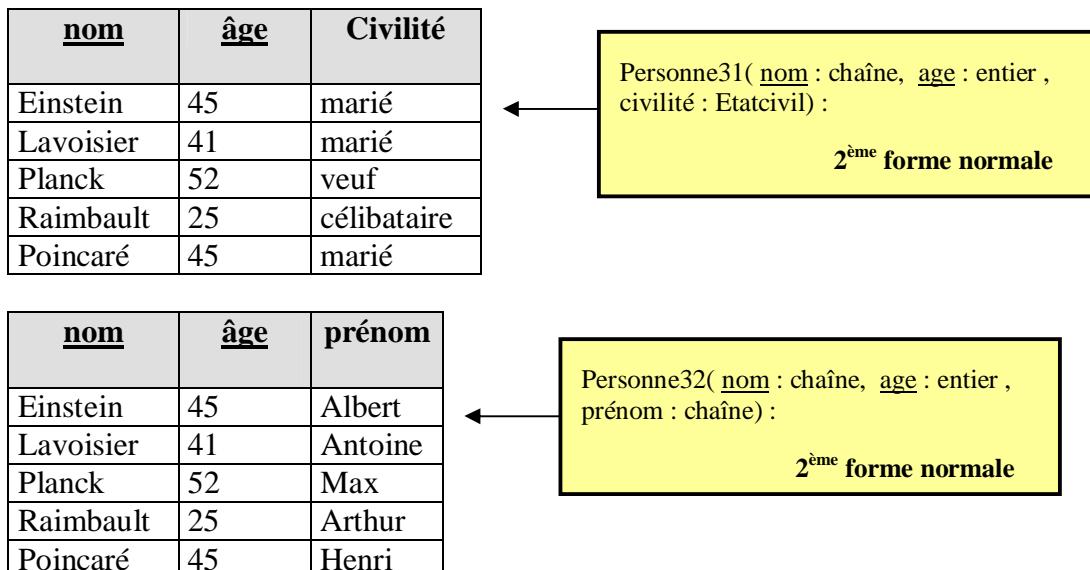
nom	prénom	âge	Civilité
Einstein	Albert	45	marié
Lavoisier	Antoine	41	marié
Planck	Max	52	veuf
Raimbault	Arthur	25	célibataire
Poincaré	Henri	45	marié

Car l'attribut âge ne dépend que du nom et du prénom, de même pour l'attribut civilité.

La relation **Personne3** ( nom : chaîne, prénom : chaîne , age : entier , civilité : Etatcivil) qui a pour clef primaire ( nom , âge ) n'est pas en deuxième forme normale :

<b><u>nom</u></b>	<b>prénom</b>	<b>âge</b>	<b>Civilité</b>
Einstein	Albert	45	marié
Lavoisier	Antoine	41	marié
Planck	Max	52	veuf
Rimbault	Arthur	25	célibataire
Poincaré	Henri	45	marié

Car l'attribut Civilité ne dépend que du nom et non pas de l'âge ! Il en est de même pour le prénom, soit il faut changer de clef primaire et prendre ( nom, prénom) soit si l'on conserve la clef primaire (nom , âge) , il faut décomposer la relation **Personne3** en deux autres relations **Personne31** et **Personne32** :



En pratique, il est aussi très difficile de faire vérifier automatiquement la mise en deuxième forme normale. Il faut trouver un jeu de données représentatif.

### **3<sup>ème</sup> forme normale :**

Une relation est dite en troisième forme normale si chaque attribut qui ne compose pas la clef primaire, dépend directement de son identifiant et à travers une dépendance fonctionnelle. Les relations précédentes sont toutes en forme normale. Montrons un exemple de relation qui n'est pas en forme normale. Soit la relation **Personne4** ( nom : chaîne, age : entier, civilité : Etatcivil, salaire : monétaire) où par exemple le salaire dépend de la clef primaire et que l'attribut civilité ne fait pas partie de la clef primaire (nom , âge) :

<u>nom</u>	<u>âge</u>	Civilité	salaire
Einstein	45	marié	1000
Lavoisier	41	marié	1000
Planck	52	veuf	1800
Rimbault	25	célibataire	1200
Poincaré	45	marié	1000

salaire = f ( Civilité) =>  
Pas 3<sup>ème</sup> forme normale

L'attribut salaire dépend de l'attribut civilité, ce que nous écrivons salaire = f(civilité), mais l'attribut civilité ne fait pas partie de la clef primaire clef = (nom , âge), donc **Personne4** n'est pas en 3<sup>ème</sup> forme normale :

Il faut alors décomposer la relation **Personne4** en deux relations **Personne41** et **Personne42** chacune en troisième forme normale:

#### Personne41 :

<u>nom</u>	<u>âge</u>	Civilité#
Einstein	45	marié
Lavoisier	41	marié
Planck	52	veuf
Rimbault	25	célibataire
Poincaré	45	marié

Personne41 en 3<sup>ème</sup> forme normale, civilité clef étrangère

#### Personne42 :

<u>Civilité</u>	<u>salaire</u>
marié	1000
veuf	1800
célibataire	1200

Personne42 en 3<sup>ème</sup> forme normale, civilité clef primaire

En pratique, il est également très difficile de faire contrôler automatiquement la mise en troisième forme normale.

### Remarques pratiques importantes pour le débutant :

- Les spécialistes connaissent deux autres formes normales. Dans ce cas le lecteur intéressé par l'approfondissement du sujet, trouvera dans la littérature, de solides références sur la question.
- Si la clef primaire d'une relation n'est composée que d'un seul attribut (choix conseillé lorsque cela est possible, d'ailleurs on trouve souvent des clefs primaires sous forme de numéro d'identification client, Insee,...) automatiquement, la relation est en 2<sup>ème</sup> forme normale, car chaque autre attribut non clef étrangère, ne dépend alors que de la valeur unique de la clef primaire.

- Penser dès qu'un attribut est fonctionnellement dépendant d'un autre attribut qui n'est pas la clef elle-même à décomposer la relation (créer deux nouvelles tables).
- En l'absence d'outil spécialisé, il faut de la pratique et être très systématique pour contrôler la normalisation.

## Base de données relationnelles BD-R:

Ce sont des données structurées à travers :

- Une famille de domaines de valeurs,
- Une famille de relations n-aires,
- Les contraintes d'intégrité sont respectées par toute clef étrangère et par toute clef primaire.
- Les relations sont en 3<sup>ème</sup> forme normale. (à minima en 2<sup>ème</sup> forme normale)

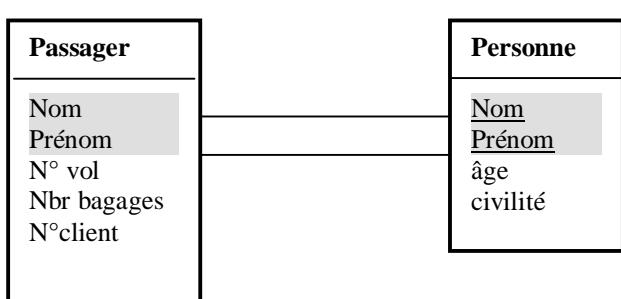
Les données sont accédées et manipulées grâce à un langage appelé **langage d'interrogation** ou **langage relationnel** ou **langage de requêtes**

## Système de Gestion de Base de Données relationnel :

C'est une famille de logiciels comprenant :

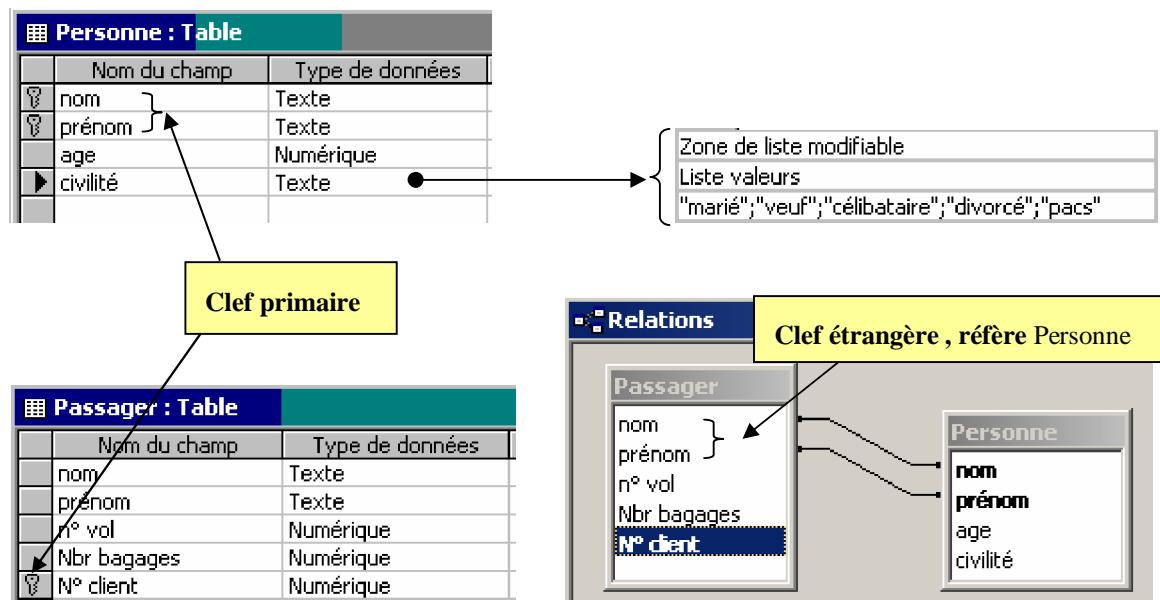
- Une BD-R.
- Un langage d'interrogation.
- Une gestion en interne des fichiers contenant les données et de l'ordonnancement de ces données.
- Une gestion de l'interface de communication avec les utilisateurs.
- La gestion de la sécurité des accès aux informations contenues dans la BD-R.

Le schéma relation d'une relation dans une BD relationnelle est noté graphiquement comme ci-dessous :



Les attributs reliés entre ces deux tables indiquent une liaison entre les deux relations.

Voici dans le **SGBD-R Access**, la représentation des schémas de relation ainsi que la liaison sans intégrité des deux relations précédentes **Passager** et **Personne** :



Access et la représentation des enregistrements de chaque table :

The screenshot shows the data in the two tables:

Passager : Table				
nom	prénom	n° vol	Nbr bagages	N° client
Einstein	Albert	45622	2	154565
Lavoisier	Antoine	45644	4	235002
Raimbault	Arthur	12896	2	544552
Poincaré	Henri	45644	3	781201
Lavoisier	Antoine	45644	1	785154
Einstein	Albert	75906	0	868647

A yellow box labeled "Les enregistrements de la relation Passager" points to the table.

Personne : Table				
nom	prénom	age	civilité	
Einstein	Albert	45	marié	
Lavoisier	Antoine	41	marié	
Planck	Max	52	veuf	
Poincaré	Henri	45	marié	
Raimbault	Arthur	25	célibataire	

A yellow box labeled "Les enregistrements de la relation Personne" points to the table.

Les besoins d'un utilisateur d'une base de données sont classiquement ceux que l'on trouve dans tout ensemble de données structurées : insertion, suppression, modification, recherche avec ou sans critère de sélection. Dans une BD-R, ces besoins sont exprimés à travers un langage d'interrogation. Historiquement deux classes de langages relationnels équivalentes en puissance d'utilisation et de fonctionnement ont été inventées : les langages **algébriques** et les langages des **prédictats**.

Un langage relationnel n'est pas un langage de programmation : il ne possède pas les structures de contrôle de base d'un langage de programmation (condition, itération, ...). **Très souvent il doit**

être utilisé comme complément à l'intérieur de programmes Delphi, Java, C#, ...

Les langages d'interrogation prédictifs sont des langages fondés sur la logique des prédictats du 1<sup>er</sup> ordre, le plus ancien s'appelle **Query By Example QBE**.

Ce sont les langages algébriques qui sont de loin les plus utilisés dans les SGBD-R du commerce, le plus connu et le plus utilisé dans le monde se dénomme le **Structured Query Language ou SQL**. Un tel langage n'est qu'une implémentation en anglais d'opérations définies dans une algèbre relationnelle servant de modèle mathématique à tous les langages relationnels.

### 3. Principes fondamentaux d'une l'algèbre relationnelle

Une algèbre relationnelle est une famille d'opérateurs binaires ou unaires dont les opérandes sont des **relations**. Nous avons vu que l'on pouvait faire l'union, l'intersection, le produit cartésien de relations binaires dans un chapitre précédent, comme les relations n-aires sont des ensembles, il est possible de définir sur elle une algèbre opératoire utilisant les opérateurs classiques ensemblistes, à laquelle on ajoute quelques opérateurs spécifiques à la manipulation des données.

Remarque pratique :

La phrase "**tous les n-uples sont distincts, puisqu'éléments d'un même ensemble nommé relation**" se transpose en pratique en la phrase "**toutes les lignes d'une même table nommée relation, sont distinctes** (même en l'absence de clef primaire explicite)".

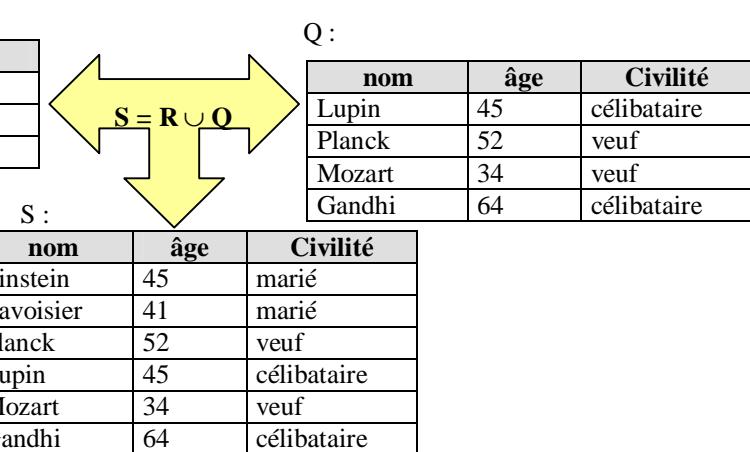
Nous exhibons les opérateurs principaux d'une algèbre relationnelle et nous montrerons pour chaque opération, un exemple sous forme.

#### Union de 2 relations

Soient R et Q deux relations de même domaine et de même degré on peut calculer la nouvelle relation  $S = R \cup Q$  de même degré et de même domaine contenant les enregistrements différents des deux relations R et Q :

R :

nom	âge	Civilité
Einstein	45	marié
Lavoisier	41	marié
Planck	52	veuf



Q :

nom	âge	Civilité
Lupin	45	célibataire
Planck	52	veuf
Mozart	34	veuf
Gandhi	64	célibataire

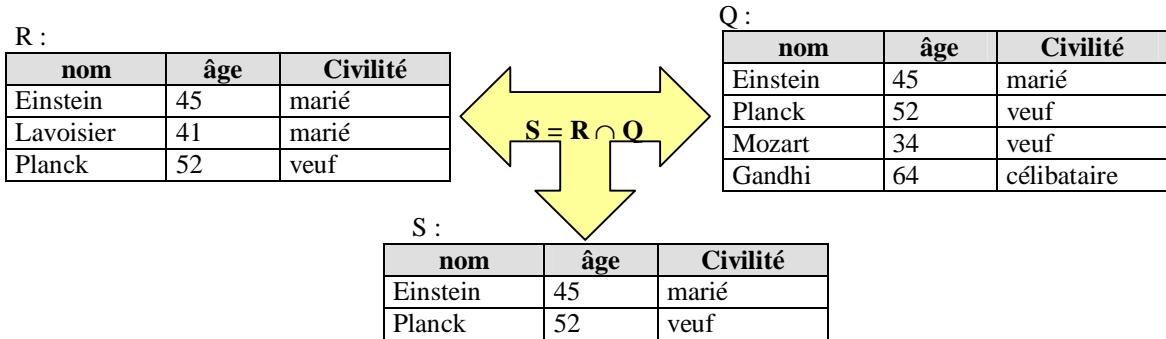
S :

nom	âge	Civilité
Einstein	45	marié
Lavoisier	41	marié
Planck	52	veuf
Lupin	45	célibataire
Mozart	34	veuf
Gandhi	64	célibataire

Remarque : (Planck, 52, veuf) ne figure qu'une seule fois dans la table  $R \cup Q$ .

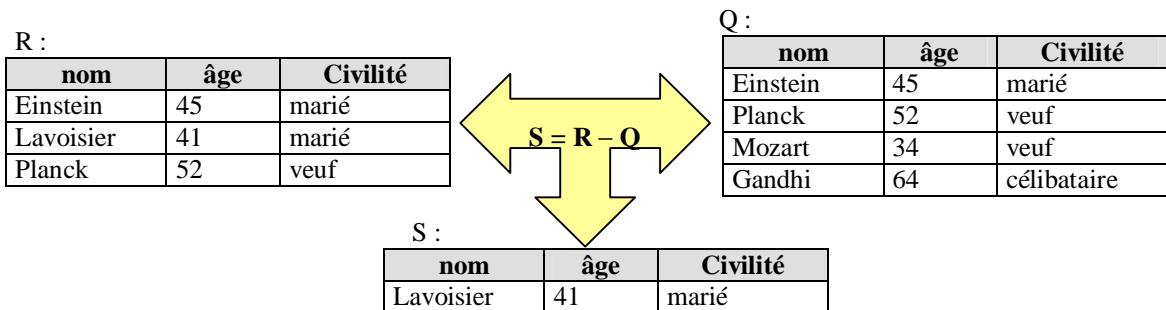
## Intersection de 2 relations

Soient R et Q deux relations de même domaine et de même degré on peut calculer la nouvelle relation S = R ∩ Q de même degré et de même domaine contenant les enregistrements communs aux deux relations R et Q :



## Différence de 2 relations

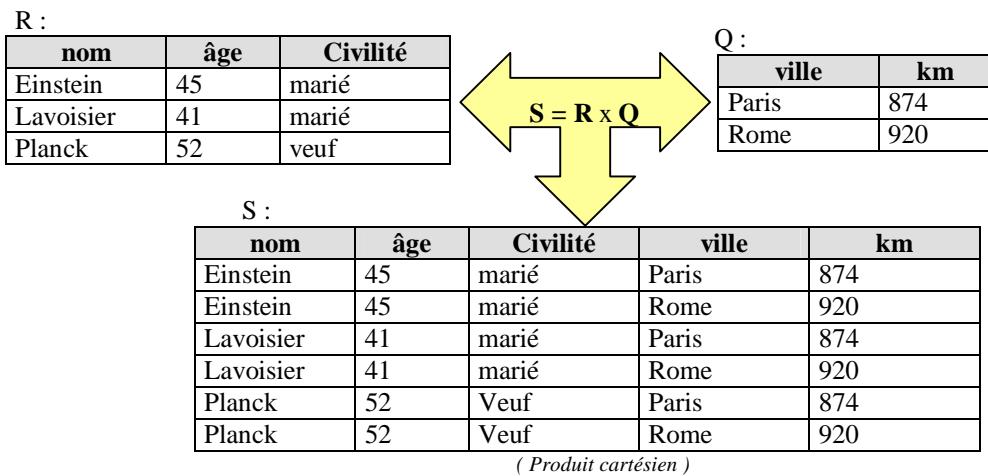
Soient R et Q deux relations de même domaine et de même degré on peut calculer la nouvelle relation S = R - Q de même degré et de même domaine contenant les enregistrements qui sont présents dans R mais qui ne sont pas dans Q ( on exclut de R les enregistrements qui appartiennent à R ∩ Q) :



## Produit cartésien de 2 relations

Soient R et Q deux relations de domaine et de degré quelconques ( $\text{degré}(R)=n$ ,  $\text{degré}(Q)=p$ ), avec  $\text{Domaine}(R) \cap \text{Domaine}(Q) = \emptyset$  (pas d'attributs en communs).

On peut calculer la nouvelle relation S = R x Q de degré n + p et de domaine égal à l'union des domaines de R et de Q contenant tous les couples d'enregistrements à partir d'enregistrements présents dans R et d'enregistrements présents dans Q :



## Selection ou Restriction d'une relation

Soit R une relation, soit  $R(a_1 : E_1, a_2 : E_2, \dots, a_n : E_n)$  le schéma de cette relation.

Soit  $\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_n)$  une expression booléenne classique (expression construite sur les attributs avec les connecteurs de l'algèbre de Boole et les opérateurs de comparaison  $<$ ,  $>$ ,  $=$ ,  $\geq$ ,  $\leq$ ,  $\neq$ )

On note  $S = \text{select}(\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_n), R)$ , la nouvelle relation S construite ayant le même schéma que R soit  $S(a_1 : E_1, a_2 : E_2, \dots, a_n : E_n)$ , qui ne contient que les enregistrements de R qui satisfont à la condition booléenne  $\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_n)$ .

R :

nom	âge	Civilité	ville	km
Einstein	45	marié	Paris	874
Mozart	32	marié	Rome	587
Gandhi	64	célibataire	Paris	258
Lavoisier	41	marié	Rome	124
Lupin	42	Veuf	Paris	608
Planck	52	Veuf	Rome	405

$\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_n) = \{ \text{âge} > 42 \text{ et } \text{ville}=\text{Paris} \}$

S :

nom	âge	Civilité	ville	km
Einstein	45	marié	Paris	874
Gandhi	64	célibataire	Paris	258

Select ( $\{ \text{âge} > 42 \text{ et } \text{ville}=\text{Paris} \}, R$ ) signifie que l'on ne recopie dans S que les enregistrements de R constitués des personnes ayant séjourné à Paris et plus âgées que 42 ans.

## Projection d'une relation

Soit R une relation, soit  $R(a_1 : E_1, a_2 : E_2, \dots, a_n : E_n)$  le schéma de cette relation.

On appelle  $S = \text{proj}(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$  la projection de R sur un sous-ensemble restreint ( $a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}$ ) avec  $p < n$ , de ses attributs, la relation S ayant pour schéma le sous-ensemble des attributs  $S(a_{k1} : E_{k1}, a_{k2} : E_{k2}, \dots, a_{kp} : E_{kp})$  et contenant les enregistrements différents obtenus en ne considérant que les attributs ( $a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp}$ ).

## Exemple

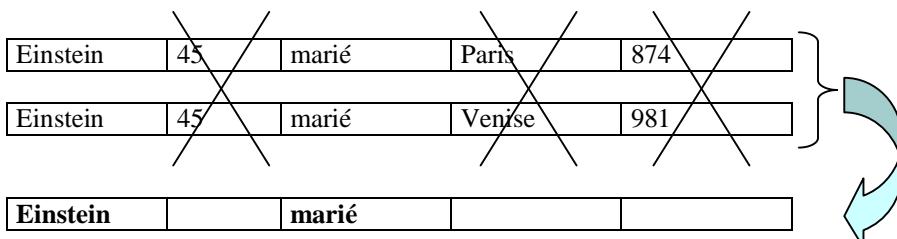
R :

nom	âge	Civilité	ville	km
Einstein	45	marié	Paris	874
Mozart	32	marié	Rome	587
Lupin	42	Veuf	Paris	464
Einstein	45	marié	Venise	981
Gandhi	64	célibataire	Paris	258
Lavoisier	41	marié	Rome	124
Lupin	42	Veuf	Paris	608
Planck	52	Veuf	Rome	405

S1 = <b>proj</b> (nom , civilité)	S2 = <b>proj</b> (nom , âge)	S3 = <b>proj</b> (nom , ville)	S4 = <b>proj</b> (ville)																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>nom</th><th>Civilité</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td><td>marié</td></tr> <tr> <td>Mozart</td><td>marié</td></tr> <tr> <td>Lupin</td><td>Veuf</td></tr> <tr> <td>Gandhi</td><td>célibataire</td></tr> <tr> <td>Lavoisier</td><td>marié</td></tr> <tr> <td>Planck</td><td>Veuf</td></tr> </tbody> </table>	nom	Civilité	Einstein	marié	Mozart	marié	Lupin	Veuf	Gandhi	célibataire	Lavoisier	marié	Planck	Veuf	<table border="1"> <thead> <tr> <th>nom</th><th>âge</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td><td>45</td></tr> <tr> <td>Mozart</td><td>32</td></tr> <tr> <td>Lupin</td><td>42</td></tr> <tr> <td>Gandhi</td><td>64</td></tr> <tr> <td>Lavoisier</td><td>41</td></tr> <tr> <td>Planck</td><td>52</td></tr> </tbody> </table>	nom	âge	Einstein	45	Mozart	32	Lupin	42	Gandhi	64	Lavoisier	41	Planck	52	<table border="1"> <thead> <tr> <th>nom</th><th>ville</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td><td>Paris</td></tr> <tr> <td>Mozart</td><td>Rome</td></tr> <tr> <td>Lupin</td><td>Paris</td></tr> <tr> <td>Einstein</td><td>Venise</td></tr> <tr> <td>Gandhi</td><td>Paris</td></tr> <tr> <td>Lavoisier</td><td>Rome</td></tr> <tr> <td>Planck</td><td>Rome</td></tr> </tbody> </table>	nom	ville	Einstein	Paris	Mozart	Rome	Lupin	Paris	Einstein	Venise	Gandhi	Paris	Lavoisier	Rome	Planck	Rome	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ville</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Paris</td></tr> <tr> <td>Rome</td></tr> <tr> <td>Venise</td></tr> </tbody> </table>	ville	Paris	Rome	Venise
nom	Civilité																																																		
Einstein	marié																																																		
Mozart	marié																																																		
Lupin	Veuf																																																		
Gandhi	célibataire																																																		
Lavoisier	marié																																																		
Planck	Veuf																																																		
nom	âge																																																		
Einstein	45																																																		
Mozart	32																																																		
Lupin	42																																																		
Gandhi	64																																																		
Lavoisier	41																																																		
Planck	52																																																		
nom	ville																																																		
Einstein	Paris																																																		
Mozart	Rome																																																		
Lupin	Paris																																																		
Einstein	Venise																																																		
Gandhi	Paris																																																		
Lavoisier	Rome																																																		
Planck	Rome																																																		
ville																																																			
Paris																																																			
Rome																																																			
Venise																																																			

Que s'est-il passé pour Mr Einstein dans S2 ?



Lors de la recopie des enregistrements de R dans S2 on a ignoré les attributs âge, ville et km, le couple (Einstein , marié) ne doit se retrouver qu'une seule fois car une relation est un ensemble et ses éléments sont tous distincts.

## Jointure de deux relations

Soit Soient R et Q deux relations de domaine et de degré quelconques ( $\text{degré}(R) = n$ ,  $\text{degré}(Q) = p$ ), avec  $\text{Domaine}(R) \cap \text{Domaine}(Q) = \emptyset$  (pas d'attributs en communs).

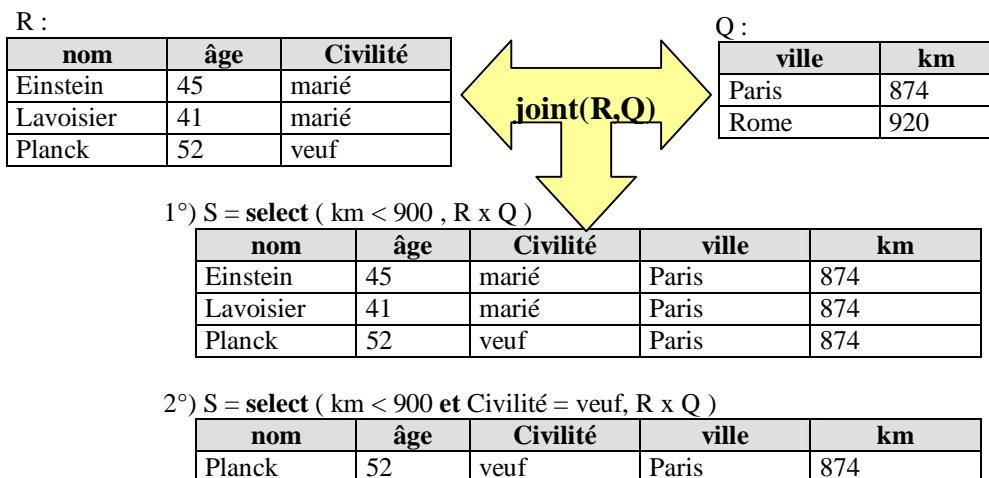
soit  $R \times Q$  leur produit cartésien de degré  $n + p$  et de domaine D union des domaines de R et de Q.

Soit un ensemble  $(a_1, a_2, \dots, a_{n+p})$  d'attributs du domaine D de  $R \times Q$ .

La relation  $\text{joint}(R,Q) = \text{select} (\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_{n+p}), R \times Q)$ , est appelée jointure de R et de Q (c'est donc une sélection de certains attributs sur le produit cartésien).

Une jointure couramment utilisée en pratique, est celle qui consiste en la sélection selon une condition d'égalité entre deux attributs, les personnes de "l'art relationnel" la dénomment alors l'**équi-jointure**.

Exemples de 2 jointures :



Nous nous plaçons maintenant du point de vue pratique, non pas de l'administrateur de BD mais de l'utilisateur uniquement concerné par l'extraction des informations contenues dans une BD-R.

Un SGBD permet de gérer une base de données. A ce titre, il offre de nombreuses fonctionnalités supplémentaires à la gestion d'accès simultanés à la base et à un simple interfaçage entre le modèle logique et le modèle physique : il sécurise les données (en cas de coupure de courant ou autre défaillance matérielle), il permet d'accéder aux données de manière confidentielle (en assurant que seuls certains utilisateurs ayant des mots de passe appropriés, peuvent accéder à certaines données), il ne permet de mémoriser des données que si elles sont du type abstrait demandé : on dit qu'il vérifie leur intégrité (des données alphabétiques ne doivent pas être enregistrées dans des emplacements pour des données numériques,...)

Actuellement, une base de données n'a pas de raison d'être sans son SGBD. Aussi, on ne manipule que des bases de données correspondant aux SGBD qui les gèrent : il vous appartient de choisir le SGBD-R qui vous convient (il faut l'acheter auprès de vendeurs qui généralement, vous le fournissent avec une application de manipulation visuelle, ou bien utiliser les SGBD-R qui vous sont livrés gratuitement avec certains environnements de développement comme Borland studio ou Visual Studio ou encore utiliser les produits gratuits comme mySql).

Lorsque l'on parle d'utilisateur, nous entendons l'application utilisateur, car l'utilisateur final n'a pas besoin de connaître quoique ce soit à l'algèbre relationnelle, il suffit que l'application utilisateur communique avec lui et interagisse avec le SGBD.

Une application doit pouvoir "parler" au SGBD : elle le fait par le moyen d'un langage de manipulation des données. Nous avons déjà précisé que la majorité des SGBD-R utilisait un langage relationnel ou de requêtes nommé SQL pour manipuler les données.

## 4. SQL et Algèbre relationnelle

### Requête

Les requêtes sont des questions posées au SGBD, concernant une recherche de données contenues dans une ou plusieurs tables de la base.

Par exemple, on peut disposer d'une table définissant des clients (noms, prénoms, adresses, n°de client) et d'une autre table associant des numéros de clients avec des numéros de commande d'articles, et vouloir poser la question : quels sont les noms des clients ayant passé des commandes ?

Une requête est en fait, une instruction de type langage de programmation, respectant la norme SQL, permettant de réaliser un tel questionnement. L'exécution d'une requête permet d'extraire des données en provenance de tables de la base de données : ces données réalisent ce que l'on appelle une **projection** de champs (en provenance de plusieurs tables). Le résultat d'exécution d'une requête est une table constituée par les réponses à la requête.

Le SQL permet à l'aide d'instructions spécifiques de manipuler des données à l'intérieur des tables :

Instruction SQL	Actions dans la (les) table(s)
<b>INSERT INTO &lt;...&gt;</b>	Ajout de lignes
<b>DELETE FROM &lt;...&gt;</b>	Suppression de lignes
<b>TRUNCATE TABLE &lt;...&gt;</b>	Suppression de lignes
<b>UPDATE &lt;...&gt;</b>	Modification de lignes
<b>SELECT &lt;...&gt;FROM &lt;...&gt;</b>	Extraction de données

Ajout, suppression et modification sont les trois opérations typiques de la **mise à jour** d'une BD. L'extraction concerne la **consultation** de la BD.

Il existe de nombreuses autres instructions de création, de modification, de suppression de tables, de création de clefs, de contraintes d'intégrités référentielles, création d'index, etc... Nous nous attacherons à donner la traduction en SQL des opérateurs principaux de l'algèbre relationnelle que nous venons de citer.

### Traduction en SQL des opérateurs relationnels

C'est l'instruction SQL "**SELECT <...>FROM <...>**" qui implante tous ces opérateurs. Tous les exemples utiliseront la relation R = TableComplete suivante et l'interpréteur SQL d'Access :

TableComplete : Table					
	nom	âge	civilité	ville	km
Einstein	45	marié	Paris	874	
Mozart	32	marié	Rome	587	
Lupin	42	Veuf	Paris	464	
Einstein	45	marié	Venise	981	
Gandhi	64	célibataire	Paris	258	
Lavoisier	41	marié	Rome	124	
Lupin	42	Veuf	Paris	608	
Planck	52	Veuf	Rome	405	

La relation initiale :  
R=TableComplete

## Projection d'une relation R

$$S = \text{proj}(a_{k1}, a_{k2} \dots, a_{kp})$$

SQL : **SELECT DISTINCT a<sub>k1</sub>, a<sub>k2</sub> … , a<sub>kp</sub> FROM R**

Instruction SQL version opérateur algèbre :  
**SELECT DISTINCT nom , civilité FROM**  
Tablecomplete

Lancement de la requête SQL :

```
Requête51 : Requête Sélection
SELECT DISTINCT [nom], [civilité]
FROM TableComplete;
```

Table obtenue après requête :

Requête51 : Requête Sélection		
	nom	civilité
Einstein	marié	
Gandhi	célibataire	
Lavoisier	marié	
Lupin	Veuf	
Mozart	marié	
Planck	Veuf	

Le mot DISTINCT assure que l'on obtient bien une nouvelle relation.

Instruction SQL non relationnelle (tout même redondant) :  
**SELECT nom , civilité FROM**  
Tablecomplete

Lancement de la requête SQL :

```
Requête51 : Requête Sélection
SELECT [nom], [civilité]
FROM TableComplete;
```

Table obtenue après requête :

Requête51 : Requête Sélection		
	nom	civilité
Einstein	marié	
Mozart	marié	
Lupin	Veuf	
Einstein	marié	
Gandhi	célibataire	
Lavoisier	marié	
Lupin	Veuf	
Planck	Veuf	

Remarquons dans le dernier cas **SELECT nom , civilité FROM Tablecomplete** que la table obtenue n'est qu'une extraction de données, mais qu'en aucun cas elle ne constitue une relation puisqu'une relation est un ensemble et que les enregistrements sont tous distincts!

Une autre projection sur la même table :

<p>Instruction SQL version opérateur algèbre :</p> <pre><b>SELECT DISTINCT nom , ville FROM</b> <b>Tablecomplete</b></pre> <p>Lancement de la requête SQL :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">■ RequêteS2 : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <td> </td> <td>SELECT DISTINCT [nom], [ville]</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>FROM TableComplete;</td> </tr> </table>	■ RequêteS2 : Requête Sélection			SELECT DISTINCT [nom], [ville]		FROM TableComplete;		<p>Table obtenue après requête :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">■ RequêteS2 : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <th></th> <th>nom</th> <th>ville</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td> <td>Paris</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Einstein</td> <td>Venise</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gandhi</td> <td>Paris</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lavoisier</td> <td>Rome</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lupin</td> <td>Paris</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mozart</td> <td>Rome</td> <td></td> </tr> <tr> <td>► Planck</td> <td>Rome</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	■ RequêteS2 : Requête Sélection			nom	ville	Einstein	Paris		Einstein	Venise		Gandhi	Paris		Lavoisier	Rome		Lupin	Paris		Mozart	Rome		► Planck	Rome	
■ RequêteS2 : Requête Sélection																																		
	SELECT DISTINCT [nom], [ville]																																	
	FROM TableComplete;																																	
■ RequêteS2 : Requête Sélection																																		
	nom	ville																																
Einstein	Paris																																	
Einstein	Venise																																	
Gandhi	Paris																																	
Lavoisier	Rome																																	
Lupin	Paris																																	
Mozart	Rome																																	
► Planck	Rome																																	

## Sélection-Restriction

$S = \text{select} (\text{Cond}(a_1, a_2, \dots, a_n), R)$

SQL : **SELECT \* FROM R WHERE Cond(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, ..., a<sub>n</sub>)**

Le symbole \* signifie toutes les colonnes de la table (tous les attributs du schéma)

<p>Instruction SQL version opérateur algèbre :</p> <pre><b>SELECT * FROM</b> Tablecomplete <b>WHERE</b> <b>âge &gt; 42 AND ville = Paris</b></pre> <p>Lancement de la requête SQL :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">■ TableComplete Requête : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <td> </td> <td>SELECT * FROM TableComplete</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>WHERE [âge]&gt;42 AND [ville] = "Paris";</td> </tr> </table>	■ TableComplete Requête : Requête Sélection			SELECT * FROM TableComplete		WHERE [âge]>42 AND [ville] = "Paris";		<p>Table obtenue après requête :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">■ TableComplete Requête : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <th></th> <th>nom</th> <th>âge</th> <th>civilité</th> <th>ville</th> <th>km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td> <td></td> <td>45</td> <td>marié</td> <td>Paris</td> <td>874</td> </tr> <tr> <td>Gandhi</td> <td></td> <td>64</td> <td>célibataire</td> <td>Paris</td> <td>258</td> </tr> </tbody> </table> <p>On a sélectionné toutes les personnes de plus de 42 ans ayant séjourné à Paris.</p>	■ TableComplete Requête : Requête Sélection			nom	âge	civilité	ville	km	Einstein		45	marié	Paris	874	Gandhi		64	célibataire	Paris	258
■ TableComplete Requête : Requête Sélection																												
	SELECT * FROM TableComplete																											
	WHERE [âge]>42 AND [ville] = "Paris";																											
■ TableComplete Requête : Requête Sélection																												
	nom	âge	civilité	ville	km																							
Einstein		45	marié	Paris	874																							
Gandhi		64	célibataire	Paris	258																							
<i>Combinaison d'opérateur projection-restriction</i>																												
<p>Projection distincte et sélection :</p> <pre><b>SELECT DISTINCT nom , civilité, âge</b> <b>FROM</b> Tablecomplete <b>WHERE</b> âge &gt;= 45</pre> <p>Lancement de la requête SQL :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">■ TableComplete Requête : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <td> </td> <td>SELECT DISTINCT [nom], [civilité], [âge]</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>FROM TableComplete</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>WHERE [âge]&gt;=45 ;</td> </tr> </table>	■ TableComplete Requête : Requête Sélection			SELECT DISTINCT [nom], [civilité], [âge]		FROM TableComplete		WHERE [âge]>=45 ;		<p>Table obtenue après requête :</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">■ TableComplete Requête : Requête Sélection</th> </tr> <tr> <th></th> <th>nom</th> <th>civilité</th> <th>âge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einstein</td> <td></td> <td>marié</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Gandhi</td> <td></td> <td>célibataire</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>► Planck</td> <td></td> <td>Veuf</td> <td>52</td> </tr> </tbody> </table> <p>On a sélectionné toutes les personnes d'au moins 45 ans et l'on ne conserve que leur nom, leur civilité et leur âge.</p>	■ TableComplete Requête : Requête Sélection			nom	civilité	âge	Einstein		marié	45	Gandhi		célibataire	64	► Planck		Veuf	52
■ TableComplete Requête : Requête Sélection																												
	SELECT DISTINCT [nom], [civilité], [âge]																											
	FROM TableComplete																											
	WHERE [âge]>=45 ;																											
■ TableComplete Requête : Requête Sélection																												
	nom	civilité	âge																									
Einstein		marié	45																									
Gandhi		célibataire	64																									
► Planck		Veuf	52																									

## Produit cartésien

$$S = R \times Q$$

SQL : SELECT \* FROM R , Q

Afin de ne pas présenter un exemple de table produit trop volumineuse, nous prendrons comme opérandes du produit cartésien, deux tables contenant peu d'enregistrements :

Personne : Table				Employeur : Table	
	nom	prénom	age	civilité	
Einstein	Albert		45	marié	
Lavoisier	Antoine		41	marié	

*Produit cartésien :*  
**SELECT \* FROM Employeur , Personne**

Employeur Requête : Requête Sélection					
Personne.nom	prénom	age	civilité	Employeur.nom	n°Insee
Einstein	Albert	45	marié	Université	12112472
Lavoisier	Antoine	41	marié	Université	12112472
Einstein	Albert	45	marié	Collège	25478550
Lavoisier	Antoine	41	marié	Collège	25478550
Einstein	Albert	45	marié	Institut	54578559
Lavoisier	Antoine	41	marié	Institut	54578559

Nous remarquons qu'en apparence l'attribut **nom** se retrouve dans le domaine des deux relations ce qui semble contradictoire avec l'hypothèse "Domaine(R) ∩ Domaine(Q) = Ø (pas d'attributs en communs). En fait ce n'est pas un attribut commun puisque les valeurs sont différentes, il s'agit plutôt de deux attributs différents qui ont la même identification. Il suffit de préfixer l'identificateur par le nom de la relation (Personne.nom et Employeur.nom).

*Combinaison d'opérateurs : projection - produit cartésien*

**SELECT Personne.nom , prénom, civilité, n°Insee FROM Employeur , Personne**

On extrait de la table produit cartésien uniquement 4 colonnes :

Employeur Requête : Requête Sélection				
	nom	prénom	civilité	n°Insee
Einstein	Albert		marié	12112472
Lavoisier	Antoine		marié	12112472
Einstein	Albert		marié	25478550
Lavoisier	Antoine		marié	25478550
Einstein	Albert		marié	54578559
Lavoisier	Antoine		marié	54578559

## Intersection, union, différence,

$$S = R \cap Q$$

SQL : **SELECT \* FROM R INTERSECT SELECT \* FROM Q**

$$S = R \cup Q$$

SQL : **SELECT \* FROM R UNION SELECT \* FROM Q**

$$S = R - Q$$

SQL : **SELECT \* FROM R MINUS SELECT \* FROM Q**

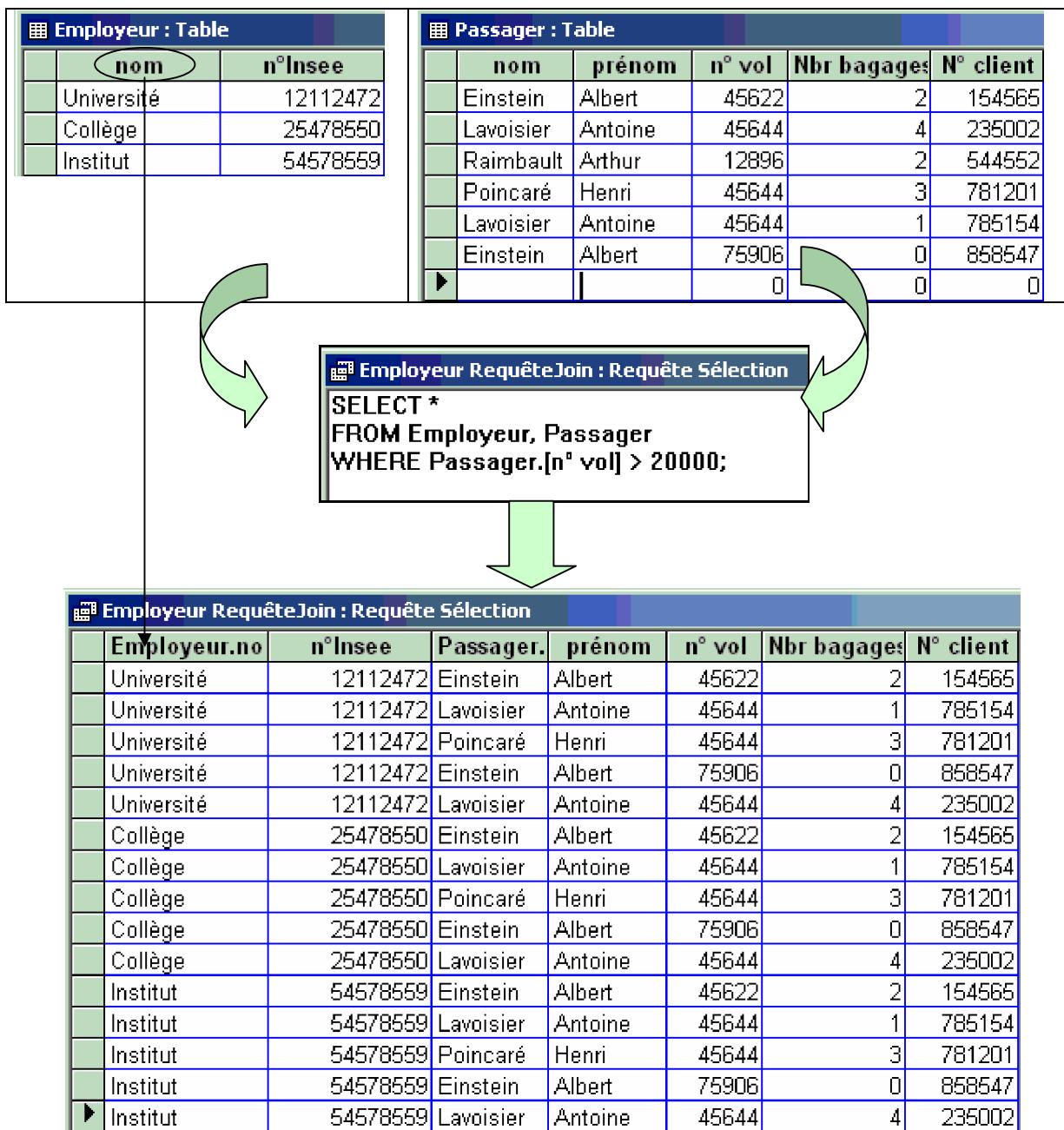
## Jointure de deux relations

Soient R et Q deux relations de domaine et de degré quelconques ( $\text{degré}(R) = n$ ,  $\text{degré}(Q) = p$ ), avec  $\text{Domaine}(R) \cap \text{Domaine}(Q) = \emptyset$  (pas d'attributs en communs).

La jointure **joint(R,Q) = select (Cond(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> , . . . , a<sub>n+p</sub> ) , R x Q)**.

SQL : **SELECT \* FROM R ,Q WHERE Cond(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> , . . . , a<sub>n+p</sub> )**

Exemple de jointure :



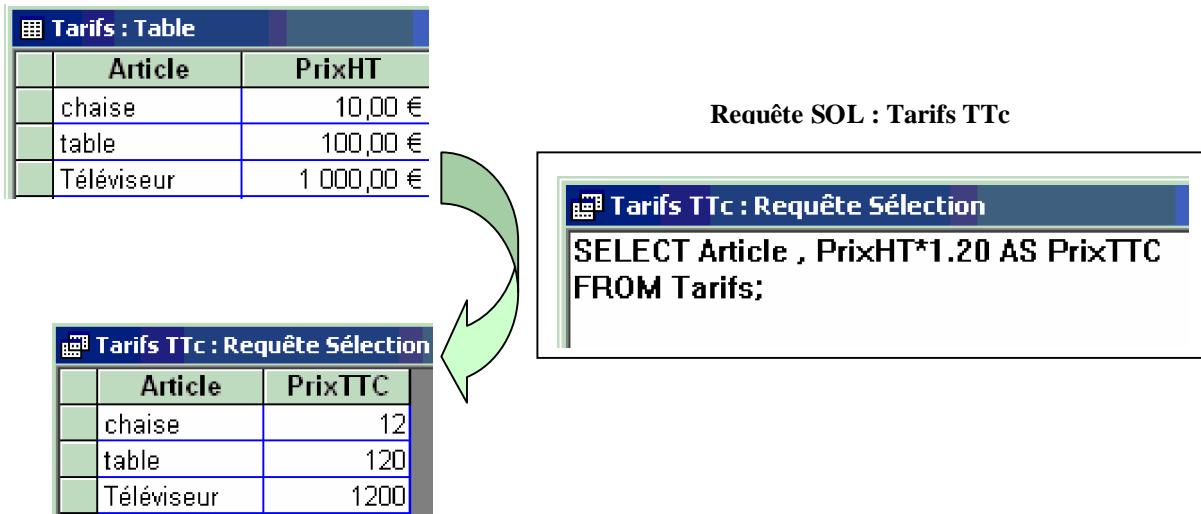
## Remarque pratique importante

Le langage SQL est plus riche en fonctionnalités que l'algèbre relationnelle. En effet SQL intègre des possibilités de calcul (numériques et de dates en particulier).

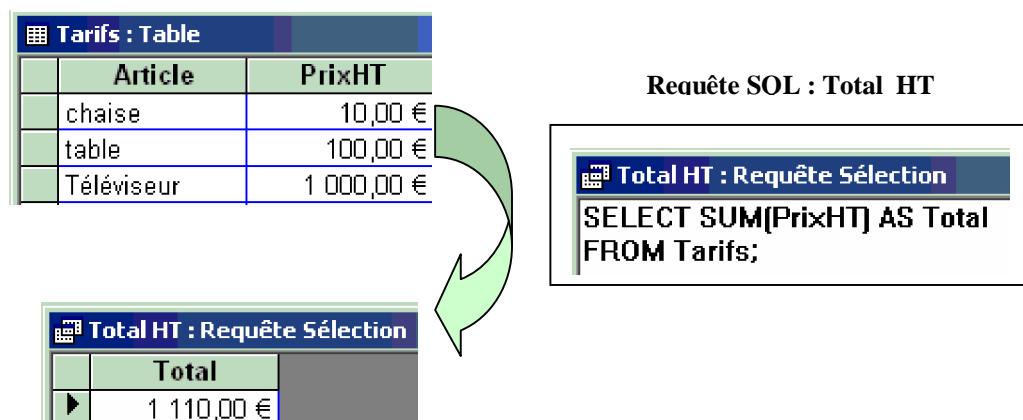
Soit une table de tarifs de produit avec des prix hors taxe:

■ Tarifs : Table		
	Article	PrixHT
	chaise	10,00 €
	table	100,00 €
	Téléviseur	1 000,00 €

1°) Usage d'un opérateur multiplicatif : calcul de la nouvelle table des tarifs TTC abondés de la TVA à 20% sur le prix hors taxe.



2°) Usage de la fonction intégrée SUM : calcul du total des prix HT.



# ADO .Net : données relationnelles de .Net 2.0



Plan général:

## 1. Le modèle DataSet dans ADO.Net 2.0

DataSet  
DataTable  
DataColumn  
DataRow  
DataRelation

## 2. Crédit et utilisation d'un DataSet

Création d'un DataSet  
Création de 2 DataTable  
Définition du schéma de colonnes de chaque table par des DataColumn.  
Définition d'une clé primaire.  
Ajout des 2 tables au DataSet.  
Ajout d'une relation entre les deux tables.  
Exemple de création de données dans le DataSet  
Affichage des données d'un DataSet  
Sauvegarde des données du DataSet aux formats XML et XSL

## Introduction

Nous avons vu dans un précédent chapitre que les fichiers simples peuvent être accédés par des flux, dès que l'organisation de l'information dans le fichier est fortement structurée les flux ne sont plus assez puissants pour fournir un accès souple aux données en particulier pour des applications à architecture multi-tiers (client/serveur, internet,...) et spécialement aux bases de données.

ADO .NET est un regroupement de types (classes, interfaces, ...) dans l'espace de nom **System.Data** construits par Microsoft afin de manipuler des données structurées dans le .NET Framework.

Le modèle ADO .NET du .NET Framework fournit au développeur un ensemble d'éléments lui permettant de travailler sur des données aussi bien en mode connecté qu'en mode déconnecté (ce dernier mode est le mode préférentiel d' ADO .NET car c'est celui qui est le plus adapté aux architectures multi-tiers). ADO .NET est indépendant du mode de stockage des données : les classes s'adaptent automatiquement à l'organisation

ADO .NET permet de traiter des données situées dans des bases de données selon le modèle relationnel mais il supporte aussi les données organisées selon le modèle hiérarchique.

ADO .NET échange toutes ses informations au format XML

L'entité la plus importante d' ADO .NET permettant de gérer les données en local dans une mémoire cache complètement déconnectée de la source de données (donc indépendante de cette source) est le DataSet en fait la classe **System.Data.DataSet** et la collection de classes qui lui sont liées.

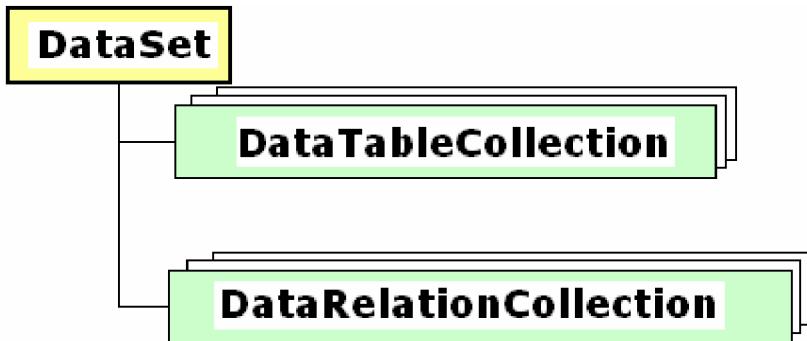
## 1. Le modèle DataSet dans ADO.Net 2.0

Le principe de base du DataSet est de se connecter à une source de données (par exemple une base de données) de charger toutes ses tables avec leur relations, puis ensuite de travailler en mode déconnecté sur ces tables en mémoire et enfin se reconnecter pour effectuer la mise à jour éventuelle des données.

Les classes mises en jeu lors d'une telle opération sur les données sont les suivantes :

<b>System.Data.DataSet</b>	
<b>System.Data.DataTable</b>	<b>System.Data.DataTableCollection</b>
<b>System.Data.DataColumn</b>	<b>System.Data.DataColumnCollection</b>
<b>System.DataDataRow</b>	<b>System.Data.DataRowCollection</b>
<b>System.Data.DataRelation</b>	<b>System.Data.DataRelationCollection</b>
<b>System.Data.DataConstraint</b>	<b>System.Data.ConstraintCollection</b>
<b>System.Data.DataView</b>	

Un **DataSet** est en fait une collection de tables représentée par un objet de collection de la classe **DataTableCollection** et une collection de relations entre ces tables représentée par un objet de collection de la classe **DataRelationCollection**.



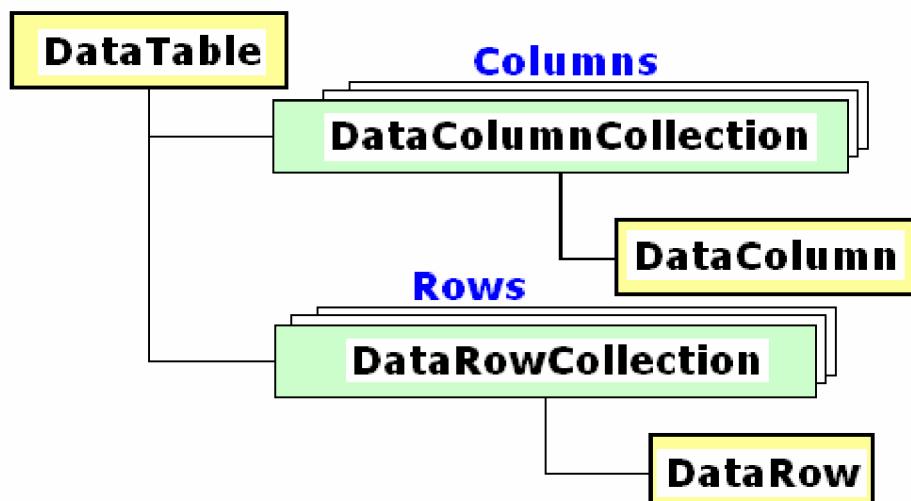
Une **DataTableCollection** est une collection (famille) d'une ou plusieurs **DataTable** qui représentent chacunes une table dans le **DataSet**.

Une table générale est une entité composée de :

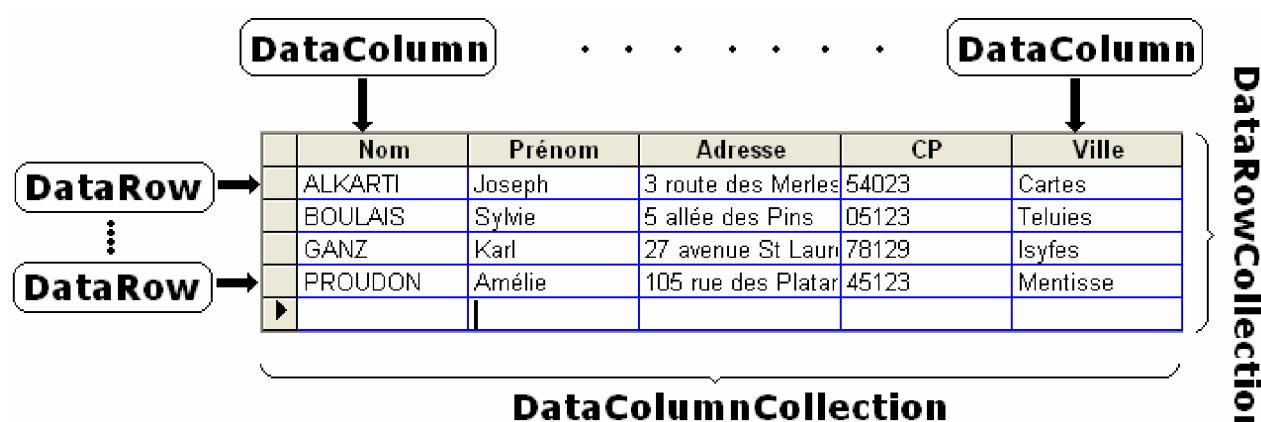
- q Colonnes
- q Lignes

Un objet de classe **DataTable** est composé en particulier des objets suivants :

- q Une propriété **Columns** = Collection de colonnes (collection d'objets **DataColumn**)
- q Une propriété **Rows** = Collection de lignes (collection d'objets **DataRow**)

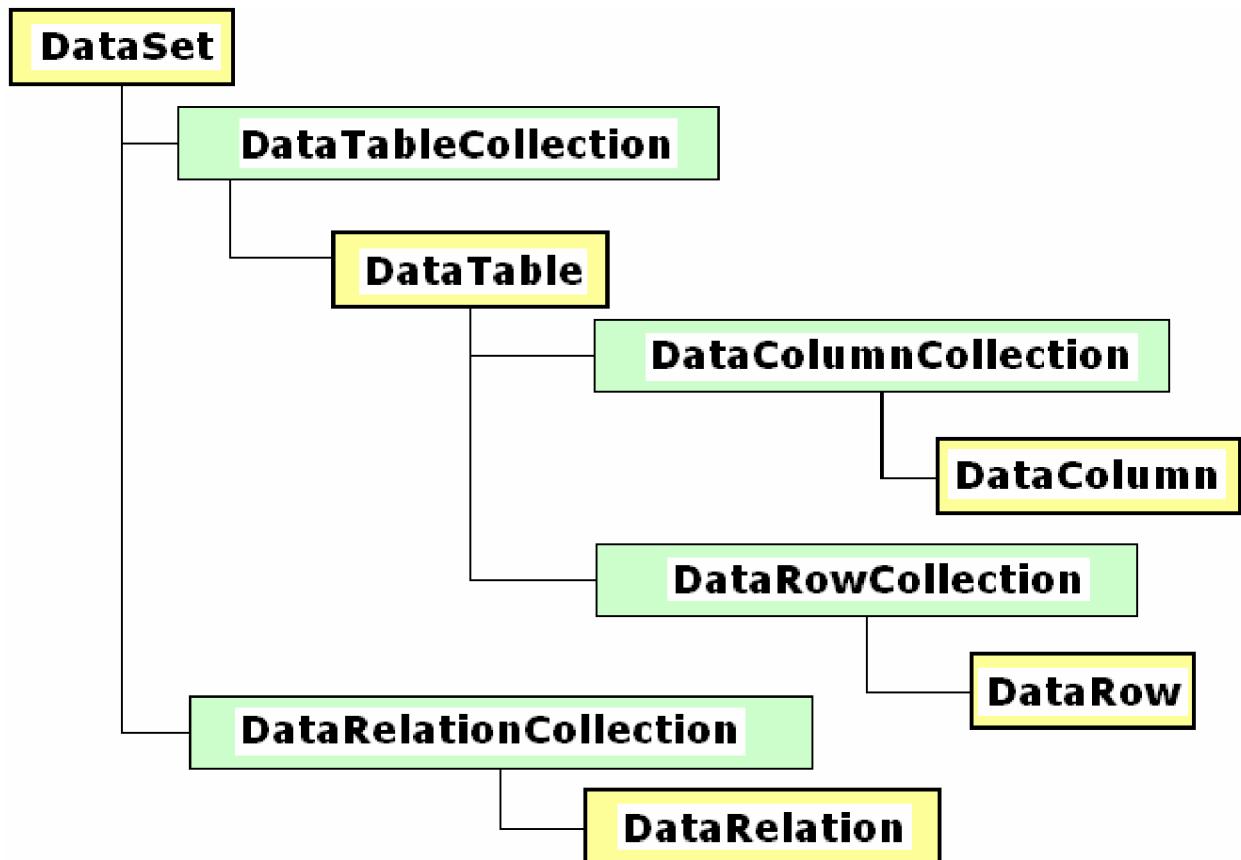


Le schéma général de la table d'un objet **DataTable** est donné par la famille des colonnes (l'objet **Columns**) chaque objet **DataColumn** de la collection représente une colonne de la table :

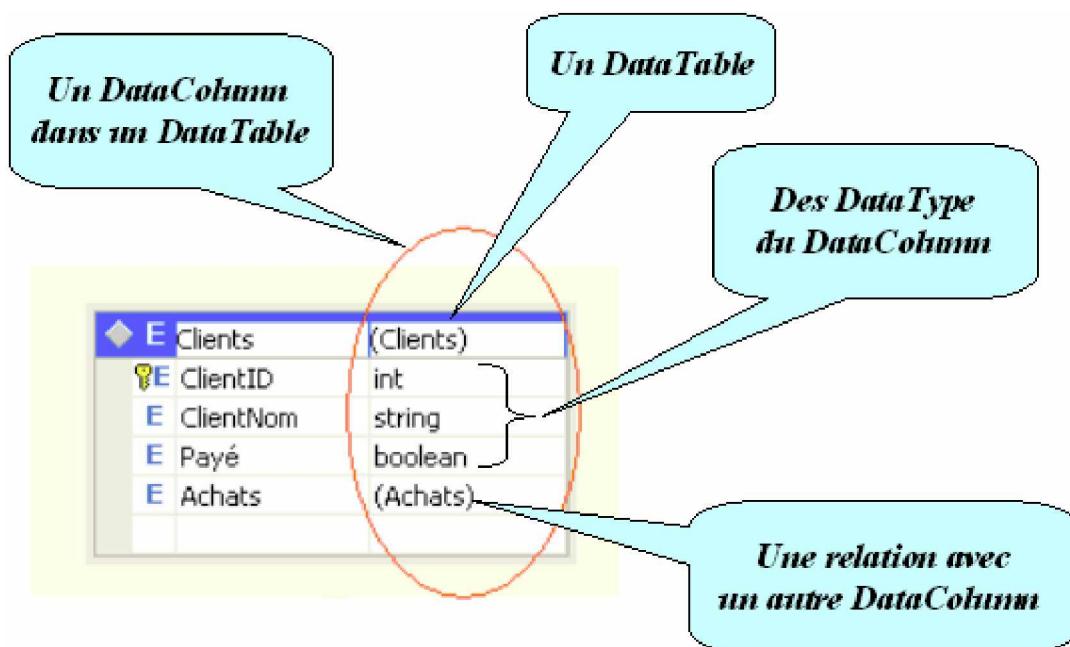


Pour résumer, un **DataSet** contient pour l'essentiel deux types d'objets :

- 1°) des objets **DataTable** inclus dans une **DataTableCollection**
- 2°) des objets **DataRelation** inclus dans une **DataRelationCollection**

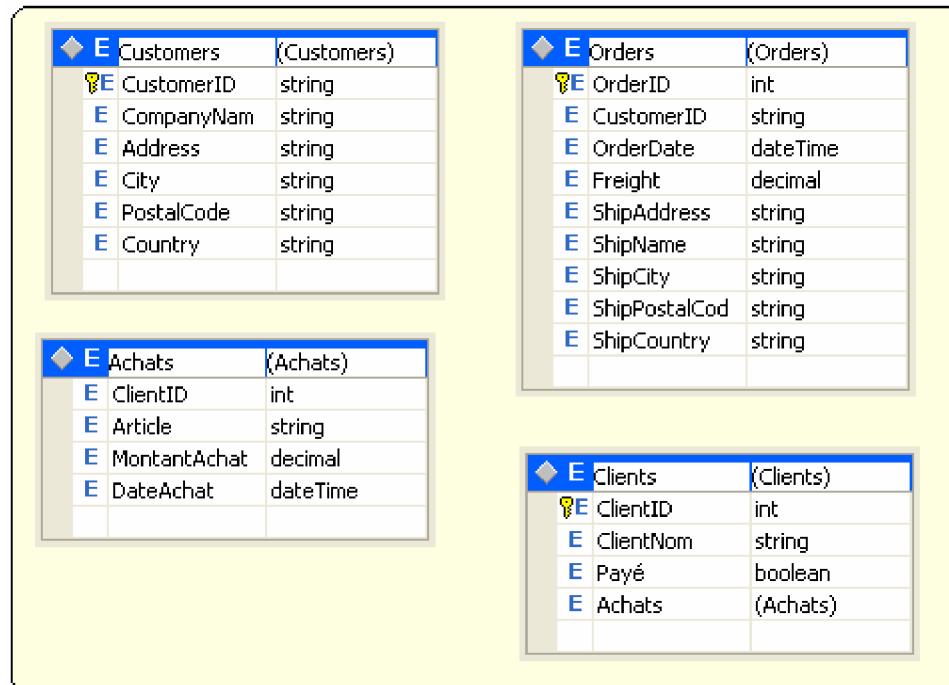


Une **DataRelationCollection** est une collection d'une ou plusieurs **DataRelation** qui représentent chacunes une relation entre deux **DataTable** dans le **DataSet**.

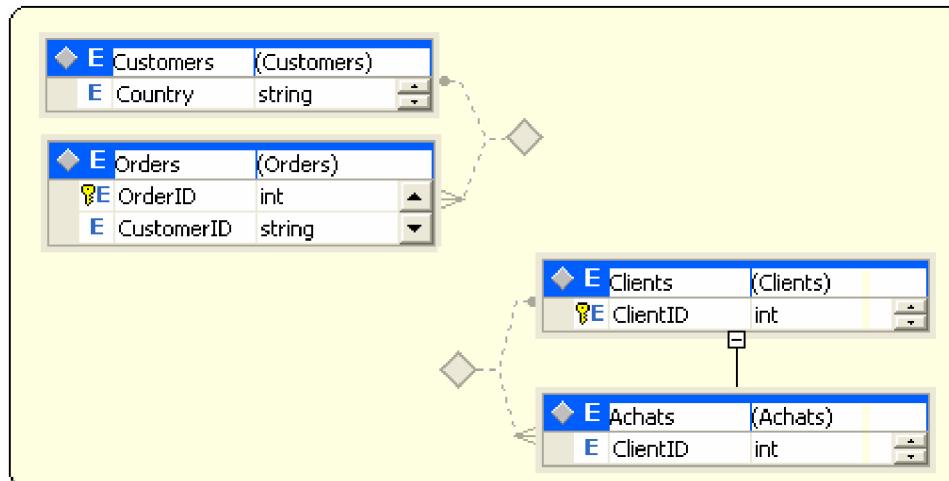


Voici une représentation fictive mais figurative d'un **DataSet** contenant 4 **DataTable** et 2 **DataRelation** :

La **DataTableCollection** du DataSet :



La **DataRelationCollection** du DataSet :



## 2. Crédation et utilisation d'un DataSet

Nous passons maintenant à la pratique d'utilisation d'un DataSet dans un programme C# de création de données selon la démarche suivante :

### Phase de mise en place :

- q Création d'un DataSet (un magasin).
- q Création de 2 DataTable (une table client, une table achats).
- q Définition du schéma de colonnes de chaque table par des DataColumn.
- q Définition d'une clef primaire.
- q Ajout des 2 tables au DataSet.
- q Ajout d'une relation entre les deux tables.

### Phase de manipulation des données proprement dites :

- q Ajouter, supprimer ou modifier des données ligne par ligne dans chaque table.

## Création d'un DataSet ( un magasin ) :

```
private DataSet unDataSet = new DataSet();
unDataSet.DataSetName = "Magasin" ;
```

## Création des deux tables :

```
private DataTable tabClients = new DataTable( "Clients" );
private DataTable tabAchats = new DataTable( "Achats" );
```

## Définition du schéma de 3 colonnes de la table Clients :

```
DataTable colClientID = new DataColumn( "ClientID", typeof(int) );
DataTable colClientNom = new DataColumn( "ClientNom" );
DataTable colPayed = new DataColumn( "Payé", typeof(bool) );
tabClients.Columns.Add(colClientID);
tabClients.Columns.Add(colClientNom);
tabClients.Columns.Add(colPayed);
```

## Définition du schéma de 4 colonnes de la table Achats :

```
DataTable colID = new DataColumn("ClientID", typeof(int));
DataTable colArticle = new DataColumn("Article", typeof(string));
DataTable colDateAchat = new DataColumn( "DateAchat", typeof(DateTime));
DataTable colMontantAchat = new DataColumn("MontantAchat", typeof(decimal));
tabAchats.Columns.Add(colID);
tabAchats.Columns.Add(colArticle);
tabAchats.Columns.Add(colMontantAchat);
tabAchats.Columns.Add(colDateAchat);
```

## Définition d'une clef primaire composée de 2 colonnes :

```
tabClients.PrimaryKey = new DataColumn[ ] { colClientID, colClientNom};
```

## Ajouter les 2 tables au DataSet :

```
unDataSet.Tables.Add(tabClients);
unDataSet.Tables.Add(tabAchats);
```

## Ajouter une relation "Liste des achats" entre les 2 tables :

```
// Créer une DataRelation entre colClientID et colID
DataRelation dr = new DataRelation("Liste des achats", colClientID , colID);

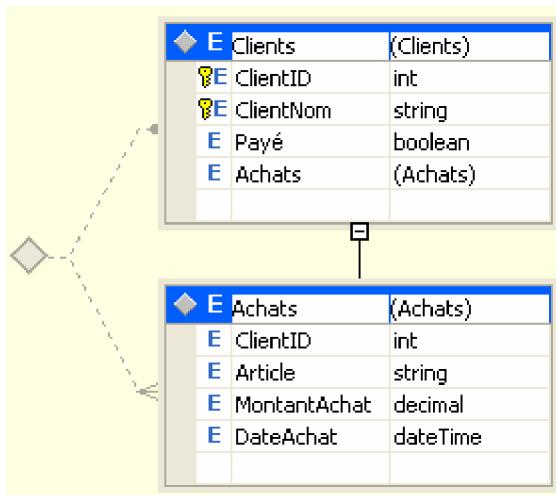
// ajouter cette relation dans le DataSet
unDataSet.Relations.Add(dr);

// imbrication de relation écrite dans le fichier xml:
dr.Nested=true;
```

La validation de toutes les modifications apportées au DataSet depuis son chargement s'effectue grâce à la méthode **AcceptChanges()**, on termine donc le code par la ligne :

```
unDataSet.AcceptChanges();
```

Le DataSet ainsi construit peut maintenant travailler en lecture et en écriture sur une structure de données construite sous forme de deux tables Clients et Achats reliées entre elles comme figuré ci-dessous :



## Exemple de création de données dans le DataSet :

```
enum typArticle { vélo, télévision, radio, cuisinière }

//-- remplissage direct des tables
// Déclaration d'un référence de ligne de données
DataRow newRow1;
// Création de 6 lignes de clients dans la table "Clients"
for(int i = 1; i <= 6; i++) {
    // Création de la ligne newRow1 possédant le même schéma que tabClients
    newRow1 = tabClients.NewRow();
    newRow1["ClientID"] = 1000+i;
    // Ajouter de la ligne newRow1 à la table tabClients
    tabClients.Rows.Add(newRow1);
}
// Remplissage de la colonne "ClientNom" de chaque ligne de clients créée
tabClients.Rows[0]["ClientNom"] = "Legrand";
tabClients.Rows[1]["ClientNom"] = "Fischer";
tabClients.Rows[2]["ClientNom"] = "Dupont";
tabClients.Rows[3]["ClientNom"] = "Durand";
tabClients.Rows[4]["ClientNom"] = "Lamiel";
tabClients.Rows[5]["ClientNom"] = "Renoux";

// Remplissage de la colonne "Payé" de chaque ligne de clients créée
tabClients.Rows[0]["Payé"] = true;
tabClients.Rows[1]["Payé"] = true;
tabClients.Rows[2]["Payé"] = false;
tabClients.Rows[3]["Payé"] = false;
tabClients.Rows[4]["Payé"] = true;
tabClients.Rows[5]["Payé"] = false;

// Déclaration d'un référence de ligne de données
DataRow newRow2;

/* pour chacun des 6 clients remplissage aléatoire des 4 colonnes selon
   un maximum de 7 lignes d'achats différents.
*/
Random gen = new Random();
int max ;
do{ max = gen.Next(8);}while(max==0);
for(int i = 1; i <= 6; i++){
    for(int j = 1; j < max; j++){
        // création d'une nouvelle ligne d'achats
        newRow2 = tabAchats.NewRow();
        newRow2["ClientID"] = 1000+i;
        newRow2["DateAchat"] = new DateTime(2005, gen.Next(12)+1, gen.Next(29)+1);
        newRow2["MontantAchat"] = Math.Round(gen.NextDouble()*1000,2);
        newRow2["Article"] = Enum.GetName(typeof(typArticle),gen.Next(5));
        // Ajouter la ligne à la table Achats
        tabAchats.Rows.Add(newRow2);
    }
    do{ max = gen.Next(8);}while(max==0);
}
```

## Affichage des données d'un DataSet

Voici affiché dans un composant visuel de NetFramework1.1 et NetFramework 2.0, le DataGridView, la table des Clients avec ses trois colonnes remplies par le programme précédent :

Affichage de la table des Clients		
ClientID	ClientNom	Payé
1001	Legrand	<input checked="" type="checkbox"/>
1002	Fischer	<input checked="" type="checkbox"/>
1003	Dupont	<input type="checkbox"/>
1004	Durand	<input type="checkbox"/>
1005	Lamiel	<input checked="" type="checkbox"/>
1006	Renoux	<input type="checkbox"/>
*		

Voici affiché dans un autre composant visuel DataGridView, la table des Achats avec ses quatre colonnes remplies par le programme précédent :

Affichage de la table des Achats (euros HT)				
	ClientID	Article	MontantAchat	DateAchat
▶	1001	téléviseur	653,1	24/07/2005
	1001	radio	866,27	24/06/2005
	1001	cuisinière	58,23	14/02/2005
	1002	radio	443,34	12/06/2005
	1002	vélo	679,42	10/02/2005
	1002	radio	111,33	23/03/2005
	1002	vélo	788,25	22/07/2005
	1002	cuisinière	877,68	03/07/2005

**Le composant DataGridView destiné à afficher une table de données, est remplacé dans la version 2.0 par le DataGridView, mais est toujours présent et utilisable.**

```
private System.Windows.Forms.DataGridView DataGridSimple;
```

Voici deux façons de lier ce composant visuel à la première table (la table Clients) du DataSet du programme de gestion du Magasin :

```
// Lie directement par le nom de la table le DataGrid au DataSet.  
DataGridSimple.SetDataBinding(unDataSet, "Clients");
```

```
// Lie indirectement par le rang, le DataGrid au DataSet sur la première table :  
DataGridSimple.SetDataBinding(unDataSet, unDataSet.Tables[0].TableName);
```

Enfin pour terminer la description des actions pratiques d'un DataSet, indiquons qu'il est possible de sauvegarder le schéma structuré (relation, clef primaire, tables,...) d'un DataSet dans un fichier de schémas au format **XSL**; il est aussi possible de sauvegarder toutes les données et leur structuration dans un fichier au format **XML**.

## Sauvegarde des données du DataSet aux formats XML et XSL :

```
// Stockage uniquement du schéma général du DataSet dans un fichier séparé  
unDataSet.WriteXmlSchema("Donnees.xsl");
```

```
// Stockage à la fois dans un même fichier du schéma et des données  
unDataSet.WriteXml("Donnees.xml", XmlWriteMode.WriteSchema);
```

### Fichier "Donnees.xsl" obtenu au format XSL

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>  
<xs:schema id="NewDataSet" xmlns="" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"  
xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">  
  <xs:element name="NewDataSet" msdata:IsDataSet="true" msdata:Locale="fr-FR">  
    <xs:complexType>  
      <xs:choice maxOccurs="unbounded">  
        <xs:element name="Clients">  
          <xs:complexType>  
            <xs:sequence>  
              <xs:element name="ClientID" type="xs:int" />  
              <xs:element name="ClientNom" type="xs:string" />  
              <xs:element name="Payé" type="xs:boolean" minOccurs="0" />  
              <xs:element name="Achats" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">  
                <xs:complexType>  
                  <xs:sequence>  
                    <xs:element name="ClientID" type="xs:int" minOccurs="0" />  
                    <xs:element name="Article" type="xs:string" minOccurs="0" />  
                    <xs:element name="MontantAchat" type="xs:decimal" minOccurs="0" />  
                    <xs:element name="DateAchat" type="xs:dateTime" minOccurs="0" />  
                  </xs:sequence>  
                </xs:complexType>  
              </xs:element>  
            </xs:sequence>  
          </xs:complexType>  
        </xs:element>  
      </xs:choice>  
    </xs:complexType>  
  <xs:unique name="Constraint1">  
    <xs:selector xpath=".//Clients" />  
    <xs:field xpath="ClientID" />  
  </xs:unique>  
  <xs:unique name="Constraint2" msdata:PrimaryKey="true">  
    <xs:selector xpath=".//Clients" />  
    <xs:field xpath="ClientID" />  
    <xs:field xpath="ClientNom" />  
  </xs:unique>
```

```

<xs:keyref name="Liste_x0020_des_x0020_achats" refer="Constraint1"
msdata:IsNested="true">
  <xs:selector xpath=".//Achats" />
  <xs:field xpath="ClientID" />
  </xs:keyref>
</xs:element>
</xs:schema>

```

### Fichier "Donnees.xml" obtenu format XML

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<NewDataSet>
  <xs:schema id="NewDataSet" xmlns="" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata">
    <xs:element name="NewDataSet" msdata:IsDataSet="true" msdata:Locale="fr-FR">
      <xs:complexType>
        <xs:choice maxOccurs="unbounded">
          <xs:element name="Clients">
            <xs:complexType>
              <xs:sequence>
                <xs:element name="ClientID" type="xs:int" />
                <xs:element name="ClientNom" type="xs:string" />
                <xs:element name="Payé" type="xs:boolean" minOccurs="0" />
                <xs:element name="Achats" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
                  <xs:complexType>
                    <xs:sequence>
                      <xs:element name="ClientID" type="xs:int" minOccurs="0" />
                      <xs:element name="Article" type="xs:string" minOccurs="0" />
                      <xs:element name="MontantAchat" type="xs:decimal" minOccurs="0" />
                      <xs:element name="DateAchat" type="xs:dateTime" minOccurs="0" />
                    </xs:sequence>
                  </xs:complexType>
                </xs:element>
                </xs:sequence>
              </xs:complexType>
            </xs:element>
            <xs:choice>
              </xs:choice>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:choice>
      </xs:complexType>
      <xs:unique name="Constraint1">
        <xs:selector xpath=".//Clients" />
        <xs:field xpath="ClientID" />
      </xs:unique>
      <xs:unique name="Constraint2" msdata:PrimaryKey="true">
        <xs:selector xpath=".//Clients" />
        <xs:field xpath="ClientID" />
        <xs:field xpath="ClientNom" />
      </xs:unique>
      <xs:keyref name="Liste_x0020_des_x0020_achats" refer="Constraint1"
      msdata:IsNested="true">
        <xs:selector xpath=".//Achats" />

```

```

<xs:field xpath="ClientID" />
</xs:keyref>
</xs:element>
</xs:schema>
<Clients>
<ClientID>1001</ClientID>
<ClientNom>Legrand</ClientNom>
<Payé>true</Payé>
<Achats>
<ClientID>1001</ClientID>
<Article>cuisinière</Article>
<MontantAchat>456.74</MontantAchat>
<DateAchat>2005-12-12T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
</Achats>
</Clients>
<Clients>
<ClientID>1002</ClientID>
<ClientNom>Fischer</ClientNom>
<Payé>true</Payé>
<Achats>
<ClientID>1002</ClientID>
<Article>radio</Article>
<MontantAchat>297.58</MontantAchat>
<DateAchat>2005-02-25T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
</Achats>
<Achats>
<ClientID>1002</ClientID>
<Article>télévison</Article>
<MontantAchat>715.1</MontantAchat>
<DateAchat>2005-07-19T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
</Achats>
<Achats>
<ClientID>1002</ClientID>
<Article>télévison</Article>
<MontantAchat>447.55</MontantAchat>
<DateAchat>2005-08-16T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
</Achats>
<Achats>
<ClientID>1002</ClientID>
<Article>cuisinière</Article>
<MontantAchat>92.64</MontantAchat>
<DateAchat>2005-09-23T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
</Achats>
<Achats>
<ClientID>1002</ClientID>
<Article>cuisinière</Article>
<MontantAchat>171.07</MontantAchat>
<DateAchat>2005-01-23T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
</Achats>
</Clients>
<Clients>
```

```

<ClientID>1003</ClientID>
<ClientNom>Dupont</ClientNom>
<Payé>false</Payé>
<Achats>
  <ClientID>1003</ClientID>
  <Article>aspirateur</Article>
  <MontantAchat>445.89</MontantAchat>
  <DateAchat>2005-02-11T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
</Achats>
</Clients>
<Clients>
  <ClientID>1004</ClientID>
  <ClientNom>Durand</ClientNom>
  <Payé>false</Payé>
  <Achats>
    <ClientID>1004</ClientID>
    <Article>téléviseur</Article>
    <MontantAchat>661.47</MontantAchat>
    <DateAchat>2005-11-15T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
  </Achats>
</Clients>
<Clients>
  <ClientID>1005</ClientID>
  <ClientNom>Lamiel</ClientNom>
  <Payé>true</Payé>
</Clients>
<Clients>
  <ClientID>1006</ClientID>
  <ClientNom>Renoux</ClientNom>
  <Payé>false</Payé>
  <Achats>
    <ClientID>1006</ClientID>
    <Article>cuisinière</Article>
    <MontantAchat>435.17</MontantAchat>
    <DateAchat>2005-06-22T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
  </Achats>
  <Achats>
    <ClientID>1006</ClientID>
    <Article>cuisinière</Article>
    <MontantAchat>491.3</MontantAchat>
    <DateAchat>2005-12-25T00:00:00.0000000+01:00</DateAchat>
  </Achats>
  <Achats>
    <ClientID>1006</ClientID>
    <Article>cuisinière</Article>
    <MontantAchat>388.81</MontantAchat>
    <DateAchat>2005-10-13T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
  </Achats>
  <Achats>
    <ClientID>1006</ClientID>
    <Article>radio</Article>

```

```
<MontantAchat>864.93</MontantAchat>
<DateAchat>2005-07-23T00:00:00.0000000+02:00</DateAchat>
</Achats>
</Clients>
</NewDataSet>
```

# **Les éléments principaux de la Version 2.0**



---

■ **Les Generics**

■ **Les classes partielles**

■ **Les méthodes anonymes**

■ **Les méthodes anonymes**

# Les Generics



---

Plan général:

## 1. Les generics

- 1.1 Une liste générale sans les generics
- 1.2 Une liste générale avec les generics
- 1.3 Une méthode avec un paramètre générique
- 1.4 Type générique contraint
- 1.5 Surcharge générique d'une classe

## 1. Les generics ou types paramétrés

Les generics introduits depuis la version 2.0 du C# permettent de construire des classes des structs, des interfaces, des delegates ou des méthodes qui sont paramétrés par un type qu'ils sont capables de stocker et de manipuler.

Le compilateur C# reconnaît un type paramétré (generic) lorsqu'il trouve un ou plusieurs identificateurs de type entre crochets <...> :

*Exemples de syntaxe de classes génériques*

```
//les types paramétrés peuvent être appliqués aux classes aux interfaces
interface IGeneric1<T>
{
}
class ClassGeneric1<UnType, Autre >
{
}
class ClassInt1 : ClassGeneric1<int, int >
{
}
class ClassInt2 <T> : ClassGeneric1<int, T >
{
}
class ClassInt3 <T, U> : ClassGeneric1<int, U >
{
}
```

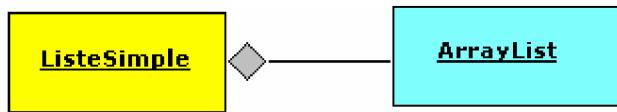
*Exemples de syntaxe de méthodes génériques*

```
//les types paramétrés peuvent être appliqués aux méthodes
class clA
{
    public void methode1<T>()
    {
    }
    public T[] methode2<T>()
    {
        return new T[10];
    }
}
```

### 1.1 Une liste générale sans les generics

On pourrait penser que le type object qui est la classe mère des types références et des types valeurs devrait suffire à passer en paramètre n'importe quel type d'objet. Ceci est en effet possible mais avec des risques de mauvais transystype dont les tests sont à la charge du développeur.

Considérons une classe **ListeSimple** contenant un objet ArrayList :



Nous souhaitons stocker dans cette classe des entiers de type **int** et afficher un élément de la liste de rang fixé. Nous écrirons un programme dans lequel nous rangeons deux entiers dans un objet listeSimpleInt de type **ListeSimple**, puis nous les affichons :

```

public class ListeSimple
{
    public ArrayList liste = new ArrayList();

    public void ajouter(object elt)
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
    public int afficherInt(int rang)
    {
        return (int) this.liste[rang];
    }
}

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ListeSimple listeSimpleInt = new ListeSimple();
        listeSimpleInt.ajouter(32);
        listeSimpleInt.ajouter(-58);
        int x;
        for(int i=0; i<=1;i++)
        {
            x = listeSimpleInt.afficherInt (i);
            Console.WriteLine("listeSimpleInt : " + x);
        }
        Console.WriteLine();
    }
}
  
```

*Qui affichera lors de l'exécution à la console :*

listeSimpleInt : 32  
listeSimpleInt : -58

**Remarque n°1 :**

Dans la méthode `afficherInt()` l'instruction "`return (int)this.liste[rang];`". Nous sommes obligés de transpiler l'élément de rang "i" car dans l'`ArrayList` nous avons stocké des éléments de type `object`.

**Remarque n°2 :**

Nous pouvons parfaitement ranger dans le même objet listeSimpleInt de type **ListeSimple** des **string** en construisant la méthode `afficherStr()` de la même manière que la méthode `afficherInt()` :

`public string afficherStr(int rang)`

```

    {
        return (string)this.liste[rang];
    }

```

Soit le code de la classe ainsi construite :

```

public class ListeSimple
{
    public ArrayList liste = new ArrayList();

    public void ajouter(object elt)
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
    public int afficherInt(int rang)
    {
        return (int)this.liste[rang];
    }
    public string afficherStr(int rang)
    {
        return (string)this.liste[rang];
    }
}

```

Si nous compilons cette classe, le compilateur n'y verra aucune erreur, car le type **string** hérite du type **object** tout comme le type **int**. Mais alors, si par malheur nous oublions lors de l'écriture du code d'utilisation de la classe, de ne ranger que des éléments du même type (soit uniquement des **int**, soit uniquement des **string**) alors l'un des transtypage produira une erreur.

Le programme ci-dessous range dans l'**ArrayList** un premier élément de type **int**, puis un second élément de type **string**, et demande l'affichage de ces deux éléments par la méthode **afficherInt()**. Aucune erreur n'est signalée à la compilation alors qu'il y a incompatibilité entre les types. Ceci est normal puisque le type de l'objet est obtenu dynamiquement :

```

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ListeSimple listeSimpleInt = new ListeSimple();
        listeSimpleInt.ajouter ( 32 );
        listeSimpleInt.ajouter ( "abcdef" );
        int x;
        for(int i=0; i<=1;i++)
        {
            x = listeSimpleInt. afficherInt ( i );
            Console.WriteLine("listeSimpleInt : " + x);
        }
        Console.WriteLine();
    }
}

```

Le transtypage du deuxième élément qui est une string en un **int**, est une erreur qui est signalée par le CLR lors de l'exécution :

The screenshot shows a code editor window with a class named `ListeSimple`. The code contains three methods: `ajouter`, `afficherInt`, and `afficherString`. The `afficherInt` method has a yellow arrow pointing to it from the left. A tooltip for the expression `this.liste[rang]` shows the count as 2 and elements [0] and [1]. The `afficherInt` method body is highlighted with a yellow background. An error dialog box titled "InvalidCastException was unhandled" is displayed, stating "Le cast spécifié n'est pas valide." (The specified cast is not valid). It includes a "Helping tips" section with information about casting and a "Actions" section with links to view details and copy the exception detail.

```

public class ListeSimple
{
    public ArrayList liste = new ArrayList();
    public void ajouter(object elt)
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
    public int afficherInt(int rang)
    {
        return (int)this.liste[rang];
    }
    public string afficherString()
    {
        return (string)this.liste[0];
    }
}

```

Il revient donc au développeur dans cette classe à prêter une attention de tous les instants sur les types dynamiques des objets lors de l'exécution et éventuellement de gérer les incompatibilités par des gestionnaires d'exception try...catch.

Nous allons voir dans le prochain paragraphe comment les generics améliorent la programmation de ce problème.

## 1.2 Une liste générale avec les generics

Nous construisons une classe de type T générique agrégeant une liste d'éléments de type T générique. Dans ce contexte il n'est plus nécessaire de transpiler, ni de construire autant de méthodes que de types différents à stocker.

```

public class ListeGenerique <T>
{
    List<T> liste = new List<T>();
    public void ajouter ( T elt )
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
    public T afficher(int rang)
    {
        return this.liste[rang];
    }
}

```

C'est dans le code source et donc lors de la compilation que le développeur définit le type <T> de l'élément et c'est le compilateur qui vérifie que chaque élément ajouté est bien de type <T> ainsi que chaque élément affiché est de type <T> :

L'instruction qui suit permet d'instancier à partir de la classe **ListeGenerique** un objet listeGenricInt d'éléments de type **int** par exemple :

```
| ListeGenerique<int> listeGenricInt = new ListeGenerique<int>();
```

On peut instancier à partir de la même classe **ListeGenerique** un autre objet listeGenricStr d'éléments de type **string** par exemple :

```
| ListeGenerique< string > listeGenricStr = new ListeGenerique< string >();
```

Le compilateur refusera le mélange des types :

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ListeGenerique<int> listeGenricInt = new ListeGenerique<int>();
        listeGenricInt.ajouter ( 32 );
        listeGenricInt.ajouter ( "abcdef" ); Ç erreur signalée par le compilateur ici !
        int x;
        for(int i=0; i<=1;i++)
        {
            x = listeGenricInt.afficher (i);
            Console.WriteLine("listeSimpleInt : " + x);
        }
        Console.WriteLine();
    }
}
```

Un programme correct serait :

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ListeGenerique<int> listeGenricInt = new ListeGenerique<int>();
        listeGenricInt.ajouter ( 32 );
        listeGenricInt.ajouter ( -58 );
        int x;
        for(int i=0; i<=1;i++)
        {
            x = listeGenricInt.afficher (i);
            Console.WriteLine("listeSimpleInt : " + x);
        }
        Console.WriteLine();
    }
}
```

On procéderait d'une manière identique avec un objet "**ListeGenerique< string >**" listeGenricStr = **new ListeGenerique< string >()**" dans lequel le compilateur n'acceptera que l'ajout d'éléments de type **string**.

### 1.3 Une méthode avec un paramètre générique

Nous reprenons la construction précédente d'une liste générique :

```
public class ListeGenerique <T>
{
    public List<T> liste = new List<T>();
    public void ajouter ( T elt )
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
    public T afficher(int rang)
    {
        return this.liste[rang];
    }
}
```

Nous ajoutons dans la classe Program une méthode générique "**static void afficher<T>(ListeGenerique<T> objet, int rang)**" qui reçoit en paramètre formel une liste générique nommée objet de type <T>, nous la chargeons d'afficher l'élément de rang k de la liste et le type dynamique de l'objet obtenu par la méthode GetType(). L'appel de la méthode afficher nécessite deux informations :

- a) le type paramétré de définition de l'objet passé en paramètre effectif, soit ici <int>,
- b) le paramètre effectif lui-même soit ici listeGenricInt.

```
class Program
{
    static void afficher<T>(ListeGenerique<T> objet, int k)
    {
        Console.WriteLine(objet.liste[k] + ", de type : " + objet.liste[k].GetType());
    }
    static void Main(string[] args)
    {
        ListeGenerique<int> listeGenricInt = new ListeGenerique<int>();
        listeGenricInt.ajouter ( 32 );
        listeGenricInt.ajouter ( -58 );
        afficher <int> ( listeGenricInt, 0 );
        Console.WriteLine();
    }
}
```

Résultat obtenu lors de l'exécution sur la console :

32, de type : System.Int32

### 1.4 Type générique constraint

Il est possible de contraindre un type paramétré à hériter d'une ou plusieurs classes génériques ou non et à implémenter une ou plusieurs interfaces classes génériques ou non en utilisant le mot clef where. Cette contrainte apporte deux avantages au développeur :

- 1°) améliorer la sécurité de vérification du typage lors de la compilation,
- 2°) réduire le transtypage.

Les options de contraintes d'un type paramétré sont les suivantes :

Syntaxe de la contrainte	Signification de la contrainte
<b>where T: struct</b>	Le type T doit être un type valeur.
<b>where T : class</b>	Le type T doit être un type référence.
<b>where T : new()</b>	Le type T doit avoir un constructeur sans paramètre explicite.
<b>where T : &lt;classeType&gt;</b>	Le type T doit hériter de la classe classeType
<b>where T : &lt;interfaceType&gt;</b>	Le type T doit implémenter l'interface interfaceType

Le(s) mot(s) clef **where** doit se situer avant le corps de la classe ou de la méthode.

### Syntaxe d'utilisation par l'exemple dans une classe :

```
class clA { .... }
interface IGeneric1<T> { .... }

class ClassGeneric<UnType, Autre>
    where UnType : clA, new()
    where Autre : class, IGeneric<UnType>
{
    .....
}
```

Dans l'exemple précédent la classe **ClassGeneric** est paramétrée par les deux types **UnType** et **Autre** qui supportent chacun une série de contraintes :

- q Le type **UnType** est contraint d'hériter de la classe **clA** et doit avoir un constructeur sans paramètre explicite.
- q Le type **Autre** est contraint d'être un type référence et doit implémenter l'interface **IGeneric** avec comme type paramétré **<UnType>**.

### Syntaxe d'utilisation par l'exemple dans une méthode :

```
public T meth1 < T, U >()
    where T : new()
    where U : ClassGeneric <T>
{
    return new T();
}
```

Dans l'exemple précédent la méthode **meth1** est paramétrée par les deux types **T** et **U** qui supportent chacun une série de contraintes (elle renvoie un résultat de type **T**) :

- q Le type **T** est contraint d'avoir un constructeur sans paramètre explicite.
- q Le type **U** est contraint d'hériter de la classe **ClassGeneric** avec **<T>** comme type paramétré.

## 1.5 Surcharge générique d'une classe

Les types paramétrés font partie intégrante de l'identification d'une classe aussi bien que le nom de la classe elle-même. A l'instar des méthodes qui peuvent être surchargées, il est possible pour une même classe de disposer de plusieurs surcharges : même nom, types paramètres différents.

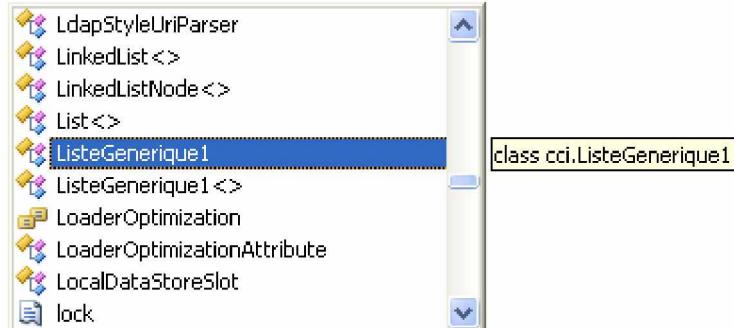
Voici par exemple **trois classes distinctes** pour le compilateur C#, chacune de ces classes n'a aucun rapport avec l'autre si ce n'est qu'elle porte le même nom et qu'elles correspondent chacune à une surcharge différente de la classe **ListeGenerique1** :

```
public class ListeGenerique1<T>
{
}
public class ListeGenerique1
{
}
public class ListeGenerique1<T, U>
{
}
```

Cet aspect comporte pour le développeur non habitué à la surcharge de classe à un défaut apparent de lisibilité largement compensé par l'audit de code dans Visual C#.

*Exemple d'instanciation sur la première surcharge générique :*

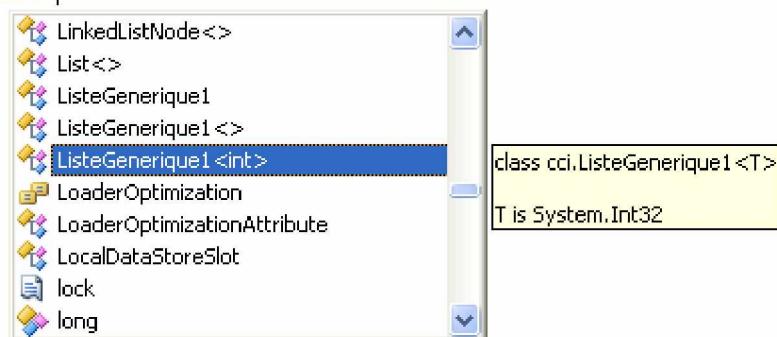
```
ListeGenerique1 obj1 = new |
```



*Exemple d'instanciation sur la seconde surcharge générique :*

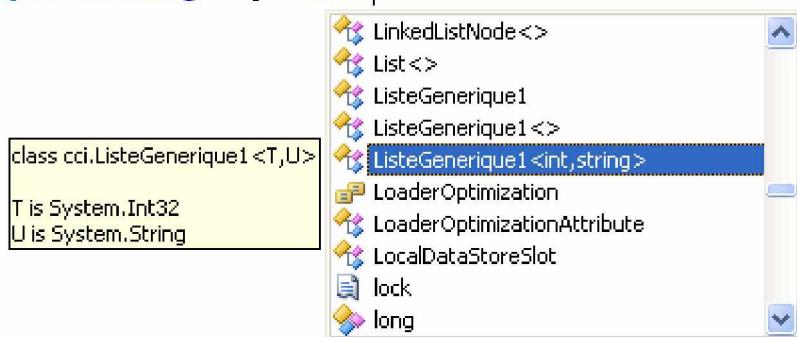
```
ListeGenerique1 obj1 = new ListeGenerique1();
```

```
ListeGenerique1<int> obj2 = new |
```



*Exemple d'instanciation sur la troisième surcharge générique :*

```
ListeGenerique1 obj1 = new ListeGenerique1();
ListeGenerique1<int> obj2 = new ListeGenerique1<int>();
ListeGenerique1<int,string> obj3 = new |
```



Les trois instanciations obtenues créent trois objets obj1 , obj2 , obj3 différents et de classe différente :

```
ListeGenerique1 obj1 = new ListeGenerique1();
ListeGenerique1<int> obj2 = new ListeGenerique1<int>();
ListeGenerique1<int, string> obj3 = new ListeGenerique1<int, string>();
```

On peut définir une surcharge générique d'une classe à partir d'une **autre surcharge générique de la même classe** :

```
public class ListeGenerique1<T, U>
{
}
public class ListeGenerique1<T> : ListeGenerique1<T, int>
{
}
```

Il est bien entendu possible de définir des surcharge générique d'une classe à partir d'**autres surcharges génériques d'une autre classe** :

```
public class ListeGenerique1<T, U> { ... }

public class ListeGenerique1<T> : ListeGenerique1<T, int> { ... }

public class ListeGenerique2 <U>: ListeGenerique1<string, U> { ... }

public class ListeGenerique2 : ListeGenerique1<string, int> { ... }

public class ListeGenerique2<T,U> : ListeGenerique1<T> { ... }
```

# Les types partiels



---

Plan général: [E](#)

## 1. Les types partiels

- 1.1 Déclaration de classe partielle
- 1.2 classe partielle : héritage, implémentation et imbrication
- 1.3 classe partielle : type générique et contraintes

## 1. types partiels

Depuis la version 2.0, C# accepte la définition de struct, de classe, d'interface séparées. Ce qui revient à pouvoir définir à plusieurs endroits distincts dans un même fichier, un des trois types précédents ou encore le même type peut voir sa définition répartie sur plusieurs fichiers séparés.

Pour permettre ce découpage en plusieurs morceaux d'un même type, il faut obligatoirement utiliser dans la déclaration et juste avant la caractérisation du type (**struct**, **class**, **interface**), le modificateur **partial**.

Syntaxe:

```
partial class Truc1 { ..... }
partial struct Truc2 { ..... }
partial interface Truc3 { ..... }
```

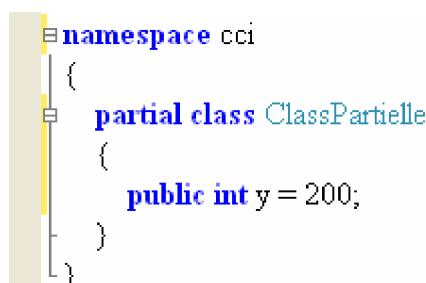
Les autres modificateurs définissant les qualités du type ( **static**, **public**, **internal**, **sealed**, **abstract** ) doivent se trouver avant le mot clef **partial** :

```
static public partial class Truc1 { ..... }
internal partial struct Truc2 { ..... }
public partial interface Truc3 { ..... }
```

### 1.1 Déclaration de classe partielle

Nous étudions dans ce paragraphe, les implications de la déclaration d'une classe partielle sur son utilisation dans un programme.

soit un fichier *partie1.cs* contenant la classe **ClassPartielle** possédant un attribut entier public y initialisé à 200 dans l'espace de nom **cci** :



```
namespace cci
{
    partial class ClassPartielle
    {
        public int y = 200;
    }
}
```

On peut définir dans un autre fichier *partie2.cs* la "suite" de la classe **ClassPartielle** avec un autre attribut **public** x initialisé à 100 dans l'espace de même nom **cci** :

```

    namespace cci
    {
        partial class ClassPartielle
        {
            public int x = 100;
        }
    }

```

Ajoutons dans le code du second fichier *partie2.cs*, une classe **Program** contenant la méthode **Main**, l'audit de code de C#, nous montre bien qu'un objet de type **ClassPartielle**, possède bien les deux attributs **x** et **y** :

```

    namespace cci
    {
        partial class ClassPartielle
        {
            public int x = 100;
        }

        class Program
        {
            static void Main(string[] args)
            {
                ClassPartielle Obj = new ClassPartielle();
                Obj.|_|
                {
                    Equals
                    GetHashCode
                    GetType
                    ToString
                    x
                    y int ClassPartielle.y
                }
            }
        }
    }

```

<b>3 déclarations partielles de la même classe</b>	<b>Implications sur la classe</b>
<pre> <b>partial class</b> ClassPartielle {     <b>public int</b> x = 100; } ... <b>sealed partial class</b> ClassPartielle {     <b>public int</b> y = 200; } ... <b>internal partial class</b> ClassPartielle {     <b>public int</b> z = 300; } </pre>	<p>La classe est considérée par le compilateur comme possédant la réunion des deux qualificateurs <b>sealed</b> et <b>internal</b> :</p> <p><b>sealed internal partial class</b> ClassPartielle</p> <pre> {     .... } </pre>

**Attention** le compilateur C# vérifie la cohérence entre tous les déclarations différentes des qualificateurs d'une même classe partielle. Il décèlera par exemple une erreur dans les

déclarations suivantes :

```
public partial class ClassPartielle {  
    public int x = 100;  
}  
....  
internal partial class ClassPartielle {  
    public int y = 200;  
}
```

Dans l'exemple ci-dessus, nous aurons le message d'erreur du compilateur C# suivant :  
**Error** : Les déclarations partielles de 'ClassPartielle' ont des modificateurs d'accès en conflit.

**Conseil** : pour maintenir une bonne lisibilité du programme mettez tous les qualificateurs devant chacune des déclarations de classe partielle.

```
sealed internal partial class ClassPartielle {  
    public int x = 100;  
}  
....  
sealed internal partial class ClassPartielle {  
    public int y =  
}  
....etc
```

**Conseil** : ne pas abuser du concept partial, car bien que pratique, la dissémination importante des membres d'une classe dans plusieurs fichiers peut nuire à la lisibilité du programme !

## 1.2 classe partielle : héritage, implémentation et imbrication

### Héritage de classe

Si une classe partielle **ClassPartielle** hérite dans l'une de ses définitions d'une autre classe **ClasseA** partielle ou non, cet héritage s'étend implicitement à toutes les autres définitions de **ClassPartielle** :

```
public class ClasseA {  
....  
}  
public partial class ClassPartielle : ClasseA {  
    public int x = 100;  
}....  
public partial class ClassPartielle {  
    public int y = 200;  
}....  
public partial class ClassPartielle {  
    public int z = 300;  
}....
```

**Conseil** : pour maintenir une bonne lisibilité du programme mettez la qualification d'héritage dans chacune des déclarations de la classe partielle.

```

public class ClasseA {
    ...
}
public partial class ClassPartielle : ClasseA {
    public int x = 100;
}
public partial class ClassPartielle : ClasseA {
    public int y = 200;
}
public partial class ClassPartielle : ClasseA {
    public int z = 300;
}

```

## Implémentation d'interface

Pour une classe partielle implémentant une ou plusieurs interfaces le comportement est identique à celui d'une classe partielle héritant d'une autre classe. Vous pouvez écrire :

```

public interface InterfA { ... }
public interface InterfB { ... }

public partial class ClassPartielle : InterfA {
    public int x = 100;
}....
public partial class ClassPartielle : {
    public int y = 200;
}....
public partial class ClassPartielle : InterfB {
    public int z = 300;
}....

```

Ecriture plus lisible conseillée :

```

public interface InterfA { ... }
public interface InterfB { ... }

public partial class ClassPartielle : InterfA , InterfB {
    public int x = 100;
}....
public partial class ClassPartielle : InterfA , InterfB {
    public int y = 200;
}....
public partial class ClassPartielle : InterfA , InterfB {
    public int z = 300;
}....

```

## Classe imbriquée

Les classes imbriquées de C# peuvent être définies sous forme de classes partielles.

Exemple d'imbrication dans une classe non partielle :

```

class classeMere
{
    partial class classeA

```

```

{
}
.....
partial class classeA
{
}
}

```

imbrication dans une classe partielle :

```

partial class classeMere
{
    partial class classeA
    {
    }
    .....
    partial class classeA
    {
    }
}
.....
partial class classeMere
{
    partial class classeA
    {
    }
    .....
    partial class classeA
    {
    }
}

```

### **1.3 classe partielle : type générique et contraintes**

#### **Une classe générique peut être partielle**

soit la classe de liste générique définie plus haut mise sous forme de 3 définitions partielles :

Première définition partielle :

```

public partial class ListeGenerique <T>
{
    List<T> liste = new List<T>();
}

```

Seconde définition partielle :

```

public partial class ListeGenerique <T>
{
    public void ajouter ( T elt )
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
}

```

Troisième définition partielle :

```
public partial class ListeGenerique <T>
{
    public T afficher(int rang)
    {
        return this.liste[rang];
    }
}
```

Notons que le ou les types génériques paramétrant la classe partielle doivent obligatoirement être présents, sauf à respecter les conventions de la surcharge générique de classe vue plus haut.

## Une classe partielle peut avoir des surcharges génériques partielles

Dans ce cas aussi nous ne saurions que trop conseiller au lecteur d'écrire explicitement dans toutes les définitions partielles d'une même surcharge, les mêmes listes de types paramétrés de la définition.

Notre exemple ci-dessous montre trois surcharges génériques d'une classe `ListeGenerique1` : soit `ListeGenerique1`, `ListeGenerique1<T>` et `ListeGenerique1<T, U>`, chaque surcharge générique est déclarée sous forme de deux définitions de classes partielles.

```
public partial class ListeGenerique1<T>
{
}
public partial class ListeGenerique1<T>
{
}
public partial class ListeGenerique1
{
}
public partial class ListeGenerique1
{
}
public partial class ListeGenerique1<T, U>
{
}
public partial class ListeGenerique1<T, U>
{
}
```

## Types génériques contraints dans les classes partielles

Il semble inutile de jongler avec les exclusions possibles ou non sur la position des différents paramètres de la clause **where** dans plusieurs déclarations d'une même classe partielle, nous proposons de jouer la lisibilité en explicitant la (les) même(s) clause(s) **where** dans chaque déclaration de la classe partielle :

### Première déclaration partielle :

```
public class ClasseA { .... }
public interface InterfB { ... }
```

```
public partial class ListeGenerique <T>
  where T : ClasseA , InterfB , new()
{
    List<T> liste = new List<T>();
```

### Seconde déclaration partielle :

```
public partial class ListeGenerique <T>
  where T : ClasseA , InterfB , new()
{
    public void ajouter ( T elt )
    {
        this.liste.Add(elt);
    }
}
```

### Troisième déclaration partielle :

```
public partial class ListeGenerique <T>
  where T : ClasseA , InterfB , new()
{
    public T afficher(int rang)
    {
        return this.liste[rang];
    }
}
```

# Les méthodes anonymes



---

Plan général: [E](#)

## 1. Les méthodes anonymes

- 1.1 délégué et méthode anonyme
- 1.2 Création pas à pas d'une méthode anonyme
- 1.3 Gestionnaire anonyme d'événement classique sans information
- 1.4 Gestionnaire anonyme d'événement personnalisé avec information
- 1.5 Les variables capturées par une méthode anonyme
- 1.6 Les méthodes anonymes sont implicitement de classe ou d'instance
- 1.7 Comment les méthodes anonymes communiquent entre elles

# 1. Les méthodes anonymes

Le concept de méthode anonyme dans C# est semblable au concept de classe anonyme en Java très utilisé pour les écouteurs.

L'objectif est aussi dans C# de réduire les lignes de code superflues tout en restant lisible. Les méthodes anonymes en C# sont intimement liées aux délégués.

## 1.1 Délégué et méthode anonyme

Là où le développeur peut mettre un objet délégué, il peut aussi bien mettre une méthode anonyme. Lorsque dans le programme, il n'est pas nécessaire de connaître le nom de la méthode vers laquelle pointe un délégué, les méthodes anonymes sont alors un bon outil de simplification du code.

Prenons un exemple d'utilisation classique d'un délégué censé permettre fictivement de pointer vers des méthodes de recherche d'un nom dans une liste. Rappelons la démarche générale pour la manipulation de ce concept :

```
// 1°) la classe de délégué
delegate string DelegListe(int rang);

class ClassMethodeAnonyme
{
    // 2°) la méthode vers laquelle va pointer le délégué
    private string searchNom1(int x)
    {
        return "found n° "+Convert.ToString(x);
    }
    public void utilise()
    {
        // 3°) création d'un objet délégué pointant vers la méthode
        DelegListe search1 = new DelegListe(searchNom1);
        Console.WriteLine(search1(1));
    }
}
```

Reprendons les mêmes éléments mais avec une méthode anonyme :

```
// 1°) la classe de délégué
delegate string DelegListe(int rang);

class ClassMethodeAnonyme
{
    // 2°) la méthode anonyme vers laquelle pointe le délégué
    private DelegListe searchNom2 = delegate ( int x )
    {
        return "found n° "+Convert.ToString(x);
    }
}
```

```

public void utilise()
{
    Console.WriteLine(searchNom2 (2));
}

```

## 1.2 Création pas a pas d'une méthode anonyme

Explicitons la démarche ayant conduit à l'écriture du remplacement dans le premier paragraphe précédent des étapes 2° et 3° par la seule étape 2° avec une méthode anonyme dans le second paragraphe.

1°) Une méthode anonyme est dclar e par le mot clef genal **delegate** avec son corps de méthode complet :

```

delegate ( int x )
{
    return "found n° "+Convert.ToString(x);
}

```

2°) On utilise une référence de **delegate** , ici searchNom2, de type **DelegListe** :

```
private DelegListe searchNom2 ;
```

3°) Une méthode anonyme possède la signature de la classe **delegate** avec laquelle on souhaite l'utiliser (ici **DelegListe** ) directement par l'affectation à une référence de **delegate** appropri e :

```

private DelegListe searchNom2 = delegate ( int x )
{
    return "found n° "+Convert.ToString(x);
} ;

```

Si le lecteur souhaite exécuter l'exemple complet, voici le code de la méthode Main de la classe principale affichant les résultats fictifs :

```

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        ClassMethodeAnonyme obj = new ClassMethodeAnonyme();
        obj.utilise();
        Console.ReadLine();
    }
}

```

### **1.3 Gestionnaire anonyme d'événement classique sans information**

Reprenons un exemple de construction et d'utilisation d'un **événement classique sans information** comme le click sur le bouton dans la fenêtre ci-dessous, et utilisons un gestionnaire d'événements anonyme.



La démarche classique (prise en charge automatiquement dans les environnements Visual Studio et Borland Studio) est la suivante :

- q Créer et faire pointer l'événement Click (qui est un **delegate**) vers un nom de gestionnaire déjà défini (ici button1\_Click) :

```
this.button1.Click += new System.EventHandler(this.button1_Click);
```

- q Définir le gestionnaire button1\_Click selon la signature du **delegate** :

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    textBox1.Text = "click sur bouton-1";
}
```

L'utilisation d'un **gestionnaire anonyme** réduit ces deux instructions à une seule et au même endroit :

```
this.button1.Click += delegate (object sender, System.EventArgs e)
{
    textBox1.Text = "click sur bouton-1";
};
```

### **1.4 Gestionnaire anonyme d'événement personnalisé avec information**

Soit un exemple d'utilisation de 4 gestionnaires anonymes d'un même événement personnalisé avec information appelé **Enlever**. Pour la démarche détaillée de création d'un tel événement que nous appliquons ici, nous renvoyons le lecteur au chapitre "Événements" de cet ouvrage.

Nous déclarons une classe d'informations sur un événement personnalisé :

```
| public class EnleverEventArgs : EventArgs { ... }
```

Nous déclarons la classe delegate de l'événement personnalisé :

```
| public delegate void DeleugeEnleverEventHandler (object sender,  
| EnleverEventArgs e);
```

Nous donnons le reste sans explication supplémentaire autre que les commentaires inclus dans le code source,

```
using System;  
using System.Collections;  
  
namespace cci {  
  
    //--> 1°) classe d'informations personnalisées sur l'événement  
    public class EnleverEventArgs : EventArgs  
    {  
        public string info;  
        public EnleverEventArgs(string s)  
        {  
            info = s;  
        }  
    }  
    //--> 2°) déclaration du type délégation normalisé  
    public delegate void DeleugeEnleverEventHandler(object sender, EnleverEventArgs e);  
  
    public class ClassA  
    {  
        //--> 3°) déclaration d'une référence event de type délégué :  
        public event DeleugeEnleverEventHandler Enlever;  
        //--> 4.1°) méthode protégée qui déclenche l'événement :  
        protected virtual void OnEnlever(object sender, EnleverEventArgs e)  
        {  
            //....  
            if (Enlever != null) Enlever(sender, e);  
            //....  
        }  
        //--> 4.2°) méthode publique qui lance l'événement :  
        public void LancerEnlever()  
        {  
            //....  
            EnleverEventArgs evt = new EnleverEventArgs("événement déclenché");  
            OnEnlever(this, evt);  
            //....  
        }  
    }  
  
    public class ClasseUse  
    {  
        //--> 5°) la méthode permettant l'utilisation des gestionnaires anonymes  
        static public void methodUse()  
        {  
            ClassA ObjA = new ClassA();  
            ClasseUse ObjUse = new ClasseUse();  
  
            //--> 6°) abonnement et définition des 4 gestionnaires anonymes :  
            ObjA.Enlever += delegate(object sender, EnleverEventArgs e)  
            {  
                //...gestionnaire d'événement Enlever: méthode d'instance.  
                System.Console.WriteLine("information utilisateur 100 : " + e.info);  
            };  
        }  
    }
```

```

ObjA.Enlever += delegate(object sender, EnleverEventArgs e)
{
    //...gestionnaire d'événement Enlever: méthode d'instance.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 101 : " + e.info);
};

ObjA.Enlever += delegate(object sender, EnleverEventArgs e)
{
    //...gestionnaire d'événement Enlever: méthode d'instance.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 102 : " + e.info);
};

ObjA.Enlever += delegate(object sender, EnleverEventArgs e)
{
    //...gestionnaire d'événement Enlever: méthode de classe.
    System.Console.WriteLine("information utilisateur 103 : " + e.info);
};

//--> 7°) consommation de l'événement:
ObjA.LancerEnlever(); //...l'appel à cette méthode permet d'invoquer l'événement Enlever
}

static void Main(string[] args)
{
    ClasseUse.methodUse();
    Console.ReadLine();
}
}

```

*Résultats d'exécution du programme précédent avec gestionnaires anonymes :*

```

D:\CsBuilder\EventPerso\bin\Debug\ProjEventPerso.exe
information utilisateur 100 : événement déclenché
information utilisateur 101 : événement déclenché
information utilisateur 102 : événement déclenché
information utilisateur 103 : événement déclenché

```

## 1.5 Les variables capturées par une méthode anonyme

Une méthode anonyme accède aux données locales du bloc englobant dans lequel elle est définie.

- q Les variables locales utilisables par une méthode anonyme sont appelées **variables externes**.
- q Les variables utilisées par une méthode anonyme sont appelées les **variables externes capturées**.

*Exemple :*

```

int y=100; // variable externe au bloc anonyme

.... = delegate (int x)
{
    y=x-3; // variable externe x capturée par le bloc anonyme
};
....
```

Tous type de variables (valeur ou référence) peut être capturé par un bloc anonyme.

Le bloc englobant peut être une méthode :

```
delegate string DelegateListe(int rang);
.....
public void utilise ()
{
    int entier = 100; //...variable locale type valeur
    object Obj = null; //... variable locale type référence

    DelegateListe searchNum = delegate(int x)
    {
        entier = 99; //...variable capturée
        Obj = new object(); //...variable capturée
        return "found n° " + Convert.ToString(x);
    };
    Console.WriteLine("static : " + searchNum(2));
}
```

Le bloc englobant peut être une classe :

```
delegate string DelegateListe(int rang);

class ClasseA
{
    static int entierStatic = 100; //...champ de classe type valeur
    int entierInstance = 200; //...champ d'instance type valeur
    object Obj = null; //... champ d'instance type référence

    public void utiliseMembre ()
    {
        DelegateListe searchNum = delegate(int x)
        {
            entierStatic++; //...variable capturée
            entierInstance++; //...variable capturée
            Obj = new object(); //...variable capturée
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(1 ) );
    }
}
```

Il est bien sûr possible de combiner les deux genres de variables capturées, soit local, soit membre.

## 1.6 Les méthodes anonymes sont implicitement de classe ou d'instance

Une méthode anonyme peut être implicitement de classe ou bien implicitement d'instance **uniquement**, selon que le délégué qui pointe vers la méthode est lui-même dans une méthode de classe ou une méthode d'instance.

Le fait que le délégué qui pointe vers une méthode anonyme soit explicitement **static**, n'induit pas que la méthode anonyme soit de classe; c'est la méthode englobant la méthode anonyme qui impose son modèle **static** ou d'instance.

a) Exemple avec **méthode englobante d'instance** et **membre délégué d'instance** explicite :

```
delegate string DelegateListe(int rang);

class ClasseA
{
    static int entierStatic = 100; //... membre de classe type valeur
    int entierInstance = 200; //... membre d'instance type valeur
    object Obj = null; //... membre d'instance type référence
    DelegateListe searchNum; //...membre délégué d'instance

    public void utiliseMembre ()
    {
        searchNum = delegate(int x)
        {
            entierStatic++; //...variable de classe capturée
            entierInstance++; //...variable d'instance capturée
            Obj = new object (); //...variable d'instance capturée
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(1) );
    }
}
```

b) Exemple avec **méthode englobante d'instance** et **membre délégué de classe** explicite :

```
delegate string DelegateListe(int rang);

class ClasseA
{
    static int entierStatic = 100; //... membre de classe type valeur
    int entierInstance = 200; //... membre d'instance type valeur
    object Obj = null; //... membre d'instance type référence
    static DelegateListe searchNum; //...membre délégué de classe

    public void utiliseMembre ()
    {
        searchNum = delegate(int x)
        {
            entierStatic++; //...variable de classe capturée
            entierInstance++; //...variable d'instance capturée
            Obj = new object (); //...variable d'instance capturée
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(2) );
    }
}
```

c) Exemple avec **méthode englobante de classe** et **membre délégué de classe** explicite :

```
delegate string DelegateListe(int rang);
```

```

class ClasseA
{
    static int entierStatic = 100; //... membre de classe type valeur
    int entierInstance = 200; //... membre d'instance type valeur
    object Obj = null; //... membre d'instance type référence
    static DelegateListe searchNum; //...membre délégué de classe

    public static void utiliseMembre ( )
    {
        searchNum = delegate(int x)
        {
            entierStatic++; //...variable static capturée
            entierInstance++; erreur de compilation membre d'instance non autorisé
            Obj = new object (); erreur de compilation membre d'instance non autorisé
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(3) );
    }
}

```

d) Exemple avec **méthode englobante de classe** et **membre délégué d'instance** explicite :

```

delegate string DelegateListe(int rang);

class ClasseA
{
    static int entierStatic = 100; //... membre de classe type valeur
    int entierInstance = 200; //... membre d'instance type valeur
    object Obj = null; //... membre d'instance type référence
    DelegateListe searchNum; //...membre délégué d'instance

    public static void utiliseMembre ( )
    {
        searchNum = delegate(int x) erreur de compilation le membre doit être static
        {
            entierStatic++; //...variable static capturée
            entierInstance++; erreur de compilation membre d'instance non autorisé
            Obj = new object (); erreur de compilation membre d'instance non autorisé
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(4) );
    }
}

```

Nous remarquons dans les exemples précédents, que le délégué **searchNum** qui pointe vers la méthode anonyme **delegate(int x) { ... }** possède bien les mêmes caractéristiques que la méthode englobante **utiliseMembre ()**. C'est pourquoi dans les exemples (c) et (d) **searchNum** est implicitement **static** comme **utiliseMembre()** et donc les erreurs signalées par le compilateur dans la méthode anonyme, sont des erreurs classiques commises sur une méthode qui est **static** et qui ne peut accéder qu'à des entités elles-mêmes **static**.

## 1.7 Comment les méthodes anonymes communiquent entre elles

La notion de variable externe capturée par une méthode anonyme permet à plusieurs méthodes anonymes déclarées dans le même bloc englobant de partager et donc capturer les mêmes variables externes.

Ces variables sont donc comme des variables communes à toutes les méthodes anonymes qui peuvent ainsi communiquer entre elles comme dans l'exemple ci-dessous où deux méthodes anonymes pointées l'une par le délégué **searchNum**, l'autre par le délégué **combiendeSearch** partagent les mêmes variables **numero** (variable locale au bloc englobant) et **nbrDeRecherche** membre d'instance de la classe :

```
class ClasseA
{
    int nbrDeRecherche = 0; //... membre d'instance type valeur
    DelegateListe searchNum; //...membre délégué d'instance
    DelegateConsulter combienDeSearch; //...membre délégué d'instance

    public void utiliseMembre()
    {
        int numero = 12345;
        searchNum = delegate(int x)
        {
            nbrDeRecherche++; //...variable d'instance capturée
            numero++; //...variable locale capturée
            return "found n° " + Convert.ToString(x);
        };
        combienDeSearch = delegate()
        {
            return "nombre de recherches effectuées : " + Convert.ToString(nbrDeRecherche)
                + ", numéro : " + Convert.ToString(numero);
        };
        Console.WriteLine( searchNum(50) );
        Console.WriteLine( combienDeSearch() );
    }
}
```

Résultats obtenu lors de l'exécution sur la console :

```
found n° 50
nombre de recherches effectuées : 1 , numéro : 12346
```

**Attention** : une méthode anonyme ne s'exécute que lorsque le délégué qui pointe vers elle est lui-même invoqué, donc les actions effectuées sur des variables capturées ne sont effectives que lors de l'invocation du délégué.

Si nous reprenons la classe précédente et que nous reportions l'initialisation "**numero = 12345;**" de la variable locale **numero** dans la première méthode anonyme, nous aurons un message d'erreur du compilateur :

```
class ClasseA
{
    int nbrDeRecherche = 0; //... membre d'instance type valeur
    DelegateListe searchNum; //...membre délégué d'instance
    DelegateConsulter combienDeSearch; //...membre délégué d'instance
```

```
public void utiliseMembre()
{
    int numero; //...variable locale non initialisée
    searchNum = delegate(int x)
    {
        nbrDeRecherche++; //...variable d'instance capturée
        numero= 12345; //...variable locale capturée et initialisée
        return "found n° " + Convert.ToString(x);
    };
    combienDeSearch = delegate()
    {
        return "nombre de recherches effectuées : " + Convert.ToString(nbrDeRecherche)
            + " , numéro : "
            + Convert.ToString(numero); Q_ erreur de compilation variable numero non initialisée !
    };
    Console.WriteLine( searchNum(50) );
    Console.WriteLine( combienDeSearch() );
}
}
```

# Types abstraits de données

Implantation avec des classes génériques en C#



---

Plan du chapitre: [E](#)

## 1. Types abstraits de données et classes en C#

- 1.1 Traduction générale TAD → C#
- 1.2 Exemples de Traduction TAD → C#
- 1.3 Variations sur les spécifications d'implantation
- 1.4 Exemples d'implantation de la liste linéaire
- 1.5 Exemples d'implantation de la pile LIFO
- 1.6 Exemples d'implantation de la file FIFO

## 1. Types abstraits de données et classes en C#

Dans cette partie nous adoptons un point de vue pratique dirigé par l'implémentation sous une forme accessible à un débutant des notions de type abstrait de donnée.

Nous allons proposer une écriture des TAD avec des classes C# :

- La notion classique de **classe**, contenue dans tout langage orienté objet, se situe au niveau 2 de cette hiérarchie **constitue une meilleure approche de la notion de TAD.**

En fait un TAD sera bien décrit par les membres « **public** » d'une **classe** et se traduit presque immédiatement ; le travail de traduction des préconditions est à la charge du développeur et se trouvera dans le corps des méthodes.

### 1.1 Traduction générale TAD → classe C#

Nous proposons un tableau de correspondance pratique entre la signature d'un TAD et les membres d'une classe :

<i>syntaxe du TAD</i>	<i>squelette de la classe associée</i>
<b>TAD Truc</b>	<b>class Truc {</b>
<b>utilise</b> TAD <sub>1</sub> , TAD <sub>2</sub> ,...,TAD <sub>n</sub>	Les classes TAD <sub>1</sub> ,...,TAD <sub>n</sub> sont déclarées dans le même espace de nom que truc (sinon le global par défaut)
<b>champs</b> .....	<b>attributs</b> .....
<b>opérations</b> Op1 : E x F → G Op2 : E x F x G → H x S .....	<b>public G Op1(E x, F y) {}</b> <b>public void Op2( E x, F y, G, ref H t, ref S u ) { }</b> .....
<b>FinTAD-Truc</b>	<b>}</b>

Reste à la charge du programmeur l'écriture du code dans le corps des méthodes Op1 et Op2

### 1.2 Exemples de Traduction TAD → classe C#

Le TAD Booléens implanté sous deux spécifications concrètes en C# avec deux types scalaires différents.

#### Spécification opérationnelle concrète n°1

Les constantes du type Vrai, Faux sont représentées par deux attributs de type entier dans un type structure nommé « logique » :

```
public struct logique
{
    static public int Faux = 0;
    static public int Vrai = 1;
}
```

Voici l'interface de la unit traduite et le TAD :

<u>TAD</u> : Booléens <u>Champs</u> : <u>Opérations</u> : Vrai : → Booléens Faux : → Booléens Et : Booléens x Booléens → Booléens Ou : Booléens x Booléens → Booléens Non : Booléens → Booléens  <u>FINTAD</u> -Booléens	<b>class</b> Booleens { <b>public</b> logique val;  <b>public</b> Booleens Et (Booleens x, Booleens y) {} <b>public</b> Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) {} <b>public</b> Booleens Non (Booleens x) {} }
---	---

## Spécification opérationnelle concrète n°2

Les constantes du type Vrai, Faux sont représentées par deux identificateurs C# dans un type énuméré nommé « logique » :

```
public enum logique { Faux, Vrai };
```

Voici l'interface de la unit traduite et le TAD :

<u>TAD</u> : Booléens <u>Champs</u> : <u>Opérations</u> : Vrai : → Booléens Faux : → Booléens Et : Booléens x Booléens → Booléens Ou : Booléens x Booléens → Booléens Non : Booléens → Booléens  <u>FINTAD</u> -Booléens	<b>class</b> Booleens { <b>public</b> logique val ;  <b>public</b> Booleens Et (Booleens x, Booleens y) {} <b>public</b> Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) {} <b>public</b> Booleens Non (Booleens x) {} }
---	--

Nous remarquons la forte similarité des deux spécifications concrètes :

Implantation avec des entiers	Implantation avec des énumérés
<pre><b>public struct</b> logique {     <b>static public int</b> Faux = 0;     <b>static public int</b> Vrai = 1; }</pre>	<pre><b>public enum</b> logique = ( faux , vrai );</pre>

<pre>class Booleens {     public int val ;     public Booleens (int init)     {         val = init;     }     public Booleens Et (Booleens x, Booleens y) { }     public Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) { }     public Booleens Non (Booleens x) { } }</pre>	<pre>class Booleens {     public logique val ;     public Booleens (logique init)     {         val = init;     }     public Booleens Et (Booleens x, Booleens y) { }     public Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) { }     public Booleens Non (Booleens x) { } }</pre>
--	--

### 1.3 Variations sur les spécifications d'implantation

Cet exercice ayant été proposé à un groupe d'étudiants, nous avons eu plusieurs genres d'implantation des opérations : « et », « ou », « non ». Nous exposons au lecteur ceux qui nous ont parus être les plus significatifs :

#### Implantation d'après spécification concrète n°1

Fonction Et	Fonction Et
<pre>public Booleens Et (Booleens x, Booleens y) {     return x.val * y.val ; }</pre>	<pre>public Booleens Et (Booleens x, Booleens y) {     if (x.val == logique.Faux)         return new Booleens (logique.Faux);     else return new Booleens (y.val); }</pre>

Fonction Ou	Fonction Ou
<pre>public Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) {     return x.val +y.val - x.val *y.val ; }</pre>	<pre>public Booleens Ou (Booleens x, Booleens y) {     if (x.val == logique.Vrai)         return new Booleens (logique.Vrai);     else return new Booleens (y.val); }</pre>

Fonction Non	Fonction Non
<pre>public Booleens Non (Booleens x) {     return 1-x.val ; }</pre>	<pre>public Booleens Non (Booleens x ) {     if (x.val == logique.Vrai)         return new Booleens (logique.Vrai);     else return new Booleens (logique.Faux); }</pre>

Dans la colonne de gauche de chaque tableau, l'analyse des étudiants a été dirigée par le choix de la spécification concrète sur les entiers et sur un modèle semblable aux fonctions indicatrices des ensembles. Ils ont alors cherché des combinaisons simples d'opérateurs sur les entiers fournissant les valeurs adéquates.

Dans la colonne de droite de chaque tableau, l'analyse des étudiants a été dirigée dans ce cas par des considérations axiomatiques sur une algèbre de Boole. Ils se sont servis des propriétés d'absorption des éléments neutres de la loi "ou" et de la loi "et". Il s'agit là d'une structure algébrique abstraite.

## Influence de l'abstraction sur la réutilisation

A cette étape du travail nous avons demandé aux étudiants quel était, s'il y en avait un, le meilleur choix d'implantation quant à sa réutilisation pour l'implantation d'après la spécification concrète n°2.

Les étudiants ont compris que la version dirigée par les axiomes l'emportait sur la précédente, car sa qualité d'abstraction due à l'utilisation de l'axiomatique a permis de la réutiliser sans aucun changement dans la partie **implementation** de la unit associée à spécification concrète n°2 (en fait toute utilisation des axiomes d'algèbre de Boole produit la même efficacité).

### Conclusion :

*l'abstraction a permis ici une réutilisation totale et donc un gain de temps de programmation dans le cas où l'on souhaite changer quelle qu'en soit la raison, la spécification concrète.*

### 1.4 Exemples d'implantation de liste linéaire générique

#### Rappel de l'écriture du TAD de liste linéaire

##### TAD Liste

utilise : N, T<sub>0</sub>, Place

Champs : (a<sub>1</sub>,...,a<sub>n</sub>) suite finie dans T<sub>0</sub>

##### opérations :

liste\_vide : → Liste  
acces : Liste x N → Place  
contenu : Place → T<sub>0</sub>  
kème : Liste x N → T<sub>0</sub>  
long : Liste → N  
supprimer : Liste x N → Liste  
inserer : Liste x N x T<sub>0</sub> → Liste  
ajouter : Liste x T<sub>0</sub> → Liste  
succ : Place → Place

##### préconditions :

acces(L,k) def ssi 1 ≤ k ≤ long(L)  
supprimer(L,k) def ssi 1 ≤ k ≤ long(L)  
inserer(L,k,e) def ssi 1 ≤ k ≤ long(L) + 1  
kème(L,k) def ssi 1 ≤ k ≤ long(L)

##### Fin-Liste

Dans les exemples qui suivent, la notation  $\equiv$  indique la traduction en langage C#.

*spécification proposée en C# :*

Liste $\equiv$	<pre> interface IListe&lt;T0&gt; {     int longueur     {         get;     }     T0 this[int index]     {         get;         set;     }     bool est_Vide();     void ajouter(T0 Elt);     void inserer(int k, T0 x);     void supprimer(int k);     bool estPresent(T0 x);     int rechercher(T0 x); } class Liste&lt;T0&gt; : IListe&lt;T0&gt; {     public static readonly int max_elt = 100;     private T0[] t;     private int longLoc;     public Liste()     {         t = new T0[max_elt];         longLoc = 0;     }     // Le reste implante l'interface IListe&lt;T0&gt; ..... } </pre>
liste_vide $\equiv$	<b>Propriété</b> : longueur = 0
acces $\equiv$	<b>Indexeur</b> : this[index]
contenu $\equiv$	<b>Indexeur</b> : this[index]
kème $\equiv$	<b>Indexeur</b> : this[index]
long $\equiv$	<b>Propriété</b> : longueur
succ $\equiv$	<b>Indexeur</b> : this[index]
supprimer $\equiv$	public void supprimer (int k) { ..... }
inserer $\equiv$	public void inserer (int k , T0 Elt ) { ..... }

La précondition de l'opérateur **supprimer** peut être ici implantée par le test :

```
if (0 <= k && k <= longueur - 1) .....
```

La précondition de l'opérateur **insérer** peut être ici implantée par le test :

```
if (longueur < max_elt && (0 <= k && k <= longueur) ) .....
```

Les deux objets **acces** et **contenu** ne seront pas utilisés en pratique, car l'indexeur de la classe les implante automatiquement d'une manière transparente pour le programmeur.

Le reste du programme est laissé au soin du lecteur qui pourra ainsi se construire à titre didactique, sur sa machine, une base de types en C# de base, il en trouvera une correction à la fin de ce chapitre.

Nous pouvons " **enrichir** " le TAD Liste en lui adjoignant deux opérateurs test et rechercher (rechercher un élément dans une liste). Ces adjonctions ne posent aucun problème. Il suffit pour cela de rajouter au TAD les lignes correspondantes :

**opérations**

estPresent : Liste x T<sub>0</sub> → Booléen

rechercher : Liste x T<sub>0</sub> → Place

**précondition**

rechercher(L,e) **def ssi** Test(L,e) = V

Le lecteur construira à titre d'exercice l'implantation C# de ces deux nouveaux opérateurs en étendant le programme déjà construit. Il pourra par exemple se baser sur le schéma de représentation C# suivant :

```
public bool estPresent(T0 Elt)
{
    return !(rechercher(Elt) == -1);
}

public int rechercher(T0 Elt)
{
    // il s'agit de fournir le rang de x dans la liste
    // utiliser par exemple un algo de recherche séquentielle
}
```

## 1.5 Exemples d'implantation de pile LIFO générique

### Rappel de l'écriture du TAD Pile LIFO

**TAD PILIFO**

utilise :  $T_0$ , Booléens  
Champs :  $(a_1, \dots, a_n)$  suite finie dans  $T_0$   
opérations :

- sommet :  $\rightarrow$  PILIFO
- Est\_vide : PILIFO  $\rightarrow$  Booléens
- empiler : PILIFO  $\times T_0 \times$  sommet  $\rightarrow$  PILIFO  $\times$  sommet
- dépiler : PILIFO  $\times$  sommet  $\rightarrow$  PILIFO  $\times$  sommet  $\times T_0$
- premier : PILIFO  $\rightarrow T_0$

préconditions :

- dépiler( $P$ ) def ssi est\_vide( $P$ ) = Faux
- premier( $P$ ) def ssi est\_vide( $P$ ) = Faux

### FinTAD-PILIFO

Nous allons utiliser un **tableau** avec une case supplémentaire permettant d'indiquer que le fond de pile est atteint (la case 0 par exemple, qui ne contiendra jamais d'élément).

*spécification proposée en C# :*

	<pre>interface ILifo&lt;T0&gt; {     int nbrElt     {         get;     }     bool estVide();     void empiler(T0 Elt);     T0 depiler();     T0 premier(); }</pre>
Pilifo $\cong$	<pre>class Lifo&lt;T0&gt; : ILifo&lt;T0&gt; {     public static readonly int max_elt = 100;     private T0[] t;     private int sommet, fond;     public Lifo()     {         t = new T0[max_elt];         fond = -1;         sommet = fond;         // Le reste implante l'interface ILifo&lt;T0&gt; .....     } }</pre>
depiler $\cong$	<code>public T0 depiler ()</code>
empiler $\cong$	<code>public T0 empiler ( T0 Elt )</code>
premier $\cong$	<code>public T0 premier ()</code>
Est_vide $\cong$	<code>public bool estVide ()</code>

Le contenu des méthodes est conseillé au lecteur à titre d'exercice, il en trouvera une correction à la fin de ce chapitre..

**Remarque :**

Il est aussi possible de construire une spécification opérationnelle à l'aide du TAD Liste en remplaçant dans l'étude précédente le mot " tableau " par le mot " liste ". Il est vivement conseillé au lecteur d'écrire cet exercice en C# pour bien se convaincre de la différence entre les niveaux d'abstractions.

## 1.6 Exemples d'implantation de file FIFO générique

### Rappel de l'écriture du TAD file FIFO

#### TAD FIFO

utilise :  $T_0$ , Booléens

Champs :  $(a_1, \dots, a_n)$  suite finie dans  $T_0$

opérations :

tête :  $\rightarrow$  FIFO

fin :  $\rightarrow$  FIFO

Est\_vide : FIFO  $\rightarrow$  Booléens

ajouter : FIFO  $\times T_0$   $\times$  fin  $\rightarrow$  PILIFO  $\times$  fin

retirer : FIFO  $\times$  tête  $\rightarrow$  FIFO  $\times$  tête  $\times T_0$

premier : FIFO  $\rightarrow T_0$

préconditions :

retirer(F) def ssi est\_vide(F) = Faux

premier(F) def ssi est\_vide(F) = Faux

**FinTAD-FIFO**

Nous allons utiliser ici aussi un **tableau** avec une case supplémentaire permettant d'indiquer que la file est vide (la case 0 par exemple, qui ne contiendra jamais d'élément).

*spécification proposée en C# :*

Fifo  $\approx$

```
interface IFifo<T0> {
    int nbrElt
    { get; }
    bool estVide();
    void ajouter(T0 elt);
    T0 retirer();
    T0 premier();
}

class Fifo<T0> : IFifo<T0> {
    public static readonly int max_elt = 100;
    private T0[] t;
    private int tete, fin;
    public Fifo()
    {
        t = new T0[max_elt];
        tete = -1;
        fin = 0;
    }
}
```

	}
retirer $\equiv$	<b>public</b> T0 retirer ( )
ajouter $\equiv$	<b>public</b> T0 ajouter ( T <sub>0</sub> Elt )
premier $\equiv$	<b>public</b> T0 premier ( )
Est_vide $\equiv$	<b>public</b> bool estVide ( )

Le contenu des méthodes est conseillé au lecteur à titre d'exercice, il en trouvera une correction à la fin de ce chapitre..

**Remarque :**

Comme pour le TAD Pilifo, il est aussi possible de construire une spécification opérationnelle du TAD FIFO à l'aide du TAD Liste en remplaçant dans l'étude précédente l'objet de tableau « **private** T0[] t » par l'objet de liste « **private** Liste<T<sub>0</sub>> t ».

# Une solution d'implantation de liste linéaire générique en C #

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
```

```
namespace cci
{
    interface IListe<T0>
    {
        int longueur
        {
            get;
        }
        T0 this[int index]
        {
            get;
            set;
        }
        bool est_Vide();
        void ajouter(T0 Elt);
        void insérer(int k, T0 x);
        void supprimer(int k);
        bool estPresent(T0 x);
        int rechercher(T0 x);
    }
    class Liste<T0> : IListe<T0>
    {
        public static readonly int max_elt = 100;
        private T0[] t;
        private int longLoc;
        public Liste()
        {
            t = new T0[max_elt];
            longLoc = 0;
        }

        public void ajouter(T0 Elt)
        {
            if (longueur < max_elt)
            {
                t[longueur] = Elt;
                longueur++;
            }
            else
                System.Console.WriteLine("ajout impossible : capacité maximale atteinte !");
        }

        public bool est_Vide()
        {
            return longueur == 0;
        }

        public T0 this[int index]
        {
            get
            {
```

```

if (!est_Vide())
{
    if (0 <= index && index <= longueur)
    {
        return t[index];
    }
    else
    {
        System.Console.WriteLine("indexage, lecture incorrecte : indice (" + index + ") hors de la liste.");
        return default(T0);
    }
}
else
{
    System.Console.WriteLine("indexage, lecture incorrecte : Désolé la liste est vide.");
    return default(T0);
}
set {
    if (0 <= index && index <= longueur - 1)
    {
        t[index] = value;
    }
    else
        System.Console.WriteLine("indexage, écriture impossible : indice (" + index + ") hors de la liste.");
}
}

public int longueur
{
    get { return longLoc; }
    protected set { longLoc = value; }
}

public void supprimer(int k)
{
    if (!est_Vide())
    {
        if (0 <= k && k <= longueur - 1)
        {
            for (int i = k; i < longueur - 1; i++)
                t[i] = t[i + 1];
            longueur--;
        }
        else
            System.Console.WriteLine("suppression impossible : indice (" + k + ") hors de la liste.");
    }
}

public void inserer(int k, T0 Elt)
{
    if (!est_Vide())
    {
        if (longueur < max_elt && (0 <= k && k <= longueur))
        {
            for (int i = longueur - 1; i >= k; i--)
                t[i + 1] = t[i];
            t[k] = Elt;
            longueur++;
        }
    }
}

```

```

        else
            if (longueur >= max_elt)
                System.Console.WriteLine("insertion impossible : capacité maximale atteinte !");
            else
                System.Console.WriteLine("insertion impossible : indice (" + k + ") hors de la liste.");
        }
    else
        ajouter(Elt);
}

public bool estPresent(T0 Elt)
{
    return !(rechercher(Elt) == -1);
}

public int rechercher(T0 Elt)
{
    int k;
    for (k = 0; k < longueur; k++)
        if (Elt.Equals(t[k])) break;
    if (k == longueur)
        return -1;
    else
        return k;
}

public void afficher()
{
    for (int k = 0; k < longueur; k++)
        System.Console.Write(t[k] + ", ");
    System.Console.WriteLine(": long = " + longueur);
}
}

```

Exemple de classe principale testant la classe « Liste » sur  $T_0 = \text{int}$  :

```

class ProgramListe
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Liste<int> liste = new Liste<int>();
        System.Console.WriteLine(liste[0]);
        for (int i = 0; i < Liste<int>.max_elt / 10; i++)
            liste.inserer(i, i);
        liste.afficher();
        liste.inserer(20, 97);
        liste.inserer(liste.longueur, 98);
        liste.supprimer(liste.longueur - 1);
        liste.afficher();
        .....
    }
}

```

# Une solution d'implantation de pile LIFO générique en C#

```
interface ILifo<T0>
{
    int nbrElt
    {
        get;
    }
    bool estVide();
    void empiler(T0 Elt);
    T0 depiler();
    T0 premier();
}

class Lifo<T0> : ILifo<T0>
{
    public static readonly int max_elt = 100;
    private T0[] t;
    private int sommet, fond;
    public Lifo()
    {
        t = new T0[max_elt];
        fond = -1;
        sommet = fond;
    }
    public int nbrElt
    {
        get { return sommet + 1; }
    }

    public bool estVide()
    {
        return sommet == fond;
    }

    public void empiler(T0 Elt)
    {
        if (sommet < max_elt)
        {
            sommet++;
            t[sommet] = Elt;
        }
        else
            System.Console.WriteLine("empilement impossible : capacité maximale atteinte !");
    }

    public T0 depiler()
    {
        if (!estVide())
        {
            T0 Elt = t[sommet];
            sommet--;
            return Elt;
        }
        else
    }
}
```

```

        System.Console.WriteLine("dépilement impossible : pile vide !");
        return default(T0);
    }

public T0 premier()
{
    if (!estVide())
    {
        return t[sommet];
    }
    else
    {
        System.Console.WriteLine("premier impossible : pile vide !");
        return default(T0);
    }
}

public void afficher()
{
    for (int k = 0; k <= sommet; k++)
        System.Console.Write(t[k] + ", ");
    System.Console.WriteLine(": nbr elmt = " + this.nbrElt);
}
}

```

Exemple de classe principale testant la classe « Lifo » sur  $T_0 = \text{int}$  :

```

class ProgramListe
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Lifo<int> pile = new Lifo<int>();
        pile.afficher();
        pile.depiler();
        System.Console.WriteLine("premier=" + pile.premier());
        for (int i = 0; i < Lifo<int>.max_elt / 10; i++)
            pile.empiler(i);
        pile.afficher();
        System.Console.WriteLine("on dépile : " + pile.depiler());
        System.Console.WriteLine("on dépile : " + pile.depiler());
        pile.afficher();
    }
}

```

# Une solution d'implantation de file Fifo générique en C#

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

interface IFifo<T0>
{
    int nbrElt
    {
        get;
    }
    bool estVide();
    void ajouter(T0 Elt);
    T0 retirer();
    T0 premier();
}

class Fifo<T0> : IFifo<T0>
{
    public static readonly int max_elt = 100;
    private T0[] t;
    private int tete, fin;

    private void decaleUn()
    {
        if (tete < max_elt)
        {
            tete++;
            for (int k = tete; k >= 0; k--)
                t[k + 1] = t[k];
        }
    }
    public Fifo()
    {
        t = new T0[max_elt];
        tete = -1;
        fin = 0;
    }
    public int nbrElt
    {
        get { return tete + 1; }
    }

    public bool estVide()
    {
        return tete == -1;
    }

    public void ajouter(T0 Elt)
    {
        if (tete < max_elt)
        {
            decaleUn();
            t[fin] = Elt;
        }
    }
}
```

```

    else
        System.Console.WriteLine("ajout impossible : capacité maximale atteinte !");
    }

public T0 retirer()
{
    if (!estVide())
    {
        T0 Elt = t[tete];
        tete--;
        return Elt;
    }
    else
    {
        System.Console.WriteLine("ajout impossible : file vide !");
        return default(T0);
    }
}

public T0 premier()
{
    if (!estVide())
    {
        return t[tete];
    }
    else
    {
        System.Console.WriteLine("premier impossible : file vide !");
        return default(T0);
    }
}

public void afficher()
{
    for (int k = fin; k <= tete; k++)
        System.Console.Write(t[k] + ", ");
    System.Console.WriteLine(": nbr elmt = " + this.nbrElt);
}
}

class ProgramFifo
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Fifo<int> file = new Fifo<int>();
        file.afficher();
        file.retirer();
        System.Console.WriteLine("premier = " + file.premier());
        for (int i = 0; i < Fifo<int>.max_elt / 10; i++)
            file.ajouter(i);
        file.afficher();
        System.Console.WriteLine("on retire : " + file.retirer());
        System.Console.WriteLine("on retire : " + file.retirer());
        file.afficher();
    }
}

```

Exemple de classe principale testant la classe « Fifo » sur  $T_0 = \text{int}$  :

```

class ProgramFifo
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Fifo<int> file = new Fifo<int>();
        file.afficher();
        file.retirer();
        System.Console.WriteLine("premier = " + file.premier());
        for (int i = 0; i < Fifo<int>.max_elt / 10; i++)
            file.ajouter(i);
        file.afficher();
        System.Console.WriteLine("on retire : " + file.retirer());
        System.Console.WriteLine("on retire : " + file.retirer());
        file.afficher();
    }
}

```

Résultats d'exécution sur la console :

```

:nbr elmt = 0
ajout impossible : file vide !
premier impossible : file vide !
premier = 0
9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, : nbr elmt = 10
on retire : 0
on retire : 1
9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, : nbr elmt = 8

```

# Structures d'arbres binaires



---

Plan du chapitre:

## 1. Notions générales sur les arbres

1.1 Vocabulaire employé sur les arbres :

- Etiquette, racine, noeud, branche, feuille
- Hauteur, profondeur ou niveau d'un noeud
- Chemin d'un noeud, noeuds frères, parents, enfants, ancêtres
- Degré d'un noeud
- Hauteur ou profondeur d'un arbre
- Degré d'un arbre
- Taille d'un arbre

1.2 Exemples et implémentation d'arbre

- Arbre de dérivation
- Arbre abstrait
- Arbre lexicographique
- Arbre d'héritage
- Arbre de recherche

## 2. Arbres binaires

2.1 TAD d'arbre binaire

2.2 Exemples et implémentation d'arbre

- tableau statique
- variable dynamique
- classe

2.3 Arbres binaires de recherche

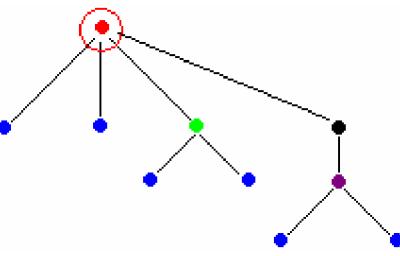
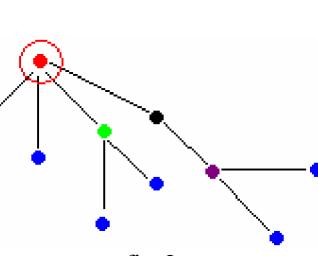
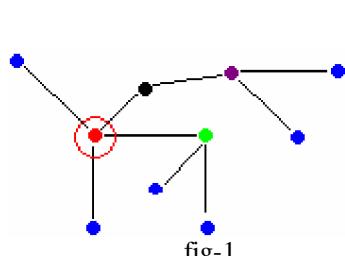
2.4 Arbres binaires partiellement ordonnés (tas)

2.5 Parcours en largeur et profondeur d'un arbre binaire

- Parcours d'un arbre
- Parcours en largeur
- Parcours préfixé
- Parcours postfixé
- Parcours infixé
- Illustration d'un parcours en profondeur complet
- Exercice

## 1. Notions générales sur les structures d'arbres

La structure d'arbre est très utilisée en informatique. Sur le fond on peut considérer un arbre comme une généralisation d'une liste car les listes peuvent être représentées par des arbres. La complexité des algorithmes d'insertion de suppression ou de recherche est généralement plus faible que dans le cas des listes (cas particulier des arbres équilibrés). Les mathématiciens voient les arbres eux-mêmes comme des cas particuliers de graphes non orientés connexes et acycliques, donc contenant des sommets et des arcs :



Ci-dessus 3 représentations graphiques de la même structure d'arbre : dans la figure fig-1 tous les sommets ont une disposition équivalente, dans la figure fig-2 et dans la figure fig-3 le sommet "cerclé" se distingue des autres.

Lorsqu'un sommet est distingué par rapport aux autres, on le dénomme **racine** et la même structure d'arbre s'appelle une **arborescence**, par abus de langage dans tout le reste du document nous utiliserons le vocable **arbre** pour une **arborescence**.

Enfin certains arbres particuliers nommés arbres binaires sont les plus utilisés en informatique et les plus simples à étudier. En outre il est toujours possible de "**binariser**" un arbre non binaire, ce qui nous permettra dans ce chapitre de n'étudier que les structures d'arbres binaires.

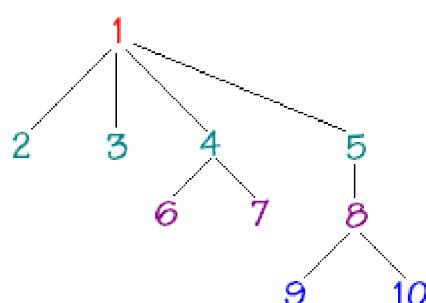
### 1.1 Vocabulaire employé sur les arbres



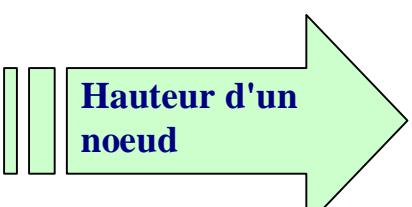
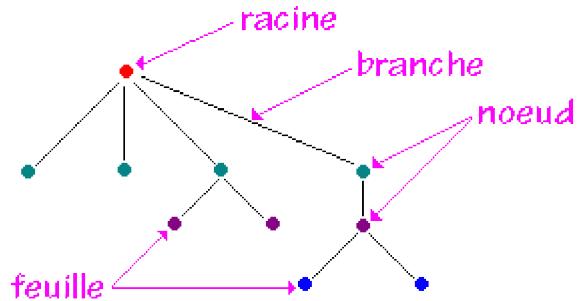
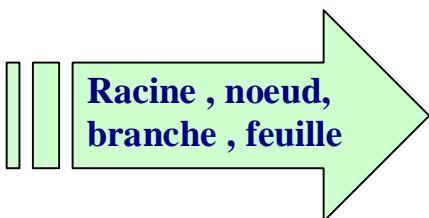
Un arbre dont tous les noeuds sont nommés est dit **étiqueté**. L'étiquette (ou nom du sommet) représente la "valeur" du noeud ou bien l'information associée au noeud.

Ci-dessous un arbre étiqueté dans les entiers entre 1 et 10 :

Ci-dessous un arbre étiqueté dans les entiers entre 1 et 10 :

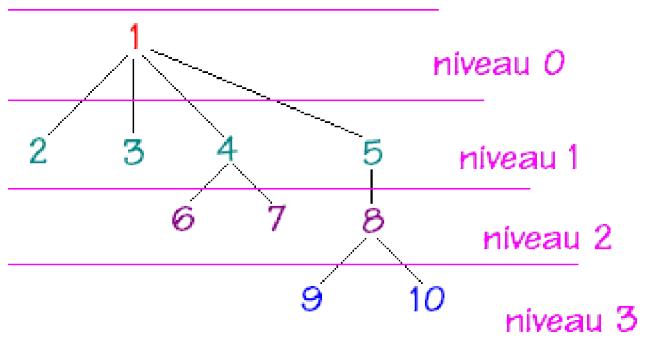


Nous rappelons la terminologie de base sur les arbres:



Nous conviendrons de définir la **hauteur** (ou **profondeur** ou **niveau d'un noeud**) d'un noeud X comme égale **au nombre de noeuds à partir de la racine** pour aller jusqu'au noeud X.

En reprenant l'arbre précédent et en notant  $h$  la fonction hauteur d'un noeud :

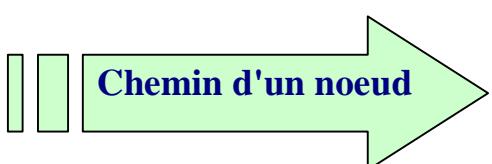


Pour atteindre le noeud étiqueté 9 , il faut parcourir le lien 1--5, puis 5--8, puis enfin 8--9 soient 4 noeuds donc 9 est de profondeur ou de hauteur égale à 4, soit  $h(9) = 4$ .

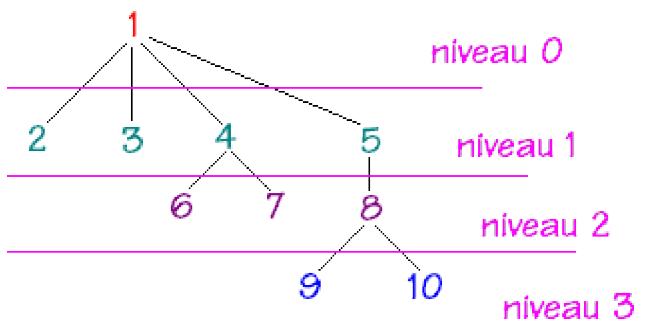
Pour atteindre le noeud étiqueté 7 , il faut parcourir le lien 1--4, et enfin 4--7, donc 7 est de profondeur ou de hauteur égale à 3, soit  $h(7) = 3$ .

Par définition la hauteur de la racine est égal à 1.  
 $h(\text{racine}) = 1$  (pour tout arbre non vide)

(Certains auteurs adoptent une autre convention pour calculer la hauteur d'un noeud: la racine a pour hauteur 0 et donc n'est pas comptée dans le nombre de noeuds, ce qui donne une hauteur inférieure d'une unité à notre définition).



On appelle chemin du noeud X la **suite des noeuds** par lesquels il faut passer pour aller de la racine vers le noeud X.



Chemin du noeud 10 = (1,5,8,10)

Chemin du noeud 9 = (1,5,8,9)

.....

Chemin du noeud 7 = (1,4,7)

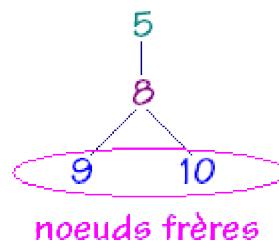
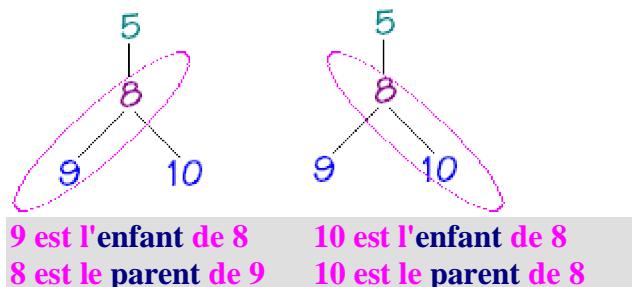
Chemin du noeud 5 = (1,5)

Chemin du noeud 1 = (1)

Remarquons que la hauteur  $h$  d'un noeud X est égale au nombre de noeuds dans le chemin :

$$h(X) = \text{NbrNoeud}(\text{Chemin}(X)).$$

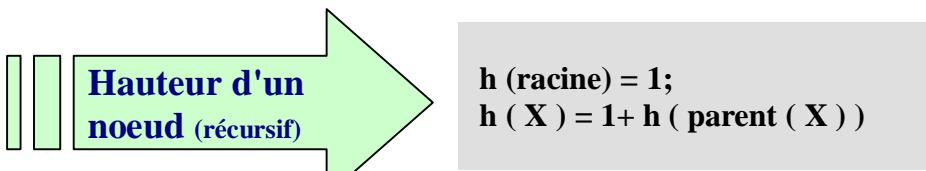
Le vocabulaire de lien entre noeuds de niveau différents et reliés entre eux est emprunté à la généalogie :



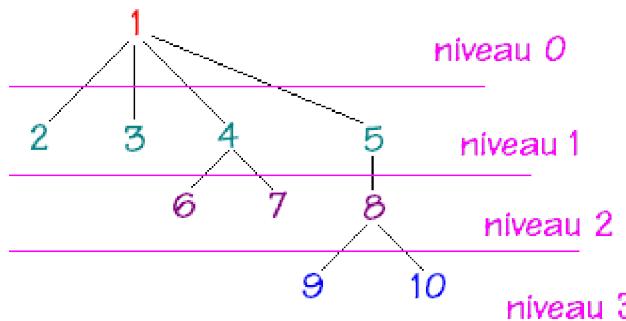
- q **9 et 10 sont des frères**
- q **5 est le parent de 8 et l'ancêtre de 9 et 10.**

On parle aussi d'ascendant, de descendant ou de fils pour évoquer des relations entre les noeuds d'un même arbre reliés entre eux.

Nous pouvons définir récursivement la hauteur  $h$  d'un noeud  $X$  à partir de celle de son parent :



Reprendons l'arbre précédent en exemple :



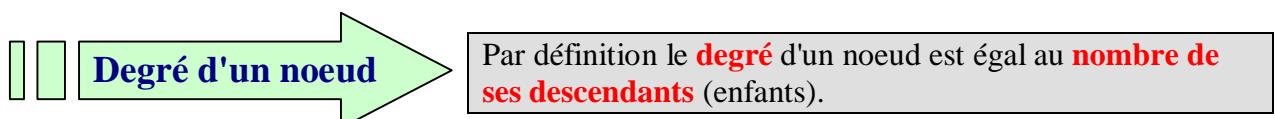
Calculons récursivement la hauteur du noeud 9, notée  $h(9)$  :

$$h(9) = 1 + h(8)$$

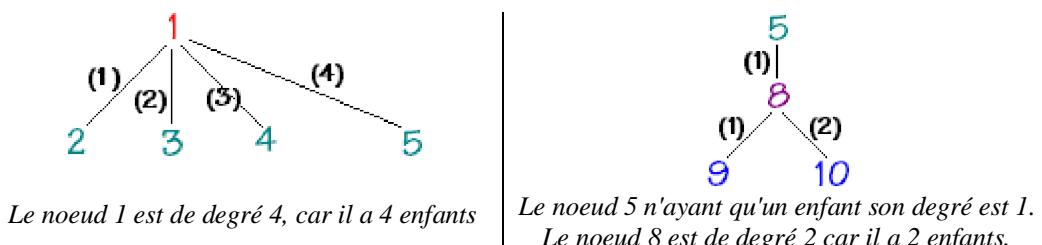
$$h(8) = 1 + h(5)$$

$$h(5) = 1 + h(1)$$

$$h(1) = 1 = h(5) = 2 = h(8) = 3 = h(9) = 4$$

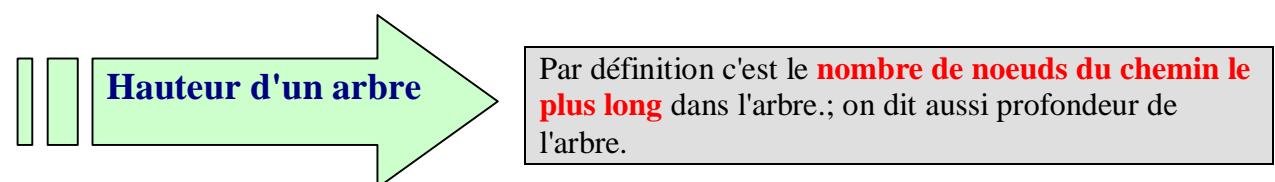


Soient les deux exemples ci-dessous extraits de l'arbre précédent :

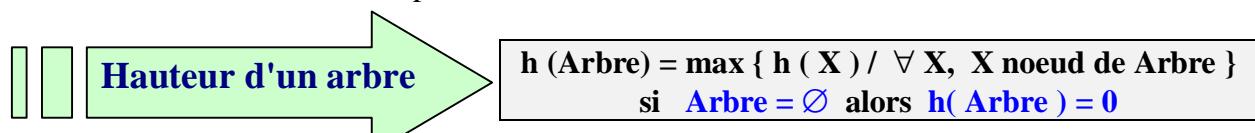


### Remarquons

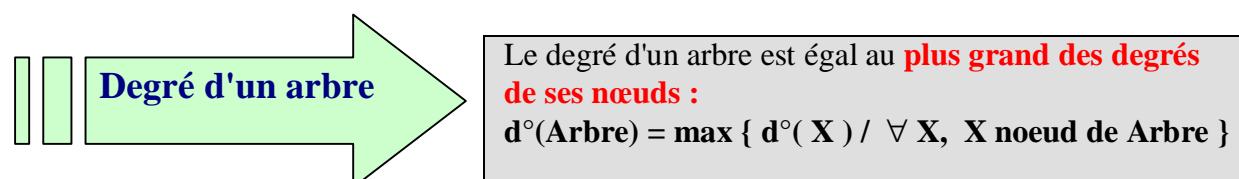
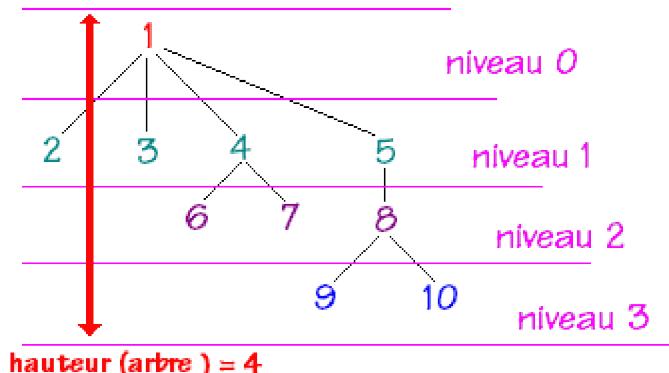
que lorsqu'un arbre a **tous ses noeuds de degré 1**, on le nomme **arbre dégénéré** et que c'est en fait une **liste**.



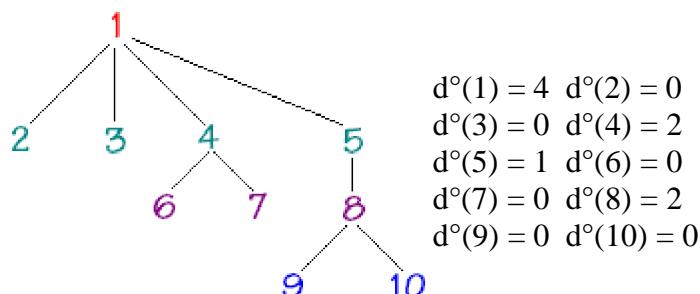
La hauteur  $h$  d'un arbre correspond donc au nombre maximum de niveaux :



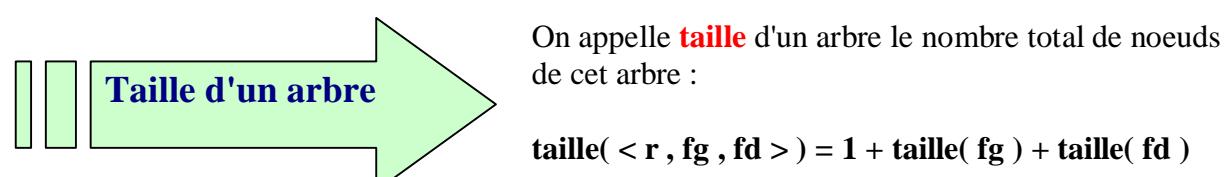
La hauteur de l'arbre ci-dessous :



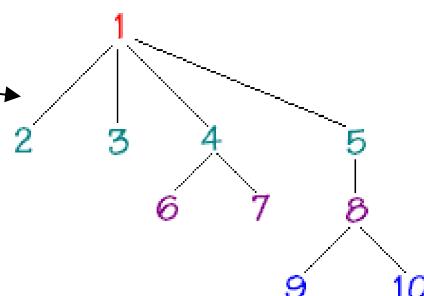
Soit à répertorier dans l'arbre ci-dessous le degré de chacun des noeuds :



La valeur maximale est 4 , donc cet arbre est de degré 4.

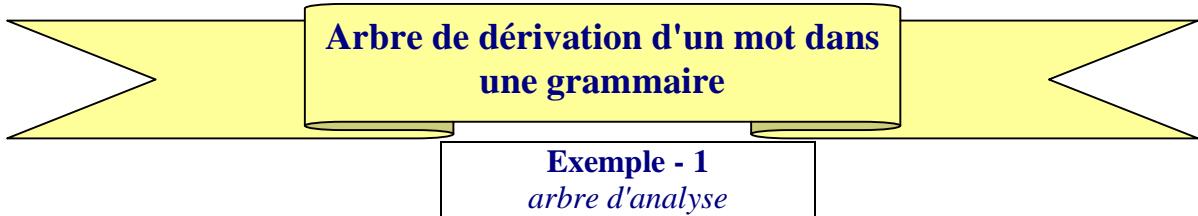


L'arbre ci-contre a pour **taille** 10  
(car il a 10 noeuds)



## 1.2 Exemples et implémentation d'arbre

Les structures de données arborescentes permettent de représenter de nombreux problèmes, nous proposons ci-après quelques exemples d'utilisations d'arbres dans des contextes différents.



Soit la grammaire  $G_2$  :  $V_N = \{S\}$

$V_T = \{(), \epsilon\}$

**Axiome** :  $S$

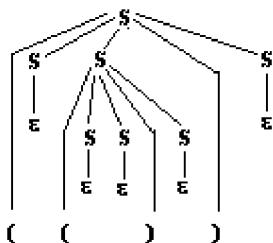
**Règles**

1 :  $S \rightarrow (SS)S$

2 :  $S \rightarrow \epsilon$

Le langage  $L(G_2)$  se dénomme langage des parenthèses bien formées.

Soit le mot  $(( ))$  de  $G_2$ , voici un arbre de dérivation de  $(( ))$  dans  $G_2$ :



**Exemple - 2  
arbre abstrait**

Soit la grammaire Gexp :

$G_{\text{exp}} = (V_N, V_T, \text{Axiome}, \text{Règles})$

$V_T = \{0, \dots, 9, +, -, /, *, (), \{\}$

$V_N = \{\langle \text{Expr} \rangle, \langle \text{Nbr} \rangle, \langle \text{Cte} \rangle, \langle \text{Oper} \rangle\}$

**Axiome** :  $\langle \text{Expr} \rangle$

**Règles** :

1 :  $\langle \text{Expr} \rangle \rightarrow \langle \text{Nbr} \rangle \mid (\langle \text{Expr} \rangle)$  |  $\langle \text{Expr} \rangle \langle \text{Oper} \rangle \langle \text{Expr} \rangle$

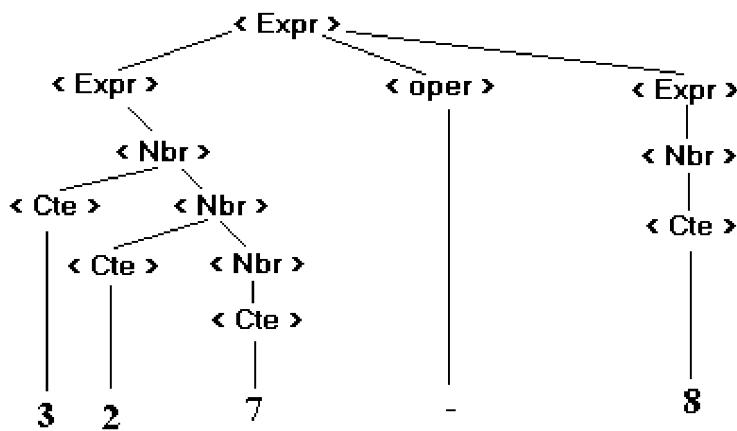
2 :  $\langle \text{Nbr} \rangle \rightarrow \langle \text{Cte} \rangle \mid \langle \text{Cte} \rangle \langle \text{Nbr} \rangle$

3 :  $\langle \text{Cte} \rangle \rightarrow 0 \mid 1 \mid \dots \mid 9$

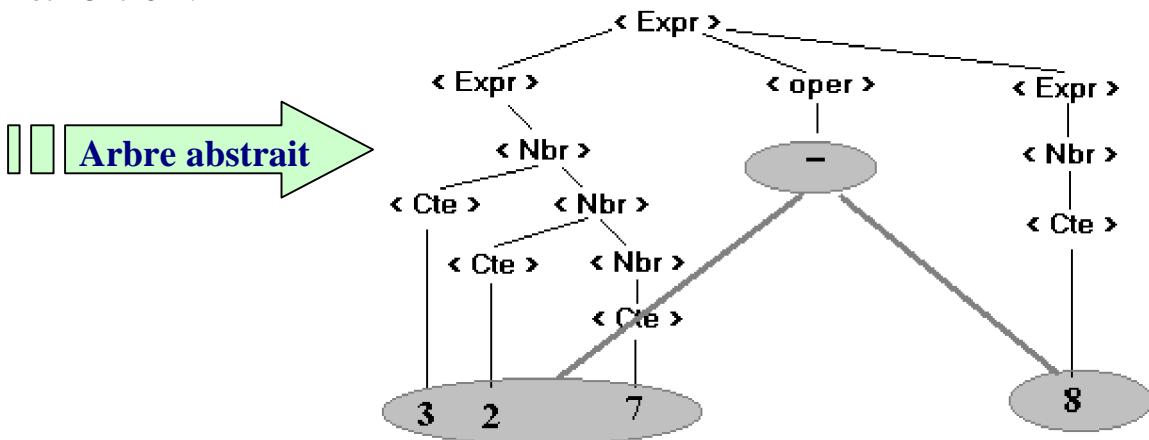
4 :  $\langle \text{Oper} \rangle \rightarrow + \mid - \mid * \mid /$

soit : **327 - 8** un mot de  $L(G_{\text{exp}})$

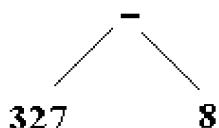
Soit son arbre de dérivation dans  $G_{\text{exp}}$  :



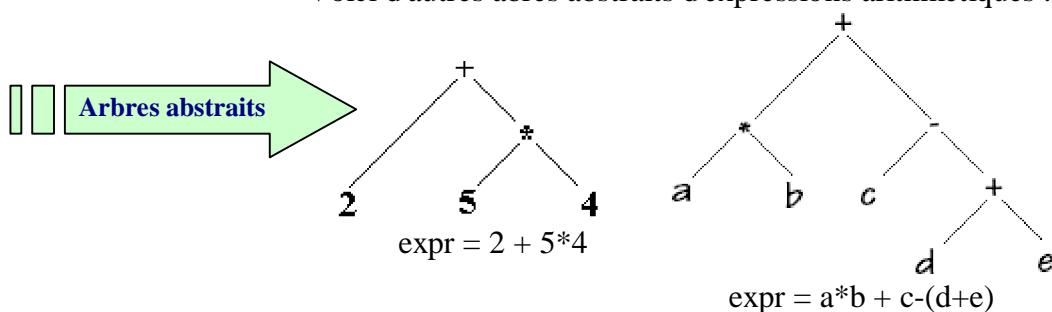
L'arbre obtenu ci-dessous en grisé à partir de l'arbre de dérivation s'appelle l'arbre abstrait du mot " 327-8 " :



On note ainsi cet arbre abstrait :



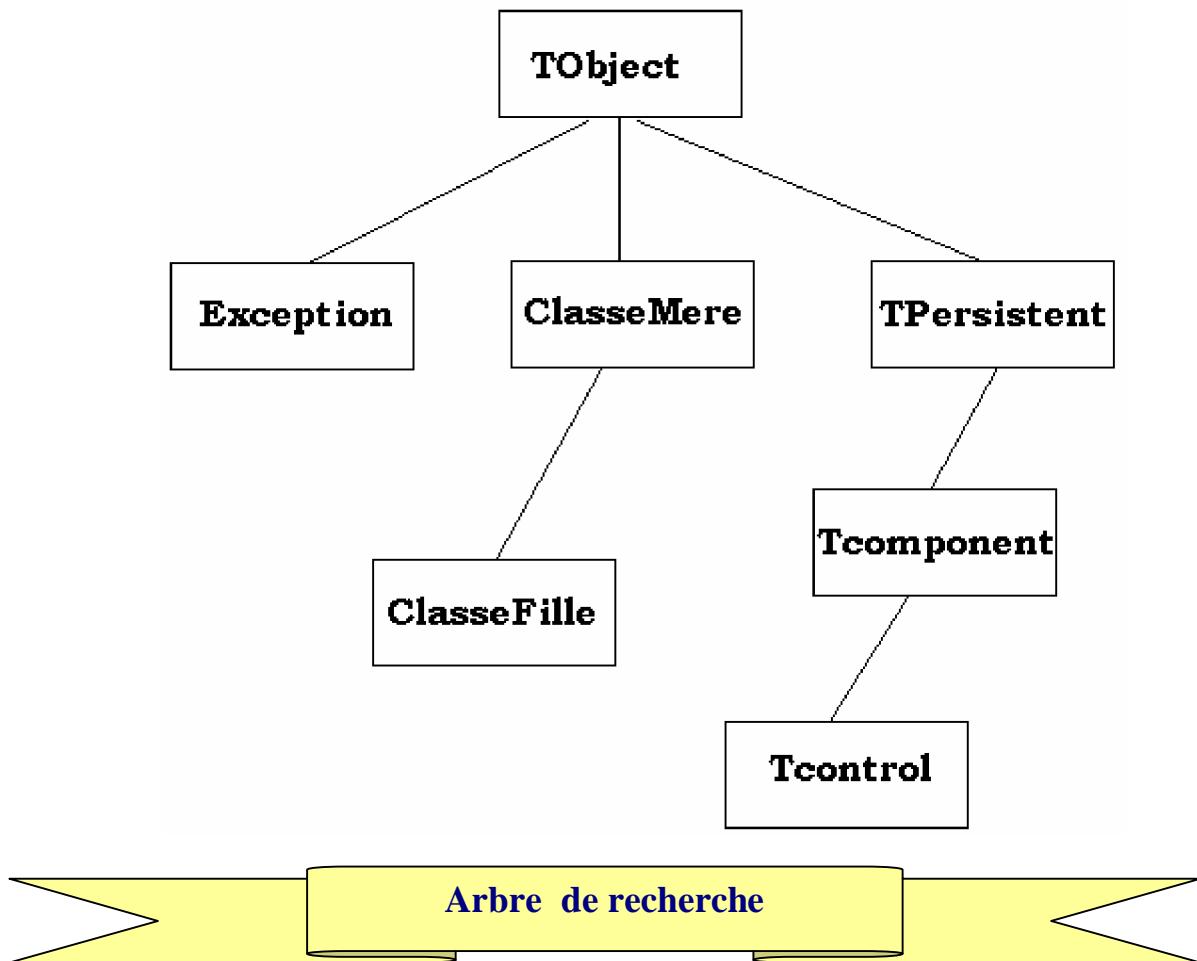
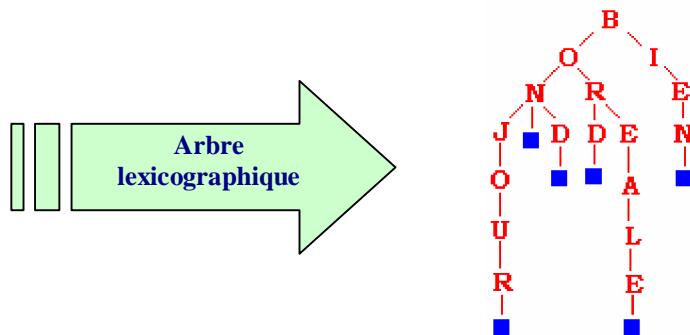
Voici d'autres arbres abstraits d'expressions arithmétiques :



### Arbre lexicographique

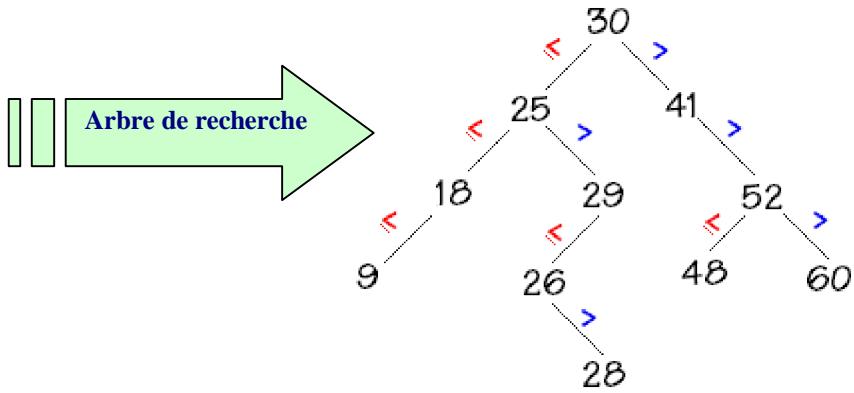
Rangement de mots par ordre lexical (alphabétique)

Soient les mots BON, BONJOUR, BORD, BOND, BOREALE, BIEN, il est possible de les ranger ainsi dans une structure d'arbre :



Voici à titre d'exemple que nous étudierons plus loin en détail, un arbre dont les noeuds sont de degré 2 au plus et qui est tel que pour chaque noeud la valeur de son enfant de gauche lui est inférieure ou égale, la valeur de son enfant de droite lui est strictement supérieure.

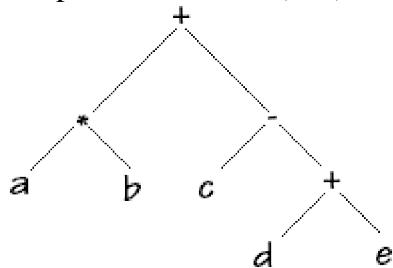
Ci-après un tel arbre ayant comme racine 30 et stockant des entiers selon cette répartition :



## 2 Les arbres binaires

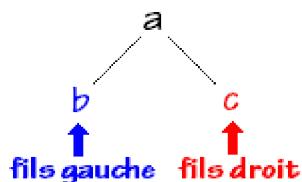
Un arbre **binaire** est un arbre de degré 2 (dont les noeuds sont de degré 2 au plus).

L'arbre abstrait de l'expression  $a^*b + c - (d+e)$  est un arbre binaire :



### Vocabulaire :

Les descendants (enfants) d'un noeud sont lus de gauche à droite et sont appelés respectivement **fils gauche** (descendant gauche) et **fils droit** (descendant droit) de ce noeud.



Les arbres binaires sont utilisés dans de très nombreuses activités informatiques et comme nous l'avons déjà signalé il est toujours possible de représenter un arbre général (de degré 2) par un arbre binaire en opérant une "binarisation".

Nous allons donc étudier dans la suite, le comportement de cette structure de donnée récursive.

### 2.1 TAD d'arbre binaire

Afin d'assurer une cohérence avec les autres structures de données déjà vues (**liste**, **pile**, **file**) nous proposons de décrire une abstraction d'un arbre binaire avec un TAD. Soit la signature du TAD d'arbre binaire :

**TAD ArbreBin**

utilise :  $T_0$ , Noeud, Booleens  
opérations :

- $\emptyset : \rightarrow \text{ArbreBin}$
- Racine :  $\text{ArbreBin} \rightarrow \text{Noeud}$
- filsG :  $\text{ArbreBin} \rightarrow \text{ArbreBin}$
- filsD :  $\text{ArbreBin} \rightarrow \text{ArbreBin}$
- Constr :  $\text{Noeud} \times \text{ArbreBin} \times \text{ArbreBin} \rightarrow \text{ArbreBin}$
- Est\_Vide :  $\text{ArbreBin} \rightarrow \text{Booleens}$
- Info :  $\text{Noeud} \rightarrow T_0$

préconditions :

Racine(Arb) **def\_ssi** Arb  $\neq \emptyset$   
filsG(Arb) **def\_ssi** Arb  $\neq \emptyset$   
filsD(Arb) **def\_ssi** Arb  $\neq \emptyset$

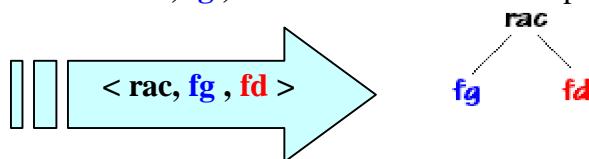
axiomes :

$\forall \text{rac} \in \text{Noeud}, \forall \text{fg} \in \text{ArbreBin}, \forall \text{fd} \in \text{ArbreBin}$   
Racine(Constr(**rac, fg, fd**)) = **rac**  
filsG(Constr(**rac, fg, fd**)) = **fg**  
filsD(Constr(**rac, fg, fd**)) = **fd**  
Info(rac)  $\in T_0$

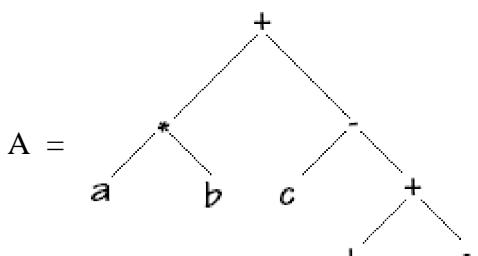
FinTAD- ArbreBin

- q  $T_0$  est le type des données rangées dans l'arbre.
- q L'opérateur **filsG()** renvoie le **sous-arbre gauche** de l'arbre binaire, l'opérateur **filsD()** renvoie le **sous-arbre droit** de l'arbre binaire, l'opérateur **Info()** permet de stocker des informations de type  $T_0$  dans chaque noeud de l'arbre binaire.

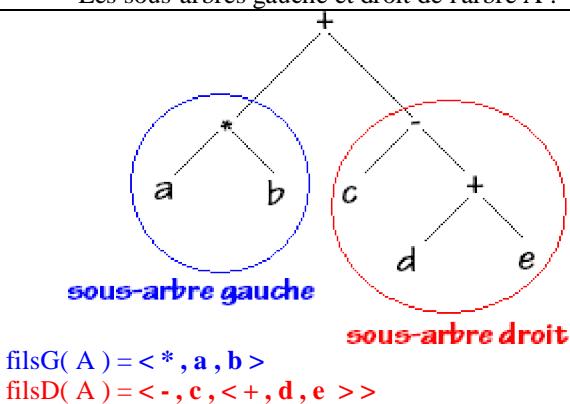
Nous noterons **< rac, fg , fd >** avec conventions implicites un arbre binaire dessiné ci-dessous :



Exemple, soit l'arbre binaire A :



Les sous-arbres gauche et droit de l'arbre A :



## 2.2 Exemples et implémentation d'arbre binaire étiqueté

Nous proposons de représenter un **arbre binaire étiqueté** selon deux spécifications différentes classiques :

1°) Une implantation fondée sur une structure de tableau en **allocation de mémoire statique**, nécessitant de connaître au préalable le nombre maximal de noeuds de l'arbre (ou encore sa taille).

2°) Une implantation fondée sur une structure d'**allocation de mémoire dynamique** implementée soit par des pointeurs (variables dynamiques) soit par des références (objets) .

### Implantation dans un tableau statique

#### Spécification concrète

Un noeud est une structure statique contenant 3 éléments :

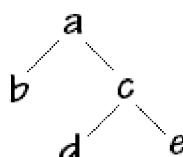
- l'information du noeud
- le fils gauche
- le fils droit

Pour un arbre binaire de taille = n, **chaque noeud de l'arbre binaire est stocké dans une cellule d'un tableau** de dimension 1 à n cellules. Donc chaque noeud est repéré dans le tableau par un indice (celui de la cellule le contenant).

Le champ fils gauche du noeud sera l'**indice de la cellule contenant le descendant gauche**, et le champ fils droit vaudra l'**indice de la cellule contenant le descendant droit**.

Exemple

Soit l'arbre binaire ci-contre :



Selon l'implantation choisie, par hypothèse de départ, la racine <a, vers b, vers c> est contenue dans la cellule d'indice 2 du tableau, les autres noeuds sont supposés être rangés dans les cellules 1, 3, 4, 5 :

Nous avons :

```
racine = table[2]
table[1] = <d , 0 , 0 >
table[2] = < a , 4 , 5 >
table[3] = < e , 0 , 0 >
table[4] = < b , 0 , 0 >
table[5] = < c , 1 , 3 >
```

1	2	3	4	5	....
d	a	e	b	c	....
0	4	0	0	1	....
0	5	0	0	3	....
1	2	3	4	5	....

Diagramme détaillé de l'implantation dans le tableau :

- Cellule 1 : Valeur 0 (noeud d)
- Cellule 2 : Valeur 2 (noeud a). Indicateur rouge vers cellule 4.
- Cellule 3 : Valeur 0 (noeud e)
- Cellule 4 : Valeur 0 (noeud b). Indicateur rouge vers cellule 5.
- Cellule 5 : Valeur 1 (noeud c). Indicateur bleu vers cellule 3.
- Cellule 6 : Valeur 0 (cellule suivante).

La cellule 2 est marquée de bleu et nommée "racine".

*Explications :*

table[2] = < a , 4 , 5 > signifie que le fils gauche de ce noeud est dans table[4] et son fils droit dans table[5]  
table[5] = < c , 1 , 3 > signifie que le fils gauche de ce noeud est dans table[1] et son fils droit dans table[3]  
table[1] = < d , 0 , 0 > signifie que ce noeud est une feuille  
...etc

## Implantation dynamique avec une classe

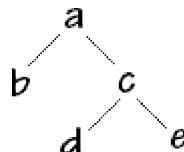
### Spécification concrète

Le noeud est un objet contenant 3 éléments dont 2 sont eux-mêmes des objets de noeud :

- l'information du noeud
- une référence vers le fils gauche
- une référence vers le fils droit

*Exemple*

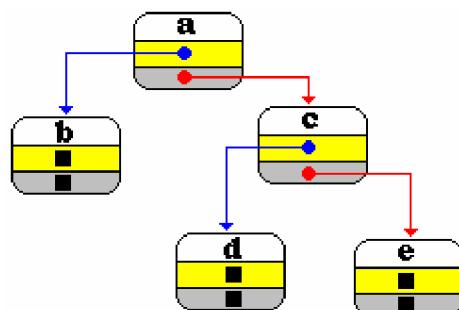
Soit l'arbre binaire ci-contre :



Selon l'implantation choisie, par hypothèse de départ, le premier objet appelé racine de l'arbre est < a, ref vers b, ref vers c >

**Nous avons :**

racine → < a, ref vers b, ref vers c >  
ref vers b → < b, null, null >  
ref vers c → < a, ref vers d, ref vers e >  
ref vers d → < d, null, null >  
ref vers e → < e, null, null >



Spécification d'implantation en



Nous livrons ci-dessous une écriture de la signature et l'implémentation minimale d'une classe d'arbre binaire nommée ArbreBin en C# :

```
interface IArbreBin<T0>
{
    T0 Info { get; set; }
}
class ArbreBin<T0> : IArbreBin<T0>
{
    private T0 InfoLoc;
    private ArbreBin<T0> fg;
```

```

private ArbreBin<T0> fd;

public ArbreBin(T0 s) : this ()
{
    InfoLoc = s;
}
public ArbreBin ( )
{
    InfoLoc = default(T0);
    fg = default(ArbreBin<T0>);
    fd = default(ArbreBin<T0>);
}
public T0 Info
{
    get { return InfoLoc; }
    set { InfoLoc = value; }
}

public ArbreBin<T0> filsG
{
    get { return this.fg; }
    set { fg = new ArbreBin<T0>(value.Info); }
}
public ArbreBin<T0> filsD
{
    get { return this.fd; }
    set { fd = new ArbreBin<T0>(value.Info); }
}
}

```

### 2.3 Arbres binaires de recherche

- Nous avons étudié précédemment des algorithmes de recherche en table, en particulier la recherche dichotomique dans une table triée dont la recherche s'effectue en **O(log(n))** comparaisons.
- Toutefois lorsque le nombre des éléments varie (ajout ou suppression) ces ajouts ou suppressions peuvent nécessiter des temps en **O(n)**.
- En utilisant une liste chaînée qui approche bien la structure dynamique (plus gourmande en mémoire qu'un tableau) on aura en moyenne des temps de suppression ou de recherche au pire de l'ordre de **O(n)**. L'ajout en fin de liste ou en début de liste demandant un temps constant noté **O(1)**.

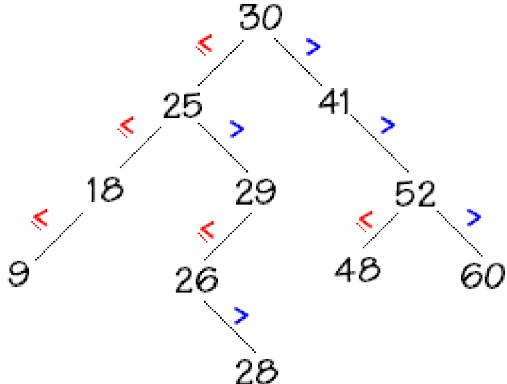
Les arbres binaires de recherche sont un bon compromis pour un temps **équilibré entre ajout, suppression et recherche**.

Un arbre binaire de recherche satisfait aux critères suivants :

- L'ensemble des étiquettes est **totalement ordonné**.
- Une étiquette est dénommée **clef**.
- Les **clefs** de tous les noeuds du sous-arbre **gauche** d'un noeud X, sont **inférieures ou égales** à la clef de X.
- Les **clefs** de tous les noeuds du sous-arbre **droit** d'un noeud X, sont

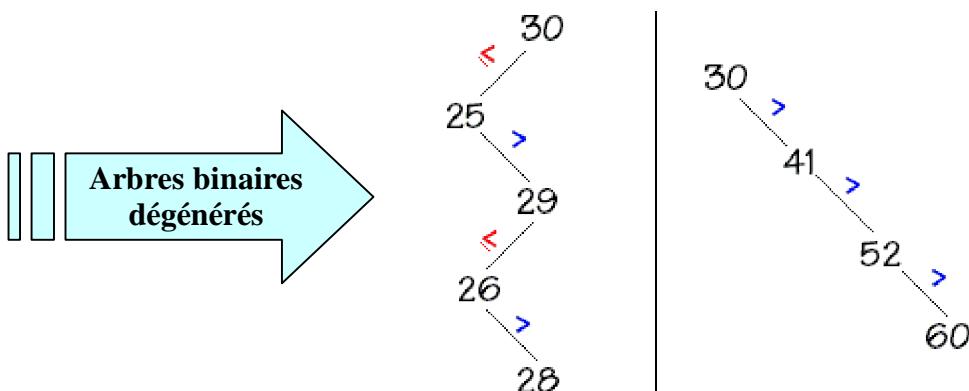
**supérieures** à la clef de X.

Nous avons déjà vu plus haut un arbre binaire de recherche :



Prenons par exemple le noeud (25) son sous-arbre droit est bien composé de noeuds dont les clefs sont supérieures à 25 : (29,26,28). Le sous-arbre gauche du noeud (25) est bien composé de noeuds dont les clefs sont inférieures à 25 : (18,9).

On appelle arbre binaire dégénéré un arbre binaire dont le degré = 1, ci-dessous 2 arbres binaires de recherche dégénérés :



Nous remarquons dans les deux cas que nous avons affaire à une liste chaînée donc le nombre d'opération pour la suppression ou la recherche est au pire de l'ordre de O(n).

Il faudra donc utiliser une catégorie spéciale d'arbres binaires qui restent équilibrés (leurs feuilles sont sur 2 niveaux au plus) pour assurer une recherche au pire en O(log(n)).

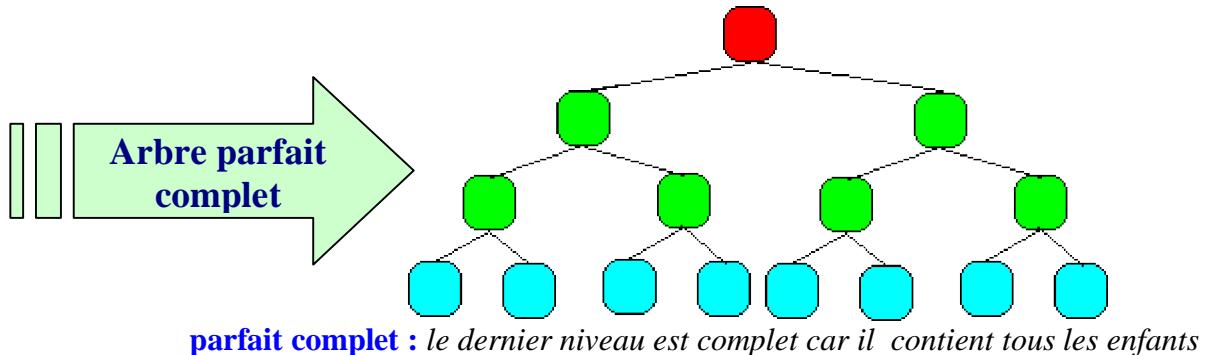
## 2.4 Arbres binaires partiellement ordonnés (tas)

Nous avons déjà évoqué la notion d'arbre parfait lors de l'étude du tri par tas, nous récapitulons ici les éléments essentiels le lecteur

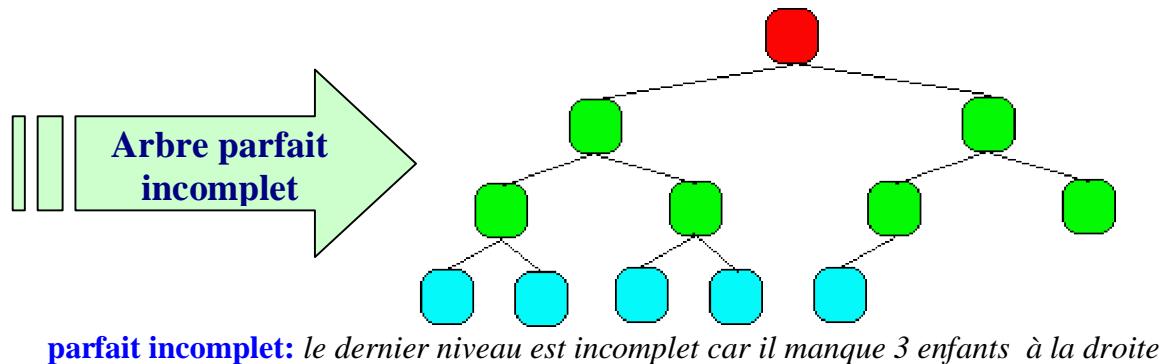


c'est un arbre binaire dont tous les noeuds de chaque niveau sont présents sauf éventuellement au dernier niveau où il peut manquer des noeuds (noeuds terminaux = feuilles), dans ce cas l'arbre parfait est un arbre binaire

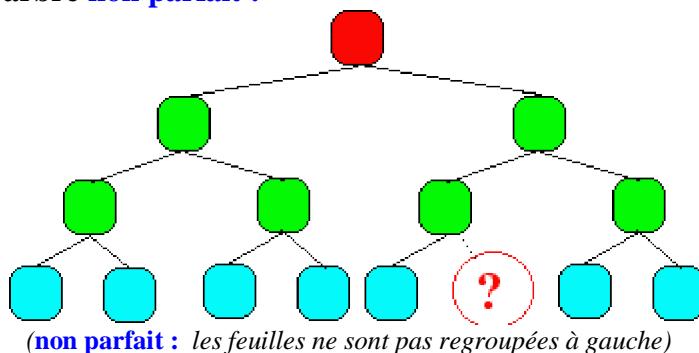
incomplet et les feuilles du dernier niveau **doivent** être regroupées à partir de la gauche de l'arbre.



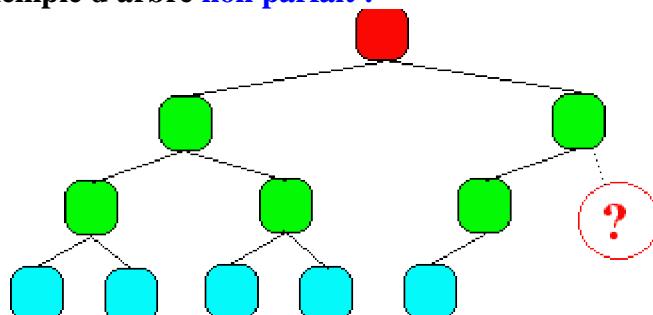
un arbre **parfait** peut être incomplet lorsque le dernier niveau de l'arbre est incomplet (dans le cas où manquent des feuilles à la droite du dernier niveau, les feuilles sont regroupées à gauche)



Exemple d'arbre **non parfait** :



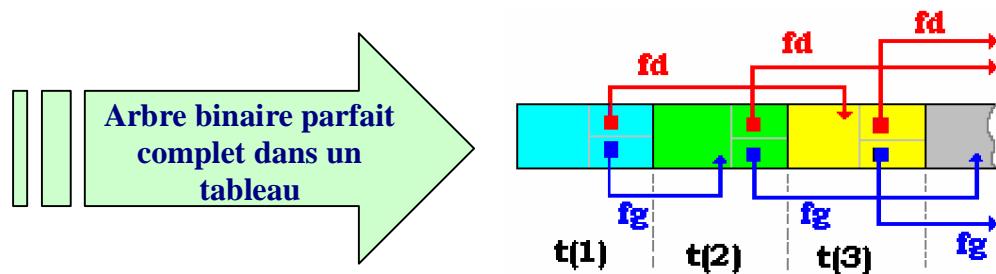
Autre exemple d'arbre **non parfait** :



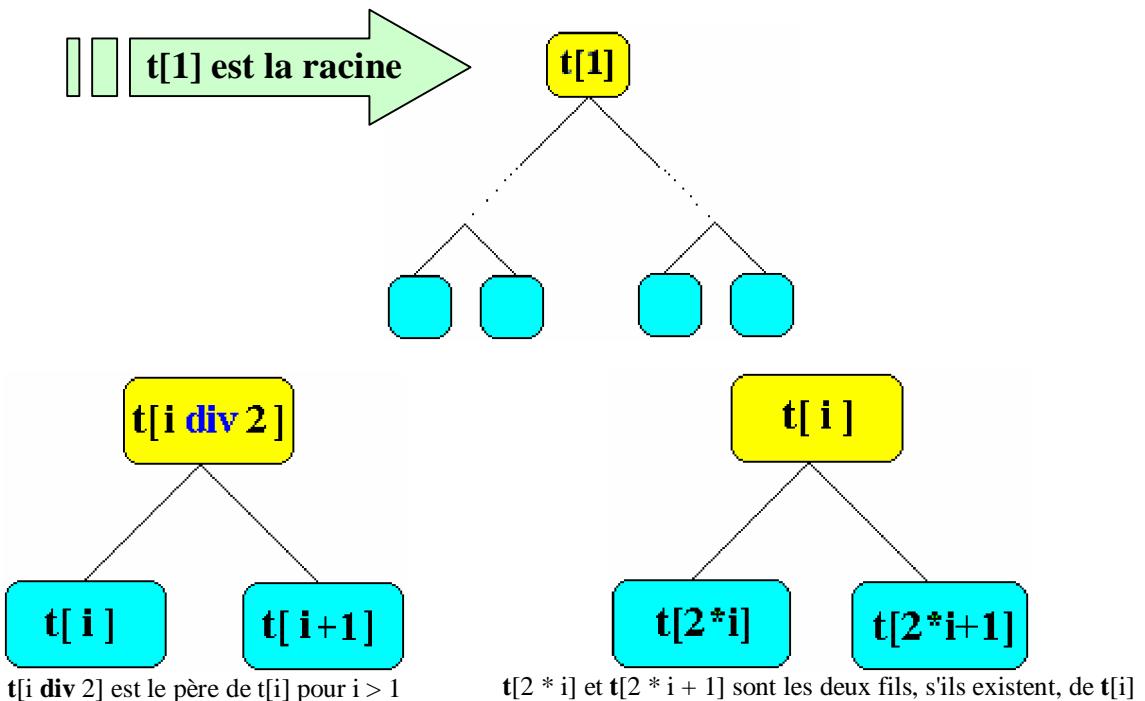
(non parfait : les feuilles sont bien regroupées à gauche, mais il manque 1 enfant à l'avant dernier niveau )

### Un arbre binaire parfait se représente classiquement dans un tableau :

Les noeuds de l'arbre sont dans les cellules du tableau, il n'y a pas d'autre information dans une cellule du tableau, l'accès à la topologie arborescente est simulée à travers un calcul d'indice permettant de parcourir les cellules du tableau selon un certain 'ordre' de numérotation correspondant en fait à un **parcours hiérarchique** de l'arbre. En effet ce sont les numéros de ce parcours qui servent d'indice aux cellules du tableau nommé **t** ci-dessous :

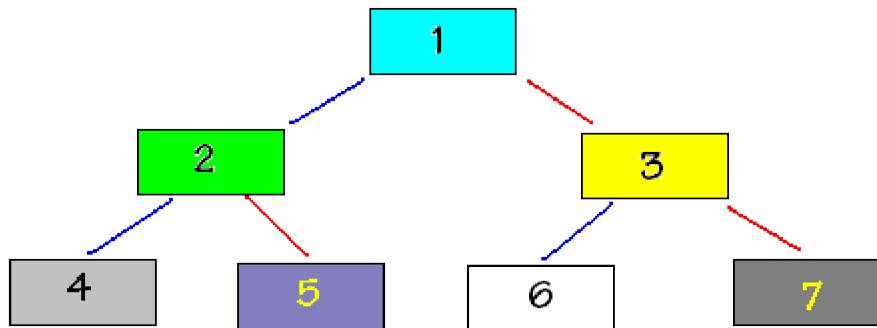


Si **t** est ce tableau, nous avons les règles suivantes :



si **p** est le nombre de noeuds de l'arbre et si  $2 * i = p$ , **t[i]** n'a qu'un fils, **t[p]**.  
si **i** est supérieur à **p** **div** 2, **t[i]** est une feuille.

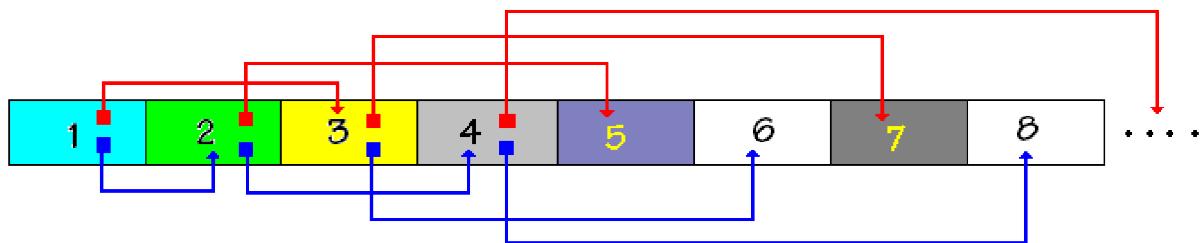
*Exemple de rangement d'un tel arbre dans un tableau  
(on a figuré l'indice de numérotation hiérarchique de chaque noeud dans le rectangle associé au noeud)*



Cet arbre sera stocké dans un tableau en disposant séquentiellement et de façon contigüe les noeuds selon la numérotation hiérarchique (l'index de la cellule = le numéro hiérarchique du noeud).

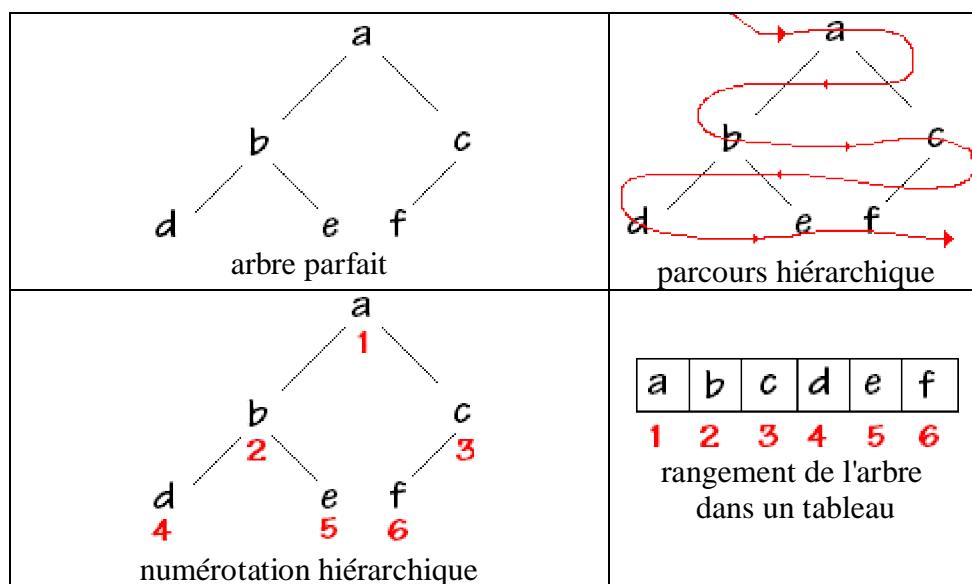
Dans cette disposition le passage d'un noeud de numéro  $k$  (indice dans le tableau) vers son fils gauche s'effectue par calcul d'indice, le fils gauche se trouvera dans la cellule d'index  $2*k$  du tableau, son fils droit se trouvant dans la cellule d'index  $2*k + 1$  du tableau. Ci-dessous l'arbre précédent est stocké dans un tableau : le noeud d'indice hiérarchique 1 (la racine) dans la cellule d'index 1, le noeud d'indice hiérarchique 2 dans la cellule d'index 2, etc...

Le nombre qui figure dans la cellule (nombre qui vaut l'index de la cellule = le numéro hiérarchique du noeud) n'est mis là qu'à titre pédagogique afin de bien comprendre le mécanisme.

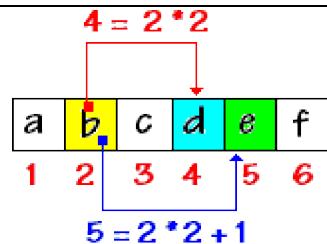


On voit par exemple, que par calcul on a bien le fils gauche du noeud d'indice 2 est dans la cellule d'index  $2*2 = 4$  et son fils droit se trouve dans la cellule d'index  $2*2+1 = 5$  ...

*Exemple d'un arbre parfait étiqueté avec des caractères :*



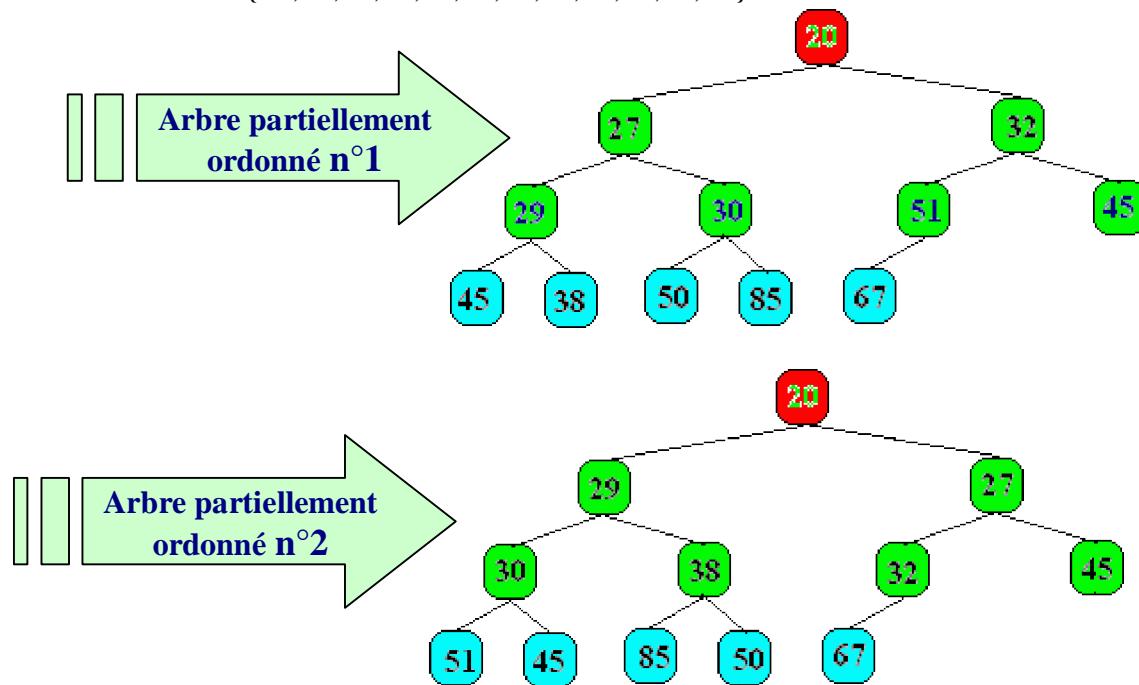
Soit le noeud 'b' de numéro hiérarchique 2 (donc rangé dans la cellule de rang 2 du tableau), son **fils gauche** est 'd', son **fils droit** est 'e'.



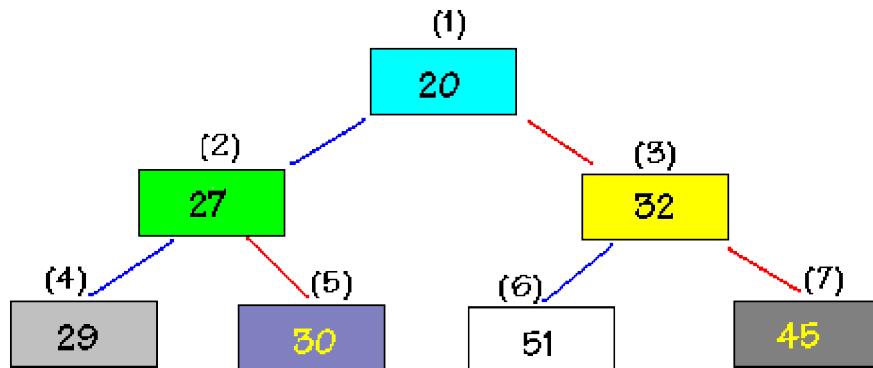
C'est un arbre étiqueté dont les valeurs des noeuds appartiennent à un ensemble muni d'une **relation d'ordre total** (les nombres entiers, réels etc... en sont des exemples) tel que pour un noeud donné tous ses **fils ont une valeur supérieure ou égale à celle de leur père**.

*Exemple de deux arbres partiellement ordonnés*

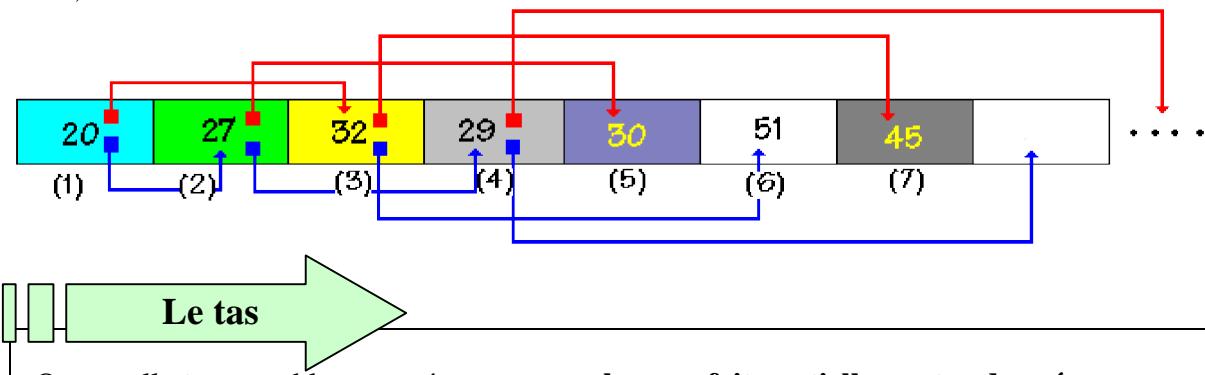
sur l'ensemble  $\{20, 27, 29, 30, 32, 38, 45, 45, 50, 51, 67, 85\}$  d'entiers naturels :



Nous remarquons que **la racine d'un tel arbre est toujours l'élément de l'ensemble possédant la valeur minimum** (le plus petit élément de l'ensemble), car la valeur de ce noeud par construction est inférieure à celle de ses fils et par transitivité de la relation d'ordre à celles de ses descendants c'est le minimum. Si donc nous arrivons à ranger une liste d'éléments dans un tel arbre le minimum de cette liste est atteignable immédiatement comme racine de l'arbre.  
En reprenant l'exemple précédent sur 3 niveaux : (*entre parenthèses le numéro hiérarchique du noeud*)



Voici réellement ce qui est stocké dans le tableau : (*entre parenthèses l'index de la cellule contenant le noeud*)



On appelle **tas** un tableau représentant un **arbre parfait partiellement ordonné**.

L'intérêt d'utiliser un arbre parfait complet ou incomplet réside dans le fait que le tableau est toujours **compacté**, les cellules vides s'il y en a se situent à la fin du tableau.

Le fait d'être partiellement ordonné sur les valeurs permet d'avoir immédiatement un **extremum** à la racine.

## 2.5 Parcours d'un arbre binaire

**Objectif** : les arbres sont des structures de données. Les informations sont contenues dans les noeuds de l'arbre, afin de construire des algorithmes effectuant des opérations sur ces informations (ajout, suppression, modification,...) il nous faut pouvoir examiner tous les noeuds d'un arbre. Examinons les différents moyens de parcourir ou de traverser chaque noeud de l'arbre et d'appliquer un traitement à la donnée rattachée à chaque noeud.

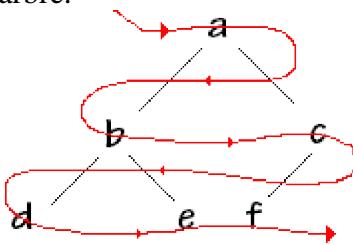
### Parcours d'un arbre

L'opération qui consiste à **retrouver** systématiquement tous les noeuds d'un arbre et d'y appliquer un **même traitement** se dénomme **parcours** de l'arbre.

### Parcours en largeur ou hiérarchique

Un algorithme classique consiste à **explorer** chaque noeud d'un niveau donné de

**gauche à droite**, puis de passer au niveau suivant. On dénomme cette stratégie le parcours en largeur de l'arbre.



### Parcours en profondeur

La stratégie consiste à **descendre** le plus profondément soit **jusqu'aux feuilles** d'un noeud de l'arbre, puis lorsque toutes les feuilles du noeud ont été visitées, l'algorithme "**remonte**" au noeud plus haut dont les feuilles n'ont pas encore été visitées.

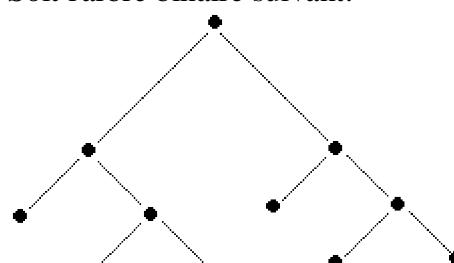
Notons que ce parcours peut s'effectuer systématiquement en commençant par le fils gauche, puis en examinant le fils droit ou bien l'inverse.

### Parcours en profondeur par la gauche

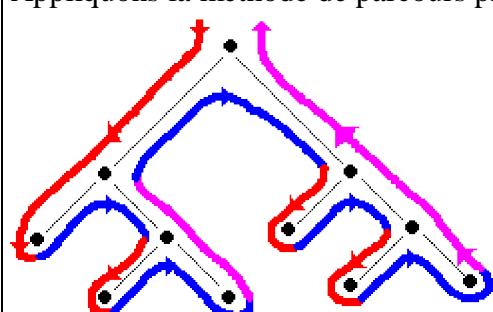
Traditionnellement c'est l'exploration **fils gauche, puis ensuite fils droit** qui est retenue on dit alors que l'on traverse l'arbre en "**profondeur par la gauche**".

Schémas montrant le principe du parcours exhaustif en "**profondeur par la gauche**" :

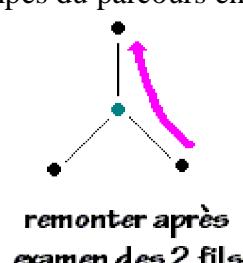
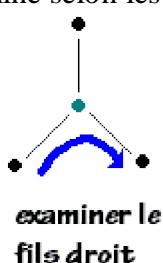
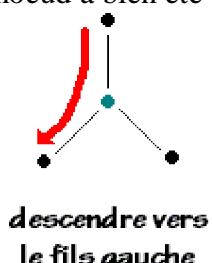
Soit l'arbre binaire suivant:



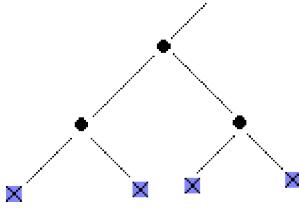
Appliquons la méthode de parcours proposée :



Chaque noeud a bien été examiné selon les principes du parcours en profondeur :



En fait pour ne pas surcharger les schémas arborescents, nous omettons de dessiner à la fin de chaque noeud de type feuille les deux **noeuds enfants vides** qui permettent de reconnaître que le parent est une feuille :



**x = arbre vide**

Lorsque la compréhension nécessitera leur dessin nous conseillons au lecteur de faire figurer explicitement dans son schéma arborescent les noeuds vides au bout de chaque feuille.

**Nous proposons maintenant, de donner une description en langage algorithmique LDFA du parcours en profondeur d'un arbre binaire sous forme récursive.**

### Algorithme général récursif de parcours en profondeur par la gauche

```

parcourir ( Arbre )
si Arbre ≠ Ø alors
    Traiter-1 (info(Arbre.Racine)) ;
    parcourir ( Arbre.filsG ) ;
    Traiter-2 (info(Arbre.Racine)) ;
    parcourir ( Arbre.filsD ) ;
    Traiter-3 (info(Arbre.Racine)) ;
Fsi
  
```

Les différents traitements **Traiter-1**, **Traiter-2** et **Traiter-3** consistent à traiter l'information située dans le noeud actuellement traversé soit lorsque l'on descend vers le fils gauche (**Traiter-1**), soit en allant examiner le fils droit (**Traiter-2**), soit lors de la remonté après examen des 2 fils (**Traiter-3**).

En fait on n'utilise en pratique que trois variantes de cet algorithme, celles qui constituent des parcours ordonnés de l'arbre en fonction de l'application du traitement de l'information située aux noeuds. Chacun de ces 3 parcours définissent un ordre implicite (préfixé, infixé, postfixé) sur l'affichage et le traitement des données contenues dans l'arbre.

### Algorithme de parcours en pré-ordre :

```

parcourir ( Arbre )
si Arbre ≠ Ø alors
    Traiter-1 (info(Arbre.Racine)) ;
    parcourir ( Arbre.filsG ) ;
    parcourir ( Arbre.filsD ) ;
Fsi
  
```

**Ordre préfixé**

## Algorithme de parcours en post-ordre :

```
parcourir ( Arbre )
si Arbre ≠ Ø alors
    parcourir ( Arbre.filsG ) ;
    parcourir ( Arbre.filsD ) ;
    Traiter-3 (info(Arbre.Racine)) ;
Fsi
```

Ordre postfixé

## Algorithme de parcours en ordre symétrique :

```
parcourir ( Arbre )
si Arbre ≠ Ø alors
    parcourir ( Arbre.filsG) ;
    Traiter-2 (info(Arbre.Racine)) ;
    parcourir ( Arbre.filsD ) ;
Fsi
```

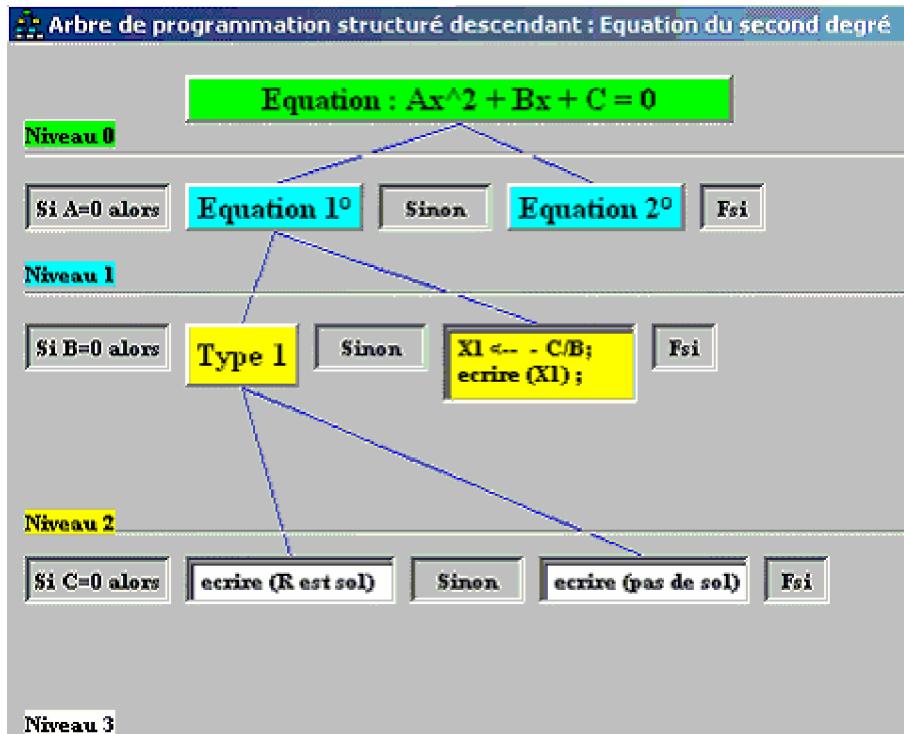
Ordre infixé

## Illustration pratique d'un parcours général en profondeur

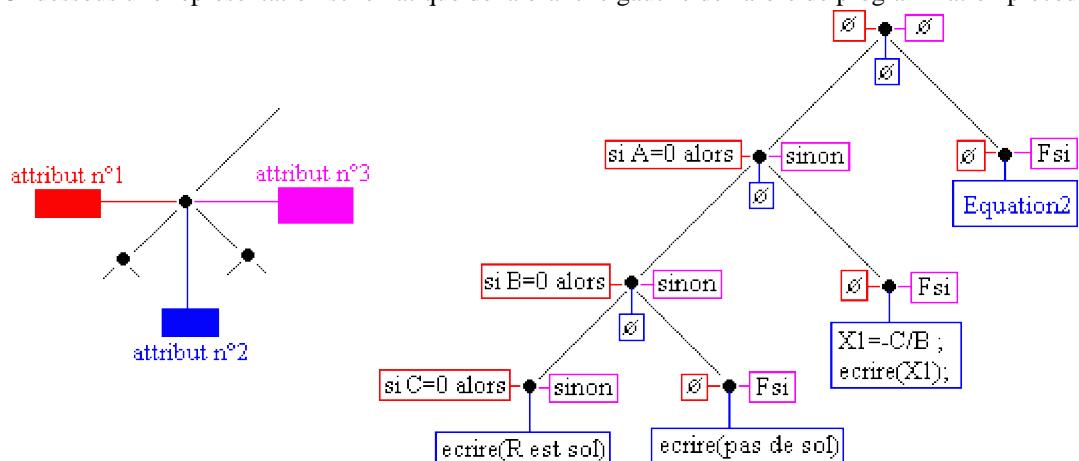
Le lecteur trouvera plus loin des exemples de parcours selon l'un des 3 ordres infixé, préfixé, postfixé, nous proposons ici un exemple didactique de parcours général avec les 3 traitements.

Nous allons voir comment utiliser une telle structure arborescente afin de restituer du texte algorithmique linéaire en effectuant un parcours en profondeur.

Voici ce que nous donne une analyse descendante du problème de résolution de l'équation du second degré (nous avons fait figurer uniquement la branche gauche de l'arbre de programmation) :



Ci-dessous une représentation schématique de la branche gauche de l'arbre de programmation précédent :

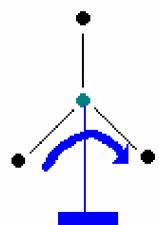
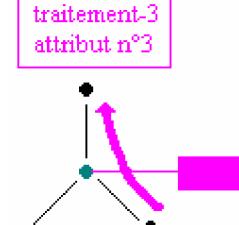


Nous avons établi un modèle d'arbre (binnaire ici) où les informations au noeud sont au nombre de 3 (nous les nommerons **attribut n°1**, **attribut n°2** et **attribut n°3**). Chaque attribut est une **chaîne de caractères**, vide s'il y a lieu.

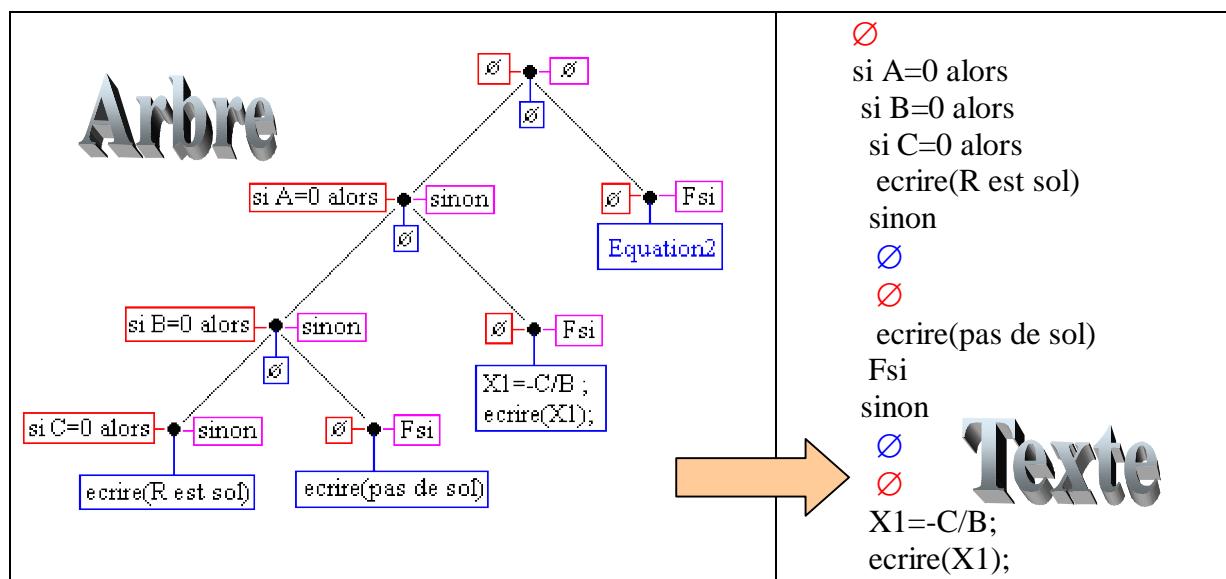
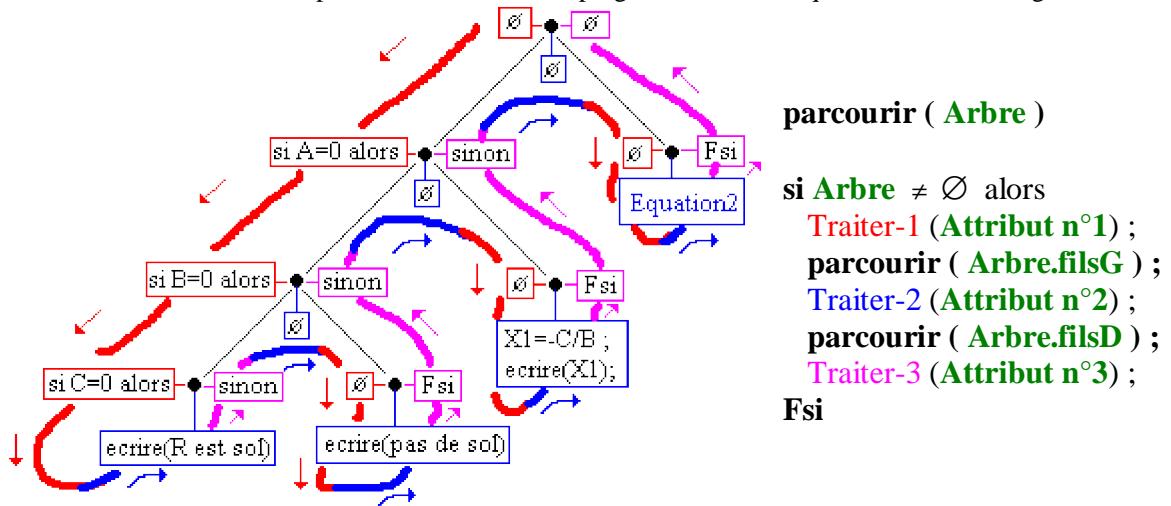
Nous noterons ainsi un attribut contenant une chaîne vide : Ø

## Traitement des attributs pour produire le texte

traitement-1 attribut n°1	Traiter-1 (Arbre.Racine.Attribut n°1) consiste à écrire le contenu de l'Attribut n°1 :  si Attribut n°1 non vide alors écrire( Attribut n°1 ) Fsi
------------------------------	---

<b>traitement-2 attribut n°2</b> 	<b>Traiter-2 (Arbre.Racine.Attribut n°2)</b> consiste à écrire le contenu de l'Attribut n°2 : <b>si Attribut n°2 non vide alors</b> écrire( Attribut n°2 ) <b>Fsi</b>
<b>traitement-3 attribut n°3</b> 	<b>Traiter-3 (Arbre.Racine.Attribut n°3)</b> consiste à écrire le contenu de l'Attribut n°3 : <b>si Attribut n°3 non vide alors</b> écrire( Attribut n°3 ) <b>Fsi</b>

Parcours en profondeur de l'arbre de programmation de l'équation du second degré :



# Parcours

```

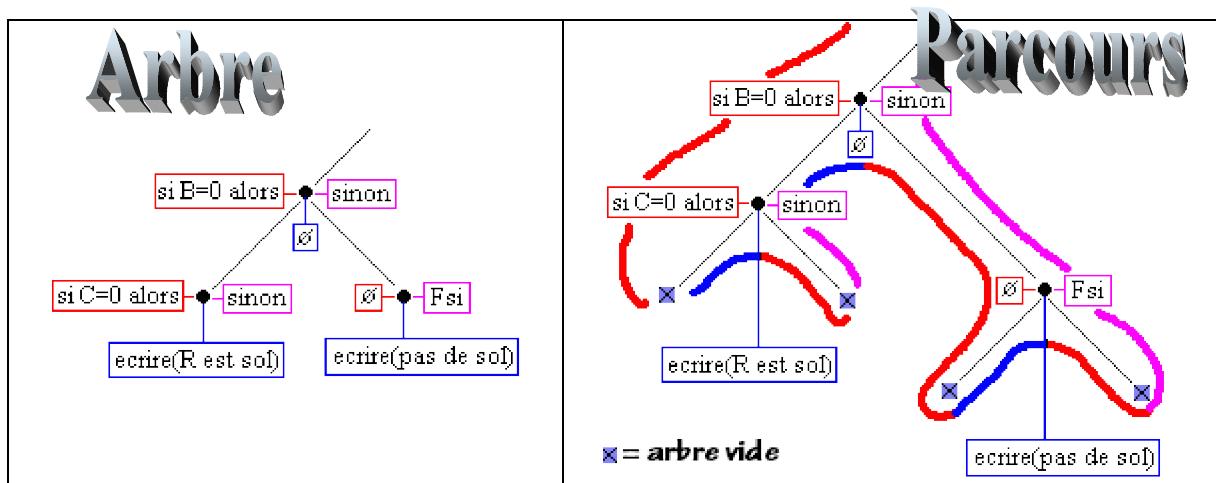
si Arbre ≠ Ø alors
    Traiter-1 (Attribut n°1) ;
    parcourir ( Arbre.filsG ) ;
    Traiter-2 (Attribut n°2) ;
    parcourir ( Arbre.filsD ) ;
    Traiter-3 (Attribut n°3) ;
Fsi

```

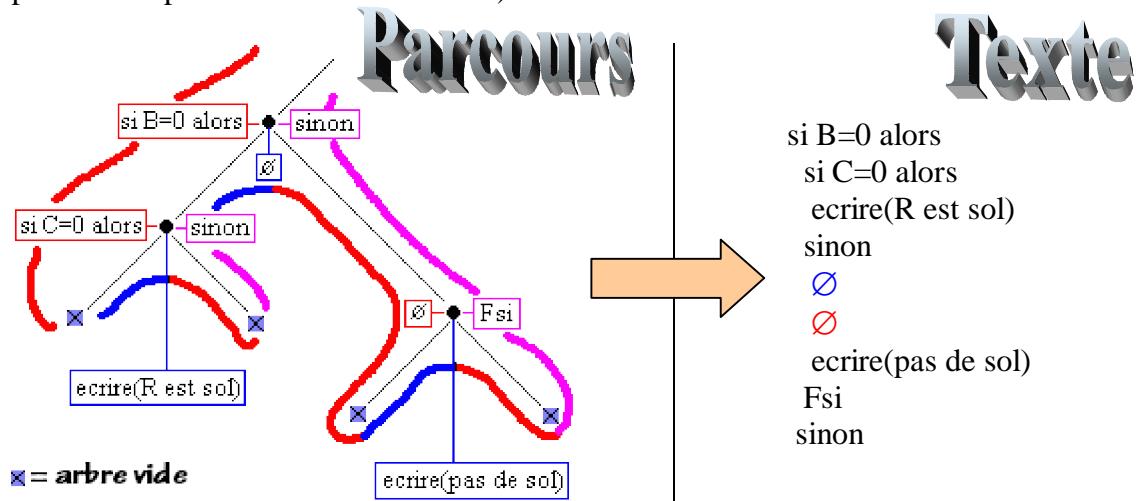
<b>Fsi</b> <b>sinon</b> Ø Ø Equation2 <b>Fsi</b> Ø
--

Rappelons que le symbole Ø représente la chaîne vide il est uniquement mis dans le texte dans le but de permettre le suivi du parcours de l'arbre.

Pour bien comprendre le parcours aux feuilles de l'arbre précédent, nous avons fait figurer ci-dessous sur un exemple, les **noeuds vides** de chaque feuille et le **parcours complet associé** :

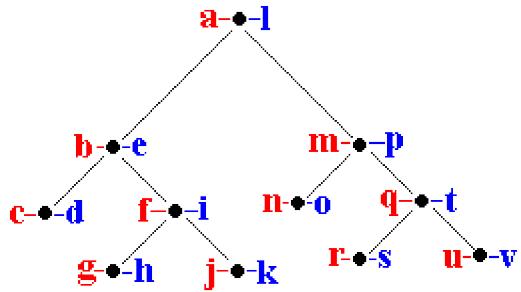


Le parcours partiel ci-haut produit le texte algorithmique suivant (le symbole Ø est encore écrit pour la compréhension de la traversée) :



### Exercice

Soit l'arbre ci-contre possédant 2 attributs par noeuds (un symbole de type caractère)



On propose le traitement en profondeur de l'arbre comme suit :  
**L'attribut de gauche** est écrit en **descendant**, **l'attribut de droite** est écrit en **remontant**, il n'y a **pas d'attribut** ni de **traitement** lors de l'examen du fils droit en venant du fils gauche.  
écrire la chaîne de caractère obtenue par le parcours ainsi défini.

**Réponse :**

abcd<sub>g</sub>hjk<sub>i</sub>iemnoqr<sub>s</sub>uv<sub>t</sub>pl

**Terminons cette revue des descriptions algorithmiques des différents parcours classiques d'arbre binaire avec le parcours en largeur** (*Cet algorithme nécessite l'utilisation d'une file du type Fifo dans laquelle l'on stocke les nœuds*).

#### Algorithme de parcours en largeur

**Largeur ( Arbre )**

```

si Arbre  $\neq \emptyset$  alors
    ajouter racine de l'Arbre dans Fifo;
    tantque Fifo  $\neq \emptyset$  faire
        prendre premier de Fifo;
        traiter premier de Fifo;
        ajouter filsG de premier de Fifo dans Fifo;
        ajouter filsD de premier de Fifo dans Fifo;
    ftant
Fsi

```

### 2.6 Insertion, suppression, recherche dans un arbre binaire de recherche

#### Algorithme d'insertion dans un arbre binaire de recherche

placer l'élément Elt dans l'arbre Arbre par adjonctions successives aux feuilles

**placer ( Arbre Elt )**

```

si Arbre  $= \emptyset$  alors
    créer un nouveau noeud contenant Elt ;
    Arbre.Racine = ce nouveau noeud
sinon
    { - tous les éléments "info" de tous les noeuds du sous-arbre de gauche

```

sont inférieurs ou égaux à l'élément "info" du noeud en cours (arbre)

- tous les éléments "info" de tous les noeuds du sous-arbre de droite sont supérieurs à l'élément "info" du noeud en cours (arbre)

}

si clef ( Elt ) ≤ clef ( Arbre.Racine ) alors

    placer ( Arbre.filsG Elt )

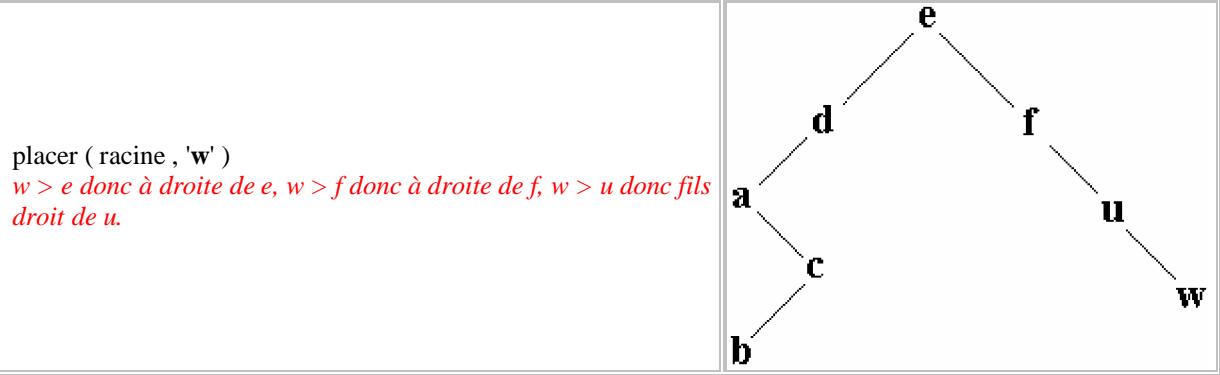
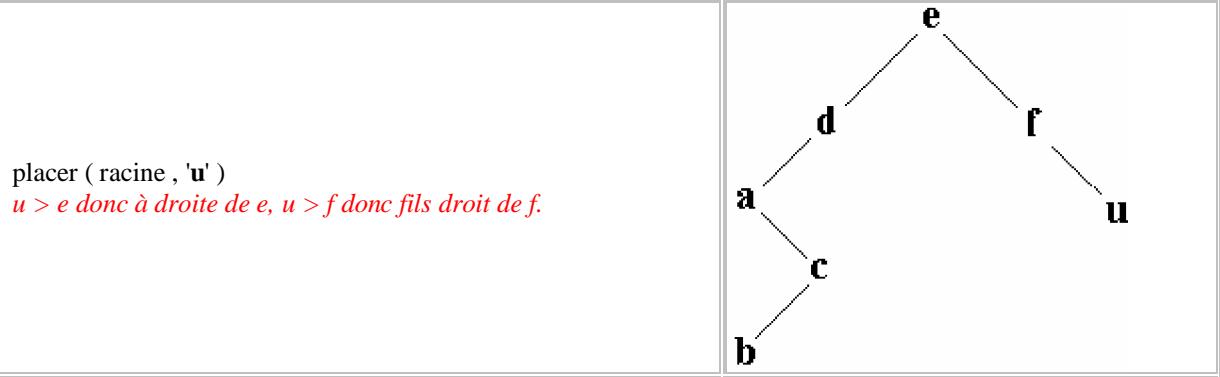
sinon

    placer ( Arbre.filsD Elt )

Fsi

Soit par exemple la liste de caractères alphabétiques : e d f a c b u w , que nous rangeons dans cet ordre d'entrée dans un arbre binaire de recherche. Ci-dessous le suivi de l'algorithme de placements successifs de chaque caractère de cette liste dans un arbre de recherche:

Insertions successives des éléments	Arbre de recherche obtenu
placer ( racine , 'e' ) <i>e est la racine de l'arbre.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     </pre>
placer ( racine , 'd' ) <i>d &lt; e donc fils gauche de e.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     </pre>
placer ( racine , 'f' ) <i>f &gt; e donc fils droit de e.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     e[e] --&gt; f[f]     </pre>
placer ( racine , 'a' ) <i>a &lt; e donc à gauche, a &lt; d donc fils gauche de d.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     e[e] --&gt; f[f]     d[d] --&gt; a[a]     </pre>
placer ( racine , 'c' ) <i>c &lt; e donc à gauche, c &lt; d donc à gauche, c &gt; a donc fils droit de a.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     e[e] --&gt; f[f]     d[d] --&gt; a[a]     a[a] --&gt; c[c]     </pre>
placer ( racine , 'b' ) <i>b &lt; e donc à gauche, b &lt; d donc à gauche, b &gt; a donc à droite de a, b &lt; c donc fils gauche de c.</i>	<pre> graph TD     e[e] --&gt; d[d]     e[e] --&gt; f[f]     d[d] --&gt; a[a]     d[d] --&gt; c[c]     a[a] --&gt; b[b]     </pre>



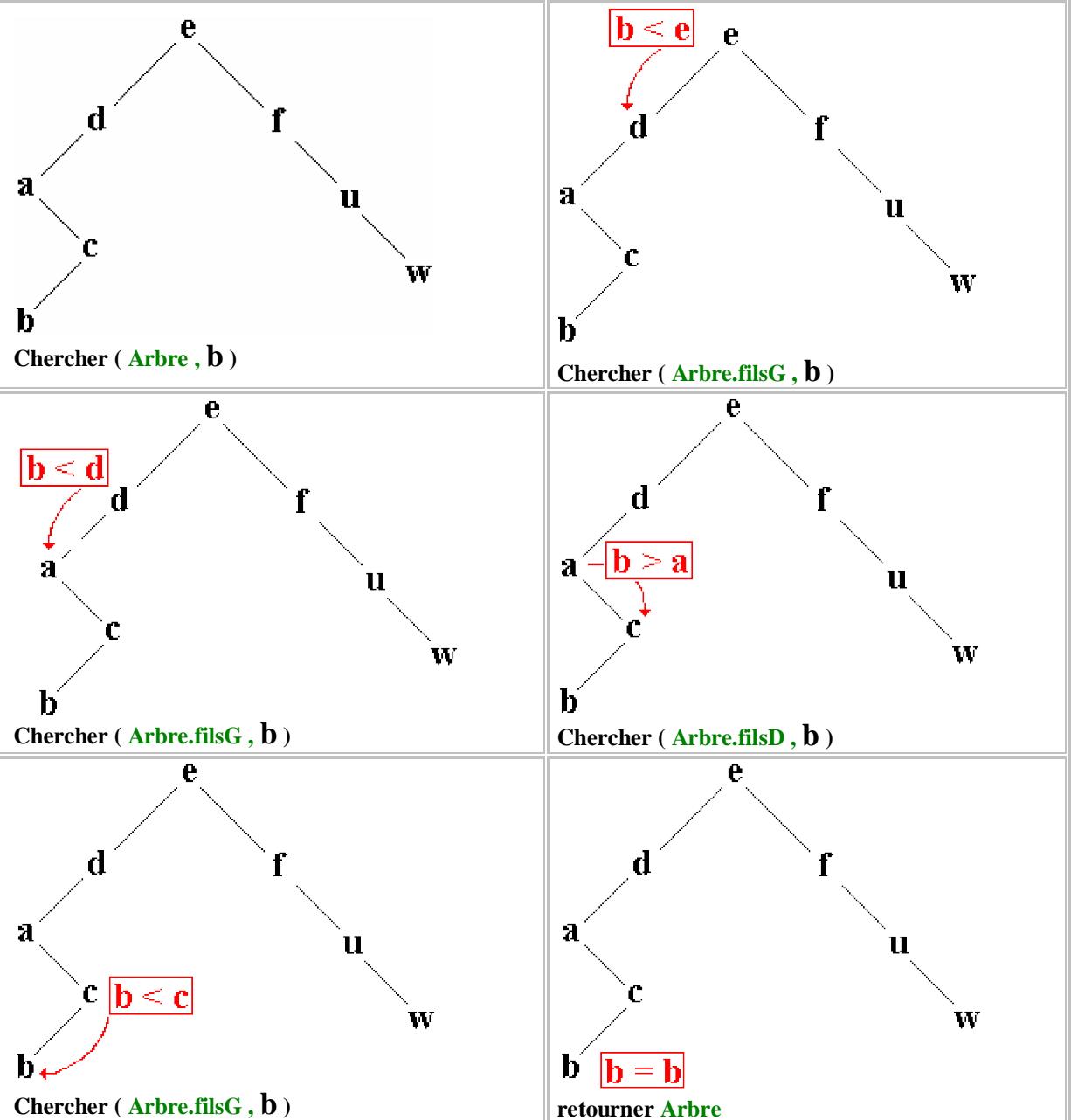
**Algorithme de recherche dans un arbre binaire de recherche**

chercher l'élément **Elt** dans l'arbre **Arbre** :

**Chercher ( Arbre Elt ) : Arbre**

si **Arbre** =  $\emptyset$  alors  
     Afficher **Elt** non trouvé dans l'arbre;  
 sinon  
     si clef ( **Elt** ) < clef ( **Arbre.Racine** ) alors  
         Chercher ( **Arbre.filsG Elt** ) //on cherche à gauche  
     sinon  
         si clef ( **Elt** ) > clef ( **Arbre.Racine** ) alors  
             Chercher ( **Arbre.filsD Elt** ) //on cherche à droite  
         sinon retourner **Arbre.Racine** //l'élément est dans ce noeud  
         Fsi  
     Fsi  
 Fsi

Ci-dessous le suivi de l'algorithme de recherche du caractère **b** dans l'arbre précédent :



## Algorithme de suppression dans un arbre binaire de recherche

Afin de pouvoir supprimer un élément dans un arbre binaire de recherche, il est nécessaire de pouvoir d'abord le localiser, ensuite supprimer le noeud ainsi trouvé et éventuellement procéder à la réorganisation de l'arbre de recherche.

Nous supposons que notre arbre binaire de recherche ne possède que des éléments tous distincts (pas de redondance).

*supprimer l'élément Elt dans l'arbre Arbre :*

```
Supprimer ( Arbre Elt ) : Arbre
  local Node : Noeud

  si Arbre = Ø alors
    Afficher Elt non trouvé dans l'arbre;
  sinon
    si clef ( Elt ) < clef ( Arbre.Racine ) alors
      Supprimer ( Arbre.filsG Elt ) //on cherche à gauche
    sinon
      si clef ( Elt ) > clef ( Arbre.Racine ) alors
        Supprimer ( Arbre.filsD Elt ) //on cherche à droite
      sinon //l'élément est dans ce noeud
        si Arbre.filsG = Ø alors //sous-arbre gauche vide
          Arbre ← Arbre.filsD //remplacer arbre par son sous-arbre droit
        sinon
          si Arbre.filsD = Ø alors //sous-arbre droit vide
            Arbre ← Arbre.filsG //remplacer arbre par son sous-arbre gauche
          sinon //le noeud a deux descendants
            Node ← PlusGrand( Arbre.filsG ); //Node = le max du fils gauche
            clef ( Arbre.Racine ) ← clef ( Node ); //remplacer étiquette
            détruire ( Node ) //on élimine ce noeud
        Fsi
      Fsi
    Fsi
  Fsi
Fsi
```

Cet algorithme utilise l'algorithme récursif **PlusGrand** de recherche du plus grand élément dans l'arbre **Arbre** :

//par construction il suffit de descendre systématiquement toujours le plus à droite

```
PlusGrand ( Arbre ) : Arbre
  si Arbre.filsD = Ø alors
    retourner Arbre.Racine //c'est le plus grand élément
  sinon
    PlusGrand ( Arbre.filsD )
  Fsi
```

# Bibliographie

*Livres papier vendus par éditeur*

---

## *Livres C# en français*

J.Richter, [programmez microsoft .Net Framework](#), microsof press-Dunod, Paris (2002)  
R.Standefer, [ASP Net web training auto-formation](#), OEM-Eyrolles, Paris (2002)  
G.Leblanc, [solutions développeur C# et .NET](#), Eyrolles, Paris (2002)  
B.Bischof, [Langages .Net guide des équivalences](#), Eyrolles, Paris (2002)  
S.Gross, [cook book C#](#), Micro application, Paris (2002)  
C.Eberhardt, [le langage C#](#), campus press, Paris (2002)  
H.Berthet , [Visual C# concepts et mise en oeuvre](#), Ed.ENI, Nantes (2002)  
M.Williams, [manuel de référence microsof visual C# .Net](#), microsof press-Dunod, Paris (2003)  
[Kit de formation développer des applications windows avec visual C# .Net](#), microsof press-Dunod, Paris (2003)  
[Kit de formation développer des applications web avec visual C# .Net](#), microsof press-Dunod, Paris (2003)  
V.Billotte, M.Thevenet, [Le langage C#](#), Ed. Micro-Application, Paris (2002)  
J.Gabillaud, [ADO.NET l'accès aux données](#), Ed.ENI, Nantes (2004)  
M.de Champlain, G.Patrick, [C# 2.0 guide pratique du développeur](#), Dunod, Paris (2005)

**Site de l'association des développeurs francophones contenant de nombreux cours et tutoriels en ligne gratuits pour C++, Delphi, Java, C#, UML etc.. :**

<http://www.developpez.com>

# **Exercices**

# Algorithmes simples avec



---

<b>Calcul de la valeur absolue d'un nombre réel .....</b>	<b>p. 4</b>
<b>Résolution de l'équation du second degré dans R .....</b>	<b>p. 6</b>
<b>Calcul des nombres de Armstrong .....</b>	<b>p. 8</b>
<b>Calcul de nombres parfaits .....</b>	<b>p. 10</b>
<b>Calcul du pgcd de 2 entiers (méthode Euclide) .....</b>	<b>p. 12</b>
<b>Calcul du pgcd de 2 entiers (méthode Egyptienne) .....</b>	<b>p. 14</b>
<b>Calcul de nombres premiers (boucles while et do...while) .....</b>	<b>p. 16</b>
<b>Calcul de nombres premiers (boucles for) .....</b>	<b>p. 18</b>
<b>Calcul du nombre d'or .....</b>	<b>p. 20</b>
<b>Conjecture de Goldbach .....</b>	<b>p. 22</b>
<b>Méthodes d'opérations sur 8 bits .....</b>	<b>p. 24</b>
<b>Chaînes palindromes 2versions .....</b>	<b>p. 28</b>
<b>Convertir une date numérique en lettres .....</b>	<b>p. 31</b>
<b>Convertir un nombre écrit en chiffres romains .....</b>	<b>p. 33</b>
<b>Tri à bulles tableau d'entiers .....</b>	<b>p. 34</b>
<b>Tri par insertion tableau d'entiers .....</b>	<b>p. 36</b>
<b>Recherche linéaire dans un tableau non trié .....</b>	<b>p. 39</b>
<b>Recherche linéaire dans un tableau déjà trié .....</b>	<b>p. 43</b>
<b>Recherche dichotomique dans un tableau déjà trié .....</b>	<b>p. 46</b>

*Dans la majorité des exemples de traduction d'algorithmes simples nous reprenons volontairement des exemples déjà traités dans un autre livre pdf, les fondements de Java, le lecteur remarquera la similarité du code C# et du code Java pour le même exercice.*

*Pour le lecteur familiarisé avec Java, lorsqu'il y a dissemblance du code C# avec le code Java, nous avons fourni des explications spécifiques au code C#.*

# Classes, objets et IHM avec



---

<b>Problème de la référence circulaire.....</b>	<b>p. 49</b>
<b>Classe de salariés dans une entreprise fictive .....</b>	<b>p. 51</b>
<b>Classe de salariés dans un fichier de l'entreprise .....</b>	<b>p. 62</b>
<b>Construction d'un ensemble de caractères .....</b>	<b>p. 70</b>
<b>Construction d'un ensemble générique .....</b>	<b>p. 76</b>
<b>Construction d'une IHM de jeu de puzzle .....</b>	<b>p. 84</b>

*Les exercices utilisent des classes spécifiques au langage C#, si le lecteur veut traduire ces exemples en code Java ou en code Delphi, il doit soit chercher dans les packages Java ou Delphi des classes possédant les mêmes fonctionnalités soit les construire lui-même.*

## Algorithme

### Calcul de la valeur absolue d'un nombre réel

---

**Objectif :** Ecrire un programme C# servant à calculer la valeur absolue d'un nombre réel  $x$  à partir de la définition de la valeur absolue. La valeur absolue du nombre réel  $x$  est le nombre réel  $|x|$  :

$$|x| = x \text{ , si } x \geq 0$$

$$|x| = -x \text{ si } x < 0$$

#### Spécifications de l'algorithme :

```
lire( x );
si x ≥ 0 alors écrire( '|x| =', x)
sinon écrire( '|x| =', -x)
fsi
```

#### Implantation en C#

Ecrivez avec les deux instructions différentes "if...else.." et "...?.. : ...", le programme C# complet correspondant à l'affichage ci-dessous :

```
Entrez un nombre x = -45
```

```
|x| = 45
```

#### Proposition de squelette de classe C# à planter :

```
class ApplicationValAbsolue {
    static void Main(string[ ] args) {
        .....
    }
}
```

La méthode **Main** calcule et affiche la valeur absolue.

## Classe C# solution

### Une classe C# solution du problème avec un if...else :

```
using System;
namespace CsExosAlgo1 {
class ApplicationValAbsolue1 {
    static void Main(string[ ] args) {
        double x;
        System.Console.Write("Entrez un nombre x = ");
        x = Double.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
        if (x<0) System.Console.WriteLine("|x| = "+(-x));
        else System.Console.WriteLine("|x| = "+x);
    }
}
```

### Explication sur l'instruction :

```
x = Double.Parse ( System.Console.ReadLine( ) );
```

Le gestionnaire d'entrée sortie C# à partir de la classe Console renvoie à travers la méthode ReadLine() une valeur saisie au clavier de type string. Il est donc obligatoire si l'on veut récupérer un nombre réel au clavier (ici **double x;**) de transyster le réel tapé correctement sous forme de chaîne au clavier, et de le convertir en un réel de type **double** ici, grâce à la méthode Parse de la classe enveloppe **Double** du type **double**.

Remarquons que cette version simple ne protège pas des erreurs de saisie. Pour être plus robuste le programme devrait intercepter l'exception levée par une éventuelle erreur de saisie signalée par une exception du type FormatException :

```
try {
    x = Double.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
}
catch ( FormatException ) { //...traitement de l'erreur de saisie }
```

### Une classe C# solution du problème avec un "... ? ... : ..." :

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
class ApplicationValAbsolue2 {
    static void Main(string[ ] args) {
        double x;
        System.Console.Write("Entrez un nombre x = ");
        x = Double.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
        System.Console.WriteLine("|x| = "+(x < 0 ? -x : x));
    }
}
```

## Algorithme

Algorithme de résolution de l'équation du second degré dans R.

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# de résolution dans R de l'équation du second degré :  $Ax^2 + Bx + C = 0$

Il s'agit ici d'un algorithme très classique provenant du cours de mathématique des classes du secondaire. L'exercice consiste essentiellement en la traduction immédiate

**Spécifications de l'algorithme :**

Algorithme Equation

Entrée: A, B, C ∈ Réels

Sortie: X1 , X2 ∈ Réels

Local: Δ ∈ Réels

début

    lire(A, B, C);

    Si A=0 alors **début**{A=0}

        Si B = 0 alors

            Si C = 0 alors

                écrire(R est solution)

            Sinon{C ≠ 0}

                écrire(pas de solution)

        Fsi

    Sinon {B ≠ 0}

        X1 ← C/B;

        écrire (X1)

    Fsi

fin

Sinon {A ≠ 0} **début**

    Δ ← B<sup>2</sup> - 4\*A\*C ;

    Si Δ < 0 alors

        écrire(pas de solution)

    Sinon {Δ ≥ 0}

        Si Δ = 0 alors

            X1 ← -B/(2\*A);

            écrire (X1)

        Sinon{Δ ≠ 0}

            X1 ← (-B + √Δ)/(2\*A);

            X2 ← (-B - √Δ)/(2\*A);

            écrire(X1 , X2 )

        Fsi

    Fsi

fin

Fsi

FinEquation

**Implantation en C#**

Ecrivez le programme C# qui est la traduction immédiate de cet algorithme dans le corps de la méthode Main.

**Proposition de squelette de classe C# à planter :**

```
class ApplicationEqua2 {
    static void Main(string[ ] args) {
        .....
    }
}
```

### Conseil :

On utilisera la méthode **static** Sqrt(double x) de la classe **Math** pour calculer la racine carrée d'un nombre réel :

$\sqrt{\Delta}$  se traduira alors par : **Math.Sqrt(delta)**

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationEqua2 {
        static void Main (string[ ] arg) {
            double a, b, c, delta ;
            double x, x1, x2 ;
            System.Console.Write("Entrer une valeur pour a : ");
            a = Double.Parse( System.Console.ReadLine() );
            System.Console.Write("Entrer une valeur pour b : ");
            b = Double.Parse( System.Console.ReadLine() );
            System.Console.Write("Entrer une valeur pour c : ");
            c = Double.Parse( System.Console.ReadLine() );
            if (a ==0) {
                if (b ==0) {
                    if (c ==0) {
                        System.Console.WriteLine("tout reel est solution");
                    }
                else { // c ≠ 0
                    System.Console.WriteLine("il n'y a pas de solution");
                }
            }
            else { // b ≠ 0
                x = -c/b ;
                System.Console.WriteLine("la solution est " + x);
            }
        }
        else { // a ≠ 0
            delta = b*b - 4*a*c ;
            if (delta < 0) {
                System.Console.WriteLine("il n'y a pas de solution dans les reels");
            }
            else { // delta ≥ 0
                x1 = (-b + Math.Sqrt(delta))/(2*a) ;
                x2 = (-b - Math.Sqrt(delta))/(2*a) ;
                System.Console.WriteLine("il y deux solutions égales à " + x1 + " et " + x2);
            }
        }
    }
}
```

## Algorithme

### Calcul des nombres de Armstrong

---

**Objectif :** On dénomme **nombre de Armstrong** un entier naturel qui est égal à la somme des cubes des chiffres qui le composent.

*Exemple :*

$$153 = 1^3 + 5^3 + 3^3$$

**153 = 1 + 125 + 27, est un nombre de Armstrong.**

#### Spécifications de l'algorithme :

On sait qu'il n'existe que 4 nombres de Armstrong, et qu'ils ont tous 3 chiffres (ils sont compris entre 100 et 500).

Si l'on suppose qu'un tel nombre est écrit **ijk** (**i** chiffre des centaines, **j** chiffres des dizaines et **k** chiffres des unités), il suffit simplement d'envisager tous les nombres possibles en faisant varier les chiffres entre 0 et 9 et de tester si le nombre est de Armstrong.

#### Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui fournit les 4 nombres de Armstrong :

#### Nombres de Armstrong:

153

370

371

407

#### Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```
class ApplicationArmstrong {
    static void Main(string[ ] args) {
        .....
    }
}
```

La méthode **Main** calcule et affiche les nombres de Armstrong.

## Squelette plus détaillé de la classe C# à implanter :

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationArmstrong {
        static void Main(string[ ] args) {
            int i, j, k, n, somcube;
            System.Console.WriteLine("Nombres de Armstrong:");
            for(i = 1; i<=9; i++)
                for(j = 0; j<=9; j++)
                    for(k = 0; k<=9; k++)
                    {
                        .....
                    }
    }
}
```

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationArmstrong {
        static void Main(string[ ] args) {
            int i, j, k, n, somcube;
            System.Console.WriteLine("Nombres de Armstrong:");
            for(i = 1; i<=9; i++)
                for(j = 0; j<=9; j++)
                    for(k = 0; k<=9; k++)
                    {
                        n = 100*i + 10*j + k;
                        somcube = i*i*i + j*j*j + k*k*k;
                        if (sompude == n)
                            System.Console.WriteLine(n);
                    }
    }
}
```

## Algorithme

### Calcul de nombres parfaits

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# de calcul des n premiers nombres parfaits. Un nombre est dit parfait s'il est égal à la somme de ses diviseurs, 1 compris.

**Exemple :**  $6 = 1+2+3$ , est un nombre parfait.

#### Spécifications de l'algorithme :

l'algorithme retenu contiendra deux boucles imbriquées. Une boucle de comptage des nombres parfaits qui s'arrêtera lorsque le décompte sera atteint, la boucle interne ayant vocation à calculer tous les diviseurs du nombre examiné d'en faire la somme puis de tester l'égalité entre cette somme et le nombre.

```
Algorithme Parfait
Entrée: n ∈ N
Sortie: nbr ∈ N
Local: somdiv, k, compt ∈ N

début
    lire(n);
    compt ← 0;
    nbr ← 2;
    Tantque(compt < n) Faire
        somdiv ← 1;
        Pour k ← 2 jusqu'à nbr-1 Faire
            Si reste(nbr par k) = 0 Alors // k divide nbr
                somdiv ← somdiv + k
            Fsi
            Fpour ;
            Si somdiv = nbr Alors
                ecrire(nbr) ;
                compt ← compt+1;
            Fsi;
            nbr ← nbr+1
    Ftant

FinParfait
```

#### Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui produise le dialogue suivant à l'écran (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

```
Entrez combien de nombre parfaits : 4
6 est un nombre parfait
28 est un nombre parfait
496 est un nombre parfait
8128 est un nombre parfait
```

## Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```
class ApplicationParfaits {
    static void Main(string[ ] args) {
        .....
    }
}
```

La méthode **Main** calcule et affiche les nombres parfaits.

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationParfaits {
        static void Main (string[ ] args) {
            int compt = 0, n, k, somdiv, nbr;
            System.Console.Write("Entrez combien de nombre parfaits : ");
            n = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
            nbr = 2;
            while (compt != n)
            { somdiv = 1;
                k = 2;
                while(k <= nbr/2 )
                {
                    if (nbr % k == 0) somdiv += k ;
                    k++;
                }
                if (somdiv == nbr)
                { System.Console.WriteLine(nbr+" est un nombre parfait");
                    compt++;
                }
                nbr++;
            }
        }
    }
}
```

La saisie de l'entier **int n;** s'effectue par transtypage grâce à la méthode Parse de la classe Net Framework **Int32** du type **int**.

## Algorithme

### Calcul du pgcd de 2 entiers (méthode Euclide)

**Objectif :** On souhaite écrire un programme de calcul du pgcd de deux entiers non nuls, en C# à partir de l'algorithme de la méthode d'Euclide.  
**Voici une spécification de l'algorithme de calcul du PGCD de deux nombres (entiers strictement positifs) a et b, selon cette méthode :**

#### Spécifications de l'algorithme :

```
Algorithme Pgcd
Entrée: a,b ∈ N* x N*
Sortie: pgcd ∈ N
Local: r,t ∈ N x N

début
lire(a,b);
Si ba Alors
  t ← a ;
  a ← b ;
  b ← t
Fsi;
Répéter
  r ← a mod b ;
  a ← b ;
  b ← r
jusqu'à r = 0;
pgcd ← a;
écrire(pgcd)
FinPgcd
```

#### Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui produise le dialogue suivant à la console (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

```
Entrez le premier nombre : 21
Entrez le deuxième nombre : 45
Le PGCD de 21 et 45 est : 3
```

## Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```
class ApplicationEuclide {
    static void Main(string[ ] args) {
        .....
    }
    static int pgcd (int a, int b) {
        .....
    }
}
```

La méthode **pgcd** renvoie le pgcd des deux entiers p et q .

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
class ApplicationEuclide {
    static void Main (string[ ] args) {
        System.Console.Write("Entrez le premier nombre : ");
        int p = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
        System.Console.Write("Entrez le deuxième nombre : ");
        int q = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
        if (p*q!=0)
            System.Console.WriteLine("Le pgcd de "+p+" et de "+q+" est "+pgcd(p,q));
        else
            System.Console.WriteLine("Le pgcd n'existe pas lorsque l'un des deux nombres est nul !");
    }

    static int pgcd (int a , int b) {
        int r,t ;
        if ( b>a) {
            t = a;
            a = b;
            b = t;
        }
        do {
            r = a % b;
            a = b;
            b = r;
        } while(r !=0);
        return a ;
    }
}
```

# Algorithm

## Calcul du pgcd de 2 entiers (méthode Egyptienne)

**Objectif :** On souhaite écrire un programme de calcul du pgcd de deux entiers non nuls, en C# à partir de l'algorithme de la méthode dite "égyptienne" Voici une spécification de l'algorithme de calcul du PGCD de deux nombres (entiers strictement positifs) p et q, selon cette méthode :

**Spécifications de l'algorithme :**

```
Lire (p, q) ;  
Tantque p ≠ q faire  
    Si p > q alors  
        p ← p - q  
    sinon  
        q ← q - p  
    FinSi  
FinTant;  
Ecrire( " PGCD = " , p )
```

### Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui produise le dialogue suivant à la console (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

```
Entrez le premier nombre : 21  
Entrez le deuxième nombre : 45  
Le PGCD de 21 et 45 est : 3
```

**Proposition de squelette de classe C# à implanter :**

```
class ApplicationEgyptien {  
    static void Main(String[ ] args) {  
        .....  
    }  
    static int pgcd (int p, int q) {  
        .....  
    }  
}
```

La méthode **pgcd** renvoie le pgcd des deux entiers p et q .

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationEgyptien {
        static void Main (string[ ] args) {
            System.Console.Write("Entrez le premier nombre : ");
            int p = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
            System.Console.Write("Entrez le deuxième nombre : ");
            int q = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
            if ( p*q != 0 )
                System.Console.WriteLine("Le pgcd de "+p+" et de "+q+" est "+pgcd(p,q));
            else
                System.Console.WriteLine("Le pgcd n'existe pas lorsque l'un des deux nombres est nul !");
        }

        static int pgcd (int p, int q) {
            while ( p != q)
            {
                if (p > q) p -= q;
                else q -= p;
            }
            return p;
        }
    }
}
```

# Algorithm

## Calcul de nombres premiers (boucles while et do...while)

---

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# de calcul et d'affichage des n premiers nombres premiers. Un nombre entier est premier s'il n'est divisible que par 1 et par lui-même **On opérera une implantation avec des boucles while et do...while.**

**Exemple : 31 est un nombre premier**

**Spécifications de l'algorithme :**

**Algorithme Premier**

Entrée:  $n \in \mathbb{N}$

Sortie:  $nbr \in \mathbb{N}$

Local:  $Est\_premier \in \{\text{Vrai}, \text{Faux}\}$   
 $divis, compt \in \mathbb{N}^2;$

**début**

    lire(n);

    compt  $\leftarrow 1$ ;

    ecrire(2);

    nbr  $\leftarrow 3$ ;

**Tantque**(compt < n) **Faire**

        divis  $\leftarrow 3$ ;

        Est\_premier  $\leftarrow \text{Vrai}$ ;

**Répéter**

**Si** reste(nbr par divis) = 0 **Alors**

                Est\_premier  $\leftarrow \text{Faux}$

**Sinon**

                divis  $\leftarrow divis + 2$

**Fsi**

**jusquà** (divis > nbr / 2) **ou** (Est\_premier=Faux);

**Si** Est\_premier =Vrai **Alors**

                ecrire(nbr);

                compt  $\leftarrow compt + 1$

**Fsi**;

            nbr  $\leftarrow nbr + 1$

**Ftant**

**FinPremier**

## Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui produise le dialogue suivant à la console (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

**Combien de nombres premiers : 5**  
**2**  
**3**  
**5**  
**7**  
**11**

## Classe C# solution

### Avec une boucle while et une boucle do...while imbriquée :

*On étudie la primalité de tous les nombres systématiquement*

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationComptPremiers1 {
        static void Main(string[ ] args) {
            int divis, nbr, n, compt = 0 ;
            bool Est_premier;
            System.Console.Write("Combien de nombres premiers : ");
            n = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
            System.Console.WriteLine( 2 );
            nbr = 3;
            while (compt < n-1)
            {
                divis = 2 ;
                Est_premier = true;
                do
                {
                    if (nbr % divis == 0) Est_premier=false;
                    else divis = divis+1 ;
                }
                while ((divis <= nbr/2) && (Est_premier == true));
                if (Est_premier)
                {
                    compt++;
                    System.Console.WriteLine( nbr );
                }
                nbr++ ;
            }
        }
    }
}
```

La méthode **Main** affiche la liste des nombres premiers demandés.

## Algorithm

### Calcul de nombres premiers (boucles for)

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# de calcul et d'affichage des n premiers nombres premiers. Un nombre entier est premier s'il n'est divisible que par 1 et par lui-même. **On opérera une implantation avec des boucles for imbriquées.**

**Exemple : 23 est un nombre premier**

**Spécifications de l'algorithme :** (on étudie la primalité des nombres uniquement impairs)

**Algorithme** Premier

Entrée:  $n \in \mathbb{N}$

Sortie:  $\text{nbr} \in \mathbb{N}$

Local:  $\text{Est\_premier} \in \{\text{Vrai}, \text{Faux}\}$   
 $\text{divis,compt} \in \mathbb{N}^2;$

**début**

    lire(n);

    compt  $\leftarrow 1;$

    ecrire(2);

    nbr  $\leftarrow 3;$

**Tantque**(compt < n) **Faire**

        divis  $\leftarrow 3;$

        Est\_premier  $\leftarrow \text{Vrai};$

**Répéter**

**Si** reste(nbr par divis) = 0 **Alors**

            Est\_premier  $\leftarrow \text{Faux}$

**Sinon**

            divis  $\leftarrow \text{divis} + 2$

**Fsi**

**jusquà** (divis > nbr / 2) **ou** (Est\_premier=Faux);

**Si** Est\_premier =Vrai **Alors**

            ecrire(nbr);

            compt  $\leftarrow \text{compt} + 1$

**Fsi;**

        nbr  $\leftarrow \text{nbr} + 2 // \text{nbr impairs}$

**Ftant**

**FinPremier**

### Implantation en C#

Ecrivez le programme C# complet qui produise le dialogue suivant à la console (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

**Combien de nombres premiers : 5**

2  
3  
5  
7  
**11**

## Classe C# solution

**Avec deux boucles for imbriquées :**

*On étudie la primalité des nombres uniquement impairs*

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationComptPremiers2 {
        static void Main(string[ ] args) {
            int divis, nbr, n, compt = 0 ;
            bool Est_premier;
            System.Console.Write("Combien de nombres premiers : ");
            n = Int32.Parse( System.Console.ReadLine( ) );
            System.Console.WriteLine( 2 );
            //-- primalité uniquement des nombres impairs
            for( nbr = 3; compt < n-1; nbr += 2 )
            { Est_premier = true;
              for (divis = 2; divis<= nbr/2; divis++)
                if ( nbr % divis == 0 )
                { Est_premier = false;
                  break;
                }
              if (Est_premier)
              {
                compt++;
                System.Console.WriteLine( nbr );
              }
            }
        }
    }
}
```

La méthode **Main** affiche la liste des nombres premiers demandés.

Le fait de n'étudier la primalité que des nombres impairs accélère la vitesse d'exécution du programme, il est possible d'améliorer encore cette vitesse en ne cherchant que les diviseurs dont le carré est inférieur au nombre ( test : **jusqu'à** ( $divis^2 > nbr$ ) **ou** (Est\_premier=Faux) ).

## Algorithm

### Calcul du nombre d'or

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# qui calcule le nombre d'or utilisé par les anciens comme nombre idéal pour la sculpture et l'architecture. Si l'on considère deux suites numériques (U) et (V) telles que pour  $n$  strictement supérieur à 2 :

$$U_n = U_{n-1} + U_{n-2}$$

et

$$V_n = U_n / U_{n-1}$$

On montre que la suite (V) tend vers une limite appelée **nombre d'or** (nbr d'Or = 1,61803398874989484820458683436564).

#### Spécifications de l'algorithme :

$n, U_n, U_{n1}, U_{n2}$  : sont des entiers naturels

$V_n, V_{n1}, \epsilon$  : sont des nombres réels

**lire(  $\epsilon$  ); // précision demandée**

$U_{n2} \leftarrow 1;$

$U_{n1} \leftarrow 2;$

$V_{n1} \leftarrow 2;$

$n \leftarrow 2; // rang du terme courant$

#### Itération

$n \leftarrow n + 1;$

$U_n \leftarrow U_{n1} + U_{n2};$

$V_n \leftarrow U_n / U_{n1};$

**si**  $|V_n - V_{n1}| \leq \epsilon$  **alors** Arrêt de la boucle ; // la précision est atteinte  
**sinon**

$U_{n2} \leftarrow U_{n1};$

$U_{n1} \leftarrow U_n;$

$V_{n1} \leftarrow V_n;$

**fsi**

#### fin Itération

**écrire** ( $V_n, n$ );

Ecrire un programme fondé sur la spécification précédente de l'algorithme du calcul du nombre d'or. Ce programme donnera une valeur approchée avec une précision fixée de  $\epsilon$  du nombre d'or. Le programme indiquera en outre le rang du dernier terme de la suite correspondant.

## Implantation en C#

On entre au clavier un nombre réel ci-dessous 0.00001, pour la précision choisie (ici 5 chiffres après la virgule), puis le programme calcule et affiche le Nombre d'or (les caractères gras représentent ce qui est écrit par le programme, les italiques ce qui est entré au clavier) :

```
Précision du calcul ? : 0.00001  
Nombre d'Or = 1.6180328 // rang=14
```

## Classe C# solution

Avec un boucle **for** :

```
using System;  
namespace CsExosAlgo1  
{  
    class AppliNombredOr {  
        static void Main(string[ ] args) {  
            int n, Un, Un1=2, Un2=1 ;  
            double Vn,Vn1=2, Eps ;  
            System.Console.WriteLine("Précision du calcul ? : ");  
            //-- précision demandée (exemple 1e-4 ou 1e-2 ou 0,0001, ...)  
            Eps = Double.Parse( System.Console.ReadLine( ) );  
            for (n=2; ; n++) //n est le rang du terme courant  
            {  
                Un = Un1 + Un2;  
                Vn =(double)Un / (double)Un1;  
                if (Math.Abs(Vn - Vn1) <= Eps) break;  
                else  
                {  
                    Un2 = Un1;  
                    Un1 = Un;  
                    Vn1 = Vn;  
                }  
            }  
            System.Console.WriteLine("Nombre d'Or = " + Vn+ " // rang=" +n);  
        }  
    }  
}
```

Remarquons que nous proposons une boucle **for** ne contenant pas de condition de rebouclage dans son en-tête (donc en apparence infinie), puisque nous effectuerons le test "**si  $|V_n - V_{n1}| \leq Eps$  alors Arrêt de la boucle**" qui permet l'arrêt de la boucle. Dans cette éventualité , la boucle **for** devra donc contenir dans son corps, une instruction de rupture de séquence.

## Algorithme Conjecture de Goldbach

---

**Objectif :** On souhaite écrire un programme C# afin de vérifier sur des exemples, la conjecture de GoldBach (1742), soit : "Tout nombre pair est décomposable en la somme de deux nombres premiers".

Dans cet exercice nous réutilisons un algorithme déjà traité (algorithme du test de la primalité d'un nombre entier), nous rappelons ci-après un algorithme indiquant si un entier "nbr" est premier ou non :

```
Algorithme Premier
    Entrée: nbr ∈ N
    Local: Est_premier ∈ {Vrai , Faux}
           divis,compt ∈ N2;
    début
        lire(nbr);
        divis ← 3;
        Est_premier ← Vrai;
    Répéter
        Si reste(nbr par divis) = 0 Alors
            Est_premier ← Faux
        Sinon
            divis ← divis+2
        Fsi
        jusqu'à (divis > nbr / 2)ou (Est_premier=Faux);
        Si Est_premier = Vrai Alors
            ecrire(nbr est premier)
        Sinon
            ecrire(nbr n'est pas premier)
        Fsi
    FinPremier
```

**Spécifications de l'algorithme de Goldbach :**

**En deux étapes :**

1. On entre un nombre pair n au clavier, puis on génère tous les couples (a,b) tels que  $a + b = n$ , en faisant varier a de 1 à  $n/2$ . Si l'on rencontre un couple tel que a et b soient simultanément premiers la conjecture est vérifiée.
2. On peut alors, au choix soit arrêter le programme, soit continuer la recherche sur un autre nombre pair.

**Exemple :**

Pour  $n = 10$ , on génère les couples :

(1,9), (2,8), (3,7), (4,6), (5,5)

on constate que la conjecture est vérifiée, et on écrit :

$$10 = 3 + 7$$

$$10 = 5 + 5$$

### Conseils :

Il faudra traduire cet algorithme en fonction recevant comme paramètre d'entrée le nombre entier dont on teste la primalité, et renvoyant un booléen **true** ou **false** selon que le nombre entré a été trouvé ou non premier

On écrira la méthode booléenne **EstPremier** pour déterminer si un nombre est premier ou non, et la méthode **generCouples** qui génère les couples répondant à la conjecture.

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationGoldBach {
        static void Main(string[] args) {
            int n;
            System.Console.WriteLine("Entrez un nombre pair (0 pour finir):");
            while ((n = Int32.Parse(System.Console.ReadLine())) != 0) {
                generCouples(n);
            }
        }

        static bool EstPremier(int m) {
            int k;
            for (k = 2; k <= m / 2; k++) {
                if (m % k == 0) {
                    return false;
                }
            }
            return true;
        }

        static void generCouples(int n) {
            if (n % 2 == 0) {
                for (int a = 1; a <= n/2; a++) {
                    int b;
                    b = n - a;
                    if (EstPremier(a) && EstPremier(b)) {
                        System.Console.WriteLine(n + " = " + a + " + " + b);
                    }
                }
            } else System.Console.WriteLine("Votre nombre n'est pas pair !");
        }
    }
}
```

## Algorithmes

### Méthodes d'opérations sur 8 bits

**Objectif :** On souhaite écrire une application de manipulation interne des bits d'une variable entière non signée sur 8 bits. Le but de l'exercice est de construire une famille de méthodes de travail sur un ou plusieurs bits d'une mémoire. L'application à construire contiendra 9 méthodes :

#### Spécifications des méthodes :

1. Une méthode **BitSET** permettant de mettre à **1** un bit de rang fixé.
2. Une méthode **BitCLR** permettant de mettre à **0** un bit de rang fixé.
3. Une méthode **BitCHG** permettant de remplacer un bit de rang fixé par son complément.
4. Une méthode **SetValBit** permettant de modifier un bit de rang fixé.
5. Une méthode **DecalageD** permettant de décaler les bits d'un entier, sur la droite de **n** positions (introduction de **n** zéros à gauche).
6. Une méthode **DecalageG** permettant de décaler les bits d'un entier, sur la gauche de **n** positions (introduction de **n** zéros à droite).
7. Une méthode **BitRang** renvoyant le bit de rang fixé d'un entier.
8. Une méthode **ROL** permettant de décaler avec rotation, les bits d'un entier, sur la droite de **n** positions (réintroduction à gauche).
9. Une méthode **ROR** permettant de décaler avec rotation, les bits d'un entier, sur la gauche de **n** positions (réintroduction à droite).

#### Exemples de résultats attendus :

Prenons une variable **X** entier (par exemple sur 8 bits)

**X = 11100010**

1. **BitSET (X,3) = X = 1110**1**010**
2. **BitCLR (X,6) = X = **1**0100010**
3. **BitCHG (X,3) = X = 1110**1**010**
4. **SetValBit(X,3,1) = X = 1110**1**010**
5. **DecalageD (X,3) = X = 00011100**
6. **DecalageG (X,3) = X = 00010000**
7. **BitRang (X,3) = 0 ; BitRang (X,6) = 1 ...**
8. **ROL (X,3) = X = 00010111**
9. **ROR (X,3) = X = 01011100**

## Implantation en C#

La conception de ces méthodes ne dépendant pas du nombre de bits de la mémoire à opérer on choisira le type int comme base pour une mémoire. Ces méthodes sont classiquement des outils de manipulation de l'information au niveau du bit.

Lors des jeux de tests pour des raisons de simplicité de lecture il est conseillé de ne rentrer que des valeurs entières portant sur 8 bits.

Il est bien de se rappeler que le type primaire **int** est un type entier signé sur 32 bits (représentation en complément à deux).

## Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```
class Application8Bits {
    static void Main(string [ ] args){
        .....
    }
    static int BitSET (int nbr, int num) { ..... }
    static int BitCLR (int nbr, int num) { ..... }
    static int BitCHG (int nbr, int num) { ..... }
    static int SetValBit (int nbr, int rang, int val) { ..... }
    static int DecalageD (int nbr, int n) { ..... }
    static int DecalageG (int nbr, int n) { ..... }
    static int BitRang (int nbr, int rang) { ..... }
    static int ROL (int nbr, int n) { ..... }
    static int ROR (int nbr, int n) { ..... }
}
```

## Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
class Application8Bits
{
// Int32.MAX_VALUE : 32 bit = 2147483647
// Int64.MAX_VALUE : 64 bits = 9223372036854775808

    static void Main(string[] args){
        int n,p,q,r,t;
        n = 9; // 000...1001
        System.Console.WriteLine("n=9 : n=" + toBinaryString(n));
        p = BitCLR(n,3); // p=1
        System.Console.WriteLine("BitCLR(n,3) =" + toBinaryString(p));
        q = BitSET(n,2); // q=13
        System.Console.WriteLine("BitSET(n,2) =" + toBinaryString(q));
        r = BitCHG(n,3); // r=1
    }
}
```

```

System.Console.WriteLine("BitCHG(n,3) ="+toBinaryString(r));
t = BitCHG(n,2);// t=13
System.Console.WriteLine("BitCHG(n,2) ="+toBinaryString(t));
System.Console.WriteLine("p = "+p+", q = "+q+", r = "+r+", t = "+t);
n =-2147483648;//1000.....00 entier minimal
System.Console.WriteLine("n=-2^31 : n="+toBinaryString(n));
p=ROL(n,3);// 000...000100 = p=4
System.Console.WriteLine("p = "+p);
n =-2147483648+1;//1000....01 entier minimal+1
System.Console.WriteLine("n=-2^31+1 : n="+toBinaryString(n));
p=ROL(n,3);// 000...0001100 = p=12
System.Console.WriteLine("p = "+p);
n =3;//0000....0 11
System.Console.WriteLine("n=3 : n="+toBinaryString(n));
p=ROR(n,1);//100000...001 = p=-2147483647
System.Console.WriteLine("ROR(n,1) = "+p+" = "+toBinaryString(p));
p=ROR(n,2);// 11000...000 = p= -1073741824
System.Console.WriteLine("ROR(n,2) = "+p+" = "+toBinaryString(p));
p=ROR(n,3);// 011000...000 = p= +1610612736 =2^30+2^29
System.Console.WriteLine("ROR(n,3) = "+p+" = "+toBinaryString(p));
}

```

```

static string toBinaryString ( int n )
{// renvoie l'écriture de l'entier n en représentation binaire
    string [ ] hexa = { "0000","0001","0010","0011","0100",
    "0101","0110","0111","1000","1001","1010",
    "1011","1100","1101","1110","1111" };
    string s = string.Format("{0:x}",n), res = "";
    for ( int i = 0; i < s.Length; i++ )
    {   char car=(char)s[i];
        if ((car <= '9')&&(car >= '0'))
            res = res+hexa[(int)car-(int)'0'];
        if ((car <= 'F')&&(car >= 'a'))
            res = res+hexa[(int)car-(int)'a'+10];
    }
    return res;
}

static int BitSET(int nbr, int num)
{// positionne à 1 le bit de rang num
    int mask;
    mask =1<< num;
    return nbr | mask;
}

static int BitCLR(int nbr, int num)
{// positionne à 0 le bit de rang num
    int mask;
    mask =~ (1<< num);
    return nbr & mask;
}

static int BitCHG(int nbr, int num)
{// complémente le bit de rang num (0 si bit=1, 1 si bit=0)
    int mask;
    mask =1<< num;
    return nbr ^ mask;
}

```

```

static int DecalageD (int nbr, int n)
{ // décalage sans le signe de n bits vers la droite
    return nbr >> n ;
}

static int DecalageG (int nbr, int n)
{ // décalage de 2 bits vers la gauche
    return nbr << n ;
}

static int BitRang (int nbr, int rang)
{ // renvoie le bit de rang fixé
    return(nbr >> rang) % 2;
}

static int SetValBit (int nbr, int rang, int val)
{ // positionne à val le bit de rang fixé
    return val == 0 ? BitCLR( nbr , rang) : BitSET( nbr , rang) ;
}

static int ROL (int nbr, int n)
{ // décalage à gauche avec rotation
    int C;
    int N = nbr;
    for(int i=1; i<=n; i++)
    {
        C = BitRang(N,31);
        N = N << 1;
        N = SetValBit(N,0,C);
    }
    return N ;
}

static int ROR (int nbr, int n)
{ // décalage à droite avec rotation
    int C;
    int N = nbr;
    for(int i=1; i<=n; i++)
    {
        C = BitRang (N,0);
        N = N >> 1;
        N = SetValBit (N,31,C);
    }
    return N ;
}

} //--Application8Bits
}

```

# String avec C# phrase palindrome (deux versions)

---

Une phrase est dite palindrome si en éliminant les blancs entre les mots elle représente la même lecture dans les deux sens :

*Exemple* : elu par cette crapule → eluparc ettec rap ule

Voici le squelette du programme C# à écrire :

```
class palindrome
{
    static string compresser ( string s )
    { ....
    }

    static string inverser ( string s )
    { ....
    }

    static void Main ( string [ ] args )
    {
        System .Console.WriteLine ("Entrez une phrase :");
        string phrase = System .Console.ReadLine ( );
        string strMot = compresser ( phrase );
        string strInv = inverser ( strMot );
        if( strMot == strInv )
            System .Console.WriteLine ("phrase palindrome !");
        else
            System .Console.WriteLine ("phrase non palindrome !");
        System .Console.ReadLine ( );
    }
}
```

**Travail à effectuer :**

Ecrire les méthodes **compresser** et **Inverser**, il est demandé d'écrire **deux versions** de la méthode **Inverser**.

- La première version de la méthode **Inverser** construira une chaîne locale à la méthode caractère par caractère avec une boucle **for** à un seul indice.
- La deuxième version de la méthode **Inverser** modifiera les positions des caractères ayant des positions symétriques dans la chaîne avec une boucle **for** à deux indices et en utilisant un tableau de **char**.

## Classe C# solution

Le code de la méthode **compresser** :

```
static string compresser ( string s )
{
    String strLoc = "";
    for( int i = 0 ; i < s.Length ; i ++ )
    {
        if( s[i] != ' ' && s[i] != ',' && s[i] != '\\" && s[i] != '.' )
            strLoc += s[i];
    }
    return strLoc;
}
```

La méthode **compresser** élimine les caractères non recevables comme : blanc, virgule, point et apostrophe de la **String** s passée en paramètre.

Remarquons que l'instruction strLoc +=s[i] permet de concaténer les caractères recevables de la chaîne locale strLoc, par balayage de la String s depuis le caractère de rang 0 jusqu'au caractère de rang s.Length-1.

La référence de String strLoc pointe à chaque tour de la boucle **for** vers un nouvel objet créé par l'opérateur de concaténation +

La première version de la méthode **Inverser** :

```
static string inverser ( string s )
{
    String strLoc = "";
    for( int i = 0 ; i < s.Length ; i ++ )
        strLoc = s[i] + strLoc ;
    return strLoc;
}
```

La deuxième version de la méthode **Inverser** :

```
static string inverser ( string s )
{
    char [ ] tChar = s.ToCharArray ();
    char car ;
    for( int i = 0 , j = tChar.Length - 1 ; i < j ; i ++ , j -- )
    {
        car = tChar[i] ;
        tChar[i] = tChar[j] ;
        tChar[j] = car ;
    }
    return new string ( tChar );
}
```

```
for ( int i = 0 , j = tChar.Length - 1 ; i < j ; i ++ , j -- )
```

Trace d'exécution de la boucle sur la chaîne s = "abcdef" :

tChar

a	b	c	d	e	f
---	---	---	---	---	---

i = 0, j=5

a  
car

tChar

f	b	c	d	e	a
---	---	---	---	---	---

i = 1, j=4

b  
car

tChar

f	e	c	d	b	a
---	---	---	---	---	---

i = 2, j=3

b  
car

i = 3, j=2 => i < j est false

# String avec C#

## convertir une date numérique en lettres

**Objectif : Construire un programme permettant lorsqu'on lui fournit une date sous la forme numérique (3/2/5 où 3 indique le n° du jour de la semaine lundi=1, dimanche=7; le deuxième chiffre 2 indique le jour, enfin le troisième chiffre 5 indique le n° du mois) la convertit en clair (3/2/5 est converti en : mercredi 2 mai).**

**Proposition de squelette de classe C# à implanter :**

```
class Dates
{
    enum LesJours { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche };
    static string [ ] LesMois = { "janvier", "février", "mars", "avril", "mai", "juin", "juillet",
                                "août", "septembre", "octobre", "novembre", "décembre" };

    static string mois ( int num ) { .... }
    static string jours ( int num ) { .... }
    static string numjour ( int num ) { .... }
    static void scanDate ( string date, out int jour, out int val, out int mois ){ .... }
    static string ConvertDate ( string date ) { .... }
    static void Main ( string [ ] args )
    {
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("3/2/05"));
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("5/7/1"));
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("05/07/01"));
        System .Console.ReadLine ();
    }
}
```

mercredi 2 mai  
vendredi 7 janvier  
vendredi 7 janvier

<b>static string mois ( int num )</b>	Si le paramètre est un entier compris entre 1 et 12, elle renvoie le nom du mois (janvier,...,décembre), sinon elle renvoie ###.
<b>static string jours ( int num )</b>	Si le paramètre est un entier compris entre 1 et 7, elle renvoie le nom du jour (lundi,...,dimanche), sinon elle renvoie ###.
<b>static string numjour ( int num )</b>	Si le paramètre est un entier compris entre 1 et 31, elle le sous forme d'une string, sinon elle renvoie ###.
<b>static void scanDate ( string date, out int jour, out int val, out int mois )</b>	Reçoit en entrée une date numérique formatée avec des séparateurs (/,.-) et ressort les 3 entiers la composant.
<b>static string ConvertDate ( string date )</b>	Reçoit en entrée une date numérique formatée avec des séparateurs (/,.-) et renvoie sa conversion en forme littérale.

## Classe C# solution

```
class Dates
{
    enum LesJours { lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi, samedi, dimanche };
    static string [ ] LesMois = { "janvier", "février", "mars", "avril", "mai", "juin", "juillet",
        "août", "septembre", "octobre", "novembre", "décembre" };

    static string mois ( int num )
    {
        if( num >= 0 && num < 12 )
            return LesMois[num];
        else
            return "mois #####";
    }
    static string jours ( int num )
    {
        string [ ] tablej = Enum.GetNames( typeof( LesJours ) );
        if( num >= 0 && num < 7 )
            return tablej [num];
        else
            return "jour #####";
    }
    static string numjour ( int num )
    {
        if( num >= 1 && num <= 31 )
            return num.ToString();
        else
            return "n° #####";
    }
    static void scanDate ( string date, out int jour, out int val, out int mois )
    {
        string delimStr = "/:-";
        char [ ] delimiteurs = delimStr.ToCharArray();
        string [ ] strInfos = date.Split ( delimiteurs , 3 );
        jour = Convert.ToInt32 ( strInfos[0] ) - 1;
        val = Convert.ToInt32 ( strInfos[1] );
        mois = Convert.ToInt32 ( strInfos[2] ) - 1;
    }
    static string ConvertDate ( string date )
    {
        int lejour, laval, lemois ;
        scanDate ( date, out lejour, out laval, out lemois );
        return jours ( lejour ) + " " + numjour ( laval ) + " " + mois ( lemois );
    }
    static void Main ( string [ ] args )
    {
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("3-2-05"));
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("5/7/1"));
        System .Console.WriteLine ( ConvertDate ("05.07.01"));
        System .Console.ReadLine ();
    }
}
```

Tous les noms du type enum sont automatiquement stockés dans le tableau de string tablej .

La méthode Split de la classe string est très utile ici, elle constitue un scanner de chaîne : elle découpe automatiquement la chaîne en 3 éléments dans un tableau de string.

mercredi 2 mai  
vendredi 7 janvier  
vendredi 7 janvier

# String avec C#

## convertir un nombre écrit en chiffres Romains

---

**Objectif :** Construire un programme permettant de convertir un nombre romain écrit avec les lettres M,D,C,L,X,V,I en un entier décimal.

### Classe C# solutions (réursive et itérative)

```
class Romans
{
    static int tradRom ( char car )
    {
        string carRomanStr = "MDCLXVI";
        if( carRomanStr.IndexOf ( car ) != -1 )
            switch( car )
        {
            case 'M' :return 1000 ;
            case 'D' :return 500 ;
            case 'C' :return 100 ;
            case 'L' :return 50 ;
            case 'X' :return 10 ;
            case 'V' :return 5 ;
            case 'I' :return 1 ;
            default : return 0 ;
        }
        else
            return 0 ;
    }
}
```

Méthode récursive	Méthode itérative
<pre>static int recurRom ( string chiff, int i ) {     int valLettre = tradRom ( chiff[i] );     if( i == chiff.Length - 1 )         return valLettre;     else         if( valLettre &lt; tradRom ( chiff[i + 1] ) )             return recurRom ( chiff, ++ i ) - valLettre;         else             return recurRom ( chiff, ++ i ) + valLettre; }</pre>	<pre>static int iterRom ( string chiff ) {     int som = 0, valLettre = 0 ;     for( int i = 0 ; i &lt; chiff.Length ; i++ ) {         valLettre = tradRom ( chiff[i] );         if( i == chiff.Length - 1 )             break;         if( valLettre &lt; tradRom ( chiff[i + 1] ) )             som = som - valLettre;         else             som = som + valLettre;     }     return som + valLettre; }</pre>

```
static void Main ( string [ ] args ) {
    System .Console.WriteLine ( recurRom ("MCDXCIV" ,0 ) );
    System .Console.WriteLine ( iterRom ("MCDXCIV") );
    System .Console.ReadLine ();
}
```

# Algorithme

## Tri à bulles sur un tableau d'entiers

**Objectif :** Ecrire un programme C# implémentant l'algorithme du tri à bulles.

**Spécifications de l'algorithme :**

```
Algorithme Tri_a_Bulles
local: i , j , n, temp ∈ Entiers naturels
Entrée - Sortie : Tab ∈ Tableau d'Entiers naturels de 1 à n éléments
début
    pour i de n jusqu'à 1 faire // recommence une sous-suite (a1, a2, ... , ai)
        pour j de 2 jusqu'à i faire // échange des couples non classés de la sous-suite
            si Tab[ j-1 ] > Tab[ j ] alors // aj-1 et aj non ordonnés
                temp ← Tab[ j-1 ];
                Tab[ j-1 ] ← Tab[ j ];
                Tab[ j ] ← temp // on échange les positions de aj-1 et aj
            Fsi
        fpour
    fpour
Fin Tri_a_Bulles
```

### Classe C# solution

```
using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationTriBulle {
        static int[ ] table ; // le tableau à trier, par exemple 19 éléments de l'index 1 à l'index 19
        static void AfficherTable ( ) {
            // Affichage du tableau
            int n = table.Length-1;
            for ( int i = 1; i <= n; i++)
                System.Console.Write (table[i]+", ");
            System.Console.WriteLine ( );
        }

        static void InitTable ( ) {
            int[ ] tableau = { 0 ,25, 7 , 14 , 26 , 25 , 53 , 74 , 99 , 24 , 98 ,
                89 , 35 , 59 , 38 , 56 , 58 , 36 , 91 , 52 };
            table = tableau;
        }

        static void Main(string[ ] args) {
            InitTable ( );
            System.Console.WriteLine ("Tableau initial :");
            AfficherTable ( );
            TriBulle ( );
            System.Console.WriteLine ("Tableau une fois trié :");
        }
    }
}
```

```

        AfficherTable ();
        System.Console.Read();
    }

static void TriBulle () {
    // sous-programme de Tri à bulle : on trie les éléments du n°1 au n°19
    int n = table.Length-1;
    for (int i = n; i>=1; i--)
    for (int j = 2; j <= i; j++)
        if (table[j-1] > table[j]){
            int temp = table[j-1];
            table[j-1] = table[j];
            table[j] = temp;
        }
    /* Dans le cas où l'on démarre le tableau à l'indice zéro
     * on change les bornes des indices i et j:
     * for (int i = n; i >= 0; i--)
     * for (int j = 1; j <= i; j++)
     *     if ..... reste identique
    */
}
}
}

```

**Tableau initial (n°1 au n°19):**

25 , 7 , 14 , 26 , 25 , 53 , 74 , 99 , 24 , 98 , 89 , 35 , 59 , 38 , 56 , 58 , 36 , 91 , 52

**Tableau une fois trié (n°1 au n°19) :**

7 , 14 , 24 , 25 , 25 , 26 , 35 , 36 , 38 , 52 , 53 , 56 , 58 , 59 , 74 , 89 , 91 , 98 , 99

Autre version depuis l'indice zéro :

**Tableau initial (n°0 au n°19):**

0, 25 , 7 , 14 , 26 , 25 , 53 , 74 , 99 , 24 , 98 , 89 , 35 , 59 , 38 , 56 , 58 , 36 , 91 , 52

**Tableau une fois trié (n°0 au n°19) :**

0, 7 , 14 , 24 , 25 , 25 , 26 , 35 , 36 , 38 , 52 , 53 , 56 , 58 , 59 , 74 , 89 , 91 , 98 , 99

# Algorithme

## Tri par insertion sur un tableau d'entiers

**Objectif :** Ecrire un programme C# implémentant l'algorithme du tri par insertion.

### Spécifications de l'algorithme :

#### Algorithme Tri\_Insertion

local:  $i, j, n, v \in$  Entiers naturels

Entrée : Tab  $\in$  Tableau d'Entiers naturels de 0 à  $n$  éléments

Sortie : Tab  $\in$  Tableau d'Entiers naturels de 0 à  $n$  éléments (le même tableau)

{ dans la cellule de rang 0 se trouve une sentinelle chargée d'éviter de tester dans la boucle tantque .. faire si l'indice  $j$  n'est pas inférieur à 1, elle aura une valeur inférieure à toute valeur possible de la liste  
}

début

pour  $i$  de 2 jusqu'à  $n$  faire // la partie non encore triée ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ )  
     $v \leftarrow \text{Tab}[i]$ ; // l'élément frontière :  $a_i$   
     $j \leftarrow i$ ; // le rang de l'élément frontière  
    Tantque  $\text{Tab}[j-1] > v$  faire // on travaille sur la partie déjà triée ( $a_1, a_2, \dots, a_{i-1}$ )  
         $\text{Tab}[j] \leftarrow \text{Tab}[j-1]$ ; // on décale l'élément  
         $j \leftarrow j-1$ ; // on passe au rang précédent  
    FinTant;  
     $\text{Tab}[j] \leftarrow v$  // on recopie  $a_i$  dans la place libérée  
fpour

Fin Tri\_Insertion

### Classe C# solution

On utilise une sentinelle placée dans la cellule de rang 0 du tableau, comme le type d'élément du tableau est un **int**, nous prenons comme valeur de la sentinelle une valeur négative très grande par rapport aux valeurs des éléments du tableau; par exemple le plus petit élément du type int, soit la valeur Integer.MIN\_VALUE.

```

using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationTriInsert {
        static int[] table; // le tableau à trier, par exemple 19 éléments
        /* Tri avec sentinelle :
         * dans la cellule de rang 0 se trouve une sentinelle (Int32.MinValue)
         * chargée d'éviter de tester dans la boucle tantque .. faire
         * si l'indice j n'est pas inférieur à 1, elle aura une valeur
         * inférieure à toute valeur possible de la liste.
         */
        static void AfficherTable () {
            // Affichage du tableau
            int n = table.Length-1;
            for (int i = 1; i <= n; i++)
                System.Console.Write (table[i]+", ");
            System.Console.WriteLine ();
        }

        static void InitTable () {
            // sentinelle dans la cellule de rang zéro
            int[ ] tableau = { Int32.MinValue, 25, 7, 14, 26, 25, 53, 74, 99, 24, 98,
                89, 35, 59, 38, 56, 58, 36, 91, 52 };
            table = tableau;
        }

        static void Main(string[ ] args) {
            InitTable ();
            System.Console.WriteLine ("Tableau initial :");
            AfficherTable ();
            TriInsert ();
            System.Console.WriteLine ("Tableau une fois trié :");
            AfficherTable ();
            System.Console.Read();
        }

        static void TriInsert () {
            // sous-programme de Tri par insertion : on trie les éléments du n°1 au n°19
            int n = table.Length-1;
            for (int i = 2; i <= n; i++) {
                // la partie non encore triée (ai, ai+1, ..., an)
                int v = table[i]; // l'élément frontière : ai
                int j = i; // le rang de l'élément frontière
                while (table[j-1] > v) {
                    // on travaille sur la partie déjà triée (a1, a2, ..., ai)
                    table[j] = table[j-1]; // on décale l'élément
                    j = j-1; // on passe au rang précédent
                }
                table[j] = v; // on recopie ai dans la place libérée
            }
        }
    }
}

```

**Tableau initial :**

25 , 7 , 14 , 26 , 25 , 53 , 74 , 99 , 24 , 98 , 89 , 35 , 59 , 38 , 56 , 58 , 36 , 91 , 52

**Tableau une fois trié :**

7 , 14 , 24 , 25 , 25 , 26 , 35 , 36 , 38 , 52 , 53 , 56 , 58 , 59 , 74 , 89 , 91 , 98 , 99

## Algorithm

### Recherche linéaire dans une table non triée

**Objectif : Ecrire un programme C# effectuant une recherche séquentielle dans un tableau linéaire (une dimension) non trié**

#### TABLEAU NON TRIE

**Spécifications de l'algorithme :**

- Soit **t** un tableau d'entiers de **1..n** éléments non rangés.
- On recherche le rang (la place) de l'élément **Elt** dans ce tableau. L'algorithme renvoie le rang (la valeur -1 est renvoyée lorsque l'élément **Elt** n'est pas présent dans le tableau **t**)

Version **Tantque** avec "et alors" (opérateur et optimisé)

```
i ← 1 ;
Tantque (i ≤ n) et alors (t[i] ≠ Elt) faire
    i ← i+1
finTant;
si i ≤ n alors rang ← i
sinon rang ← -1
Fsi
```

Version **Tantque** avec "et" (opérateur et non optimisé)

```
i ← 1 ;
Tantque (i < n) et (t[i] ≠ Elt) faire
    i ← i+1
finTant;
si t[i] = Elt alors rang ← i
sinon rang ← -1
Fsi
```

Version **Tantque** avec sentinelle en fin de tableau (rajout d'une cellule)

```
t[n+1] ← Elt ; // sentinelle rajoutée
```

```

i ← 1 ;
Tantque (i ≤ n) et alors (t[i] ≠ Elt) faire
    i ← i+1
finTant;
si i ≤ n alors rang ← i
sinon rang ← -1
Fsi

```

Version **Pour** avec instruction de sortie (**Sortirsi**)

```

pour i ← 1 jusqu'à n faire
    Sortirsi t[i] = Elt
    fpour;
    si i ≤ n alors rang ← i
    sinon rang ← -1
    Fsi

```

Traduire chacune des quatre versions sous forme d'une méthode C#.

### Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```

class ApplicationRechLin {
    static void AfficherTable ( int[] table ) {
        // Affichage du tableau
    }

    static void InitTable () {
        // remplissage du tableau
    }

    static int RechSeq1( int[] t, int Elt ) {
        // Version Tantque avec "et alors" (opérateur et optimisé)
    }

    static int RechSeq2( int[] t, int Elt ) {
        // Version Tantque avec "et" (opérateur non optimisé)
    }

    static int RechSeq3( int[] t, int Elt ) {
        // Version Tantque avec sentinelle en fin de tableau
    }

    static int RechSeq4( int[] t, int Elt ) {
        // Version Pour avec instruction de sortie break
    }

    static void Main(string[ ] args)
    {
        InitTable ();
        System.Console.WriteLine("Tableau initial :");
        AfficherTable (table );
        int x = Int32.Parse(System.Console.ReadLine( )), rang;
        //rang = RechSeq1( table, x );
        //rang = RechSeq2( table, x );
        //rang = RechSeq3( tableSent, x );
        rang = RechSeq4( table, x );
        if (rang > 0)
            System.Console.WriteLine("Elément "+x+" trouvé en : "+rang);
    }
}

```

```

        else System.Console.WriteLine("Elément "+x+" non trouvé !");
        System.Console.Read();
    }
}

```

## Classe C# solution

Les différents sous-programmes C# implantant les 4 versions d'algorithme de recherche linéaire (*table non triée*) :

<b>static int</b> RechSeq1( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) { <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-1; <b>while</b> ((i <= n) && (t[i] != Elt)) i++; <b>if</b> (i<=n) <b>return</b> i; <b>else</b> <b>return</b> -1; }	<b>static int</b> RechSeq2( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) { <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-1; <b>while</b> ((i < n) & (t[i] != Elt)) i++; <b>if</b> (t[i] == Elt) <b>return</b> i; <b>else</b> <b>return</b> -1; }
<b>static int</b> RechSeq3( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) { <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-2; t[n+1]= Elt ; //sentinelle <b>while</b> ((i <= n) & (t[i] != Elt)) i++; <b>if</b> (i<=n) <b>return</b> i; <b>else</b> <b>return</b> -1; }	<b>static int</b> RechSeq4( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) { <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-1; <b>for</b> ( <b>i</b> = 1; <b>i</b> <= n ; <b>i</b> ++) <b>if</b> (t[i] == Elt) <b>break</b> ; <b>if</b> (i<=n) <b>return</b> i; <b>else</b> <b>return</b> -1; }

Une classe complète permettant l'exécution des sous-programmes précédents :

```

using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationRechLin {
        static int max = 20;
        static int[ ] table; // cellules à examiner de 1 à 19
        static int[ ] tableSent = new int[max+1]; // le tableau à examiner de 1 à 20

        static void AfficherTable (int[ ] t) {
            //Affichage du tableau
            int n = t.Length-1;
            for ( int i = 1; i <= n; i++)
                System.Console.Write(t[i]+", ");
            System.Console.WriteLine( );
        }
        static void InitTable () {
            //remplissage du tableau
            int[ ] tableau = { 14, 35, 84, 49, 5 , 94, 89, 58, 61, 4 , 39, 58 , 57 , 99 , 12 , 24 , 9 , 81 , 80 };
            table = tableau;
        }
    }
}

```

```

int n = table.Length-1;
for ( int i = 1; i <= table.Length-1; i++)
    tableSent[i] = table[i];
}
static int RechSeq1( int[] t, int Elt ) {
// Version Tantque avec "et alors" (opérateur et optimisé)
int i = 1; int n = t.Length-1;
while ((i <= n) && (t[i] != Elt)) i++;
if (i<=n)
    return i;
else
    return -1;
}
static int RechSeq2( int[] t, int Elt ) {
// Version Tantque avec "et" (opérateur non optimisé)
int i = 1; int n = t.Length-1;
while ((i < n) & (t[i] != Elt)) i++;
if (t[i] == Elt)
    return i;
else
    return -1;
}
static int RechSeq3( int[] t, int Elt ) {
// Version Tantque avec sentinelle en fin de tableau
int i = 1; int n = t.Length-2;
t[n+1]= Elt ; // sentinelle rajoutée
while ((i <= n) & (t[i] != Elt)) i++;
if (i<=n)
    return i;
else
    return -1;
}
static int RechSeq4( int[] t, int Elt ) {
// Version Pour avec instruction de sortie break
int i = 1; int n = t.Length-1;
for(i = 1; i <= n ; i++)
    if (t[i] == Elt)
        break;
    if (i<=n)
        return i;
    else
        return -1;
}
static void Main(String[ ] args) {
    InitTable();
    System.Console.WriteLine("Tableau initial :");
    AfficherTable(table );
    int x = Int32.Parse(System.Console.ReadLine( )), rang;
//rang = RechSeq1( table, x );
//rang = RechSeq2( table, x );
//rang = RechSeq3( tableSent, x );
    rang = RechSeq4( table, x );
    if (rang > 0)
        System.Console.WriteLine("Elément "+x+" trouvé en : "+rang);
    else System.Console.WriteLine("Elément "+x+" non trouvé !");
    System.Console.Read();
}
}
}

```

## Algorithm

### Recherche linéaire dans table déjà triée

**Objectif :** Ecrire un programme C# effectuant une recherche séquentielle dans un tableau linéaire (une dimension) trié avant recherche.

**Spécifications de l'algorithme :**

- Soit **t** un tableau d'entiers de **1..n** éléments rangés par ordre croissant par exemple.
- On recherche le rang (la place) de l'élément **Elt** dans ce tableau. L'algorithme renvoie le rang (la valeur -1 est renvoyée lorsque l'élément **Elt** n'est pas présent dans le tableau **t**)

**On peut reprendre sans changement les algorithmes précédents travaillant sur un tableau non trié.**

On peut aussi utiliser le fait que le dernier élément du tableau est **le plus grand élément** et s'en servir comme une sorte de **sentinelle**. Ci-dessous deux versions utilisant cette dernière remarque.

Version **Tantque** :

```
si t[n] ≥ Elt alors
    i ← 1 ;
Tantque t[i] < Elt faire
    i ← i+1;
finTant;
si t[i] = Elt alors
    Renvoyer rang ← i // retour du résultat et sortie du programme
Fsi
Fsi;
Renvoyer rang ← -1 // retour du résultat et sortie du programme
```

Version **pour** :

```
si t[n] ≥ Elt alors rang ← -1
    pour i ← 1 jusqu'à n-1 faire
        Sortirsi t[i] ≥ Elt //sortie de boucle
        fpour;
        si t[i] = Elt alors
            Renvoyer rang ← i // retour du résultat et sortie du programme
        Fsi
    Fsi;
    Renvoyer rang ← -1 // retour du résultat et sortie du programme
```

Ecrire chacune des méthodes associées à ces algorithmes (prendre soin d'avoir trié le tableau auparavant par exemple par une méthode de tri), squelette de classe proposé :

## Classe C# solution

Les deux méthodes C# implantant les 2 versions d'algorithme de recherche linéaire (*table triée*) :

<pre><b>static int</b> RechSeqTri1( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) {     <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-1;     <b>if</b> (t[n] &gt;= Elt) {         <b>while</b> (t[i] &lt; Elt) i++;         <b>if</b> (t[i] == Elt)             <b>return</b> i;     }     <b>return</b> -1; }</pre>	<pre><b>static int</b> RechSeqTri2( <b>int[]</b> t, <b>int</b> Elt ) {     <b>int</b> i = 1; <b>int</b> n = t.Length-1;     <b>if</b> (t[n] &gt;= Elt) {         <b>for</b> (i = 1; i &lt;= n; i++)             <b>if</b> (t[i] == Elt)                 <b>return</b> i;     }     <b>return</b> -1; }</pre>
---	--

Une classe complète utilisant ces deux méthodes :

```
using System;  
namespace CsExosAlgo1  
{  
    class ApplicationRechLinTrie {  
  
        static int[ ] table ; //cellules à examiner de 1 à 19  
  
        static void AfficherTable (int[] t) {  
            //Affichage du tableau  
            int n = t.Length-1;  
            for (int i = 1; i <= n; i++)  
                System.Console.Write(t[i]+",");  
            System.Console.WriteLine();  
        }  
        static void InitTable () {  
            //remplissage du tableau la cellule de rang 0 est inutilisée  
            int[ ] tableau = { 0, 14, 35, 84, 49, 50, 94, 89, 58, 61, 47,  
                39, 58, 57, 99, 12, 24, 9, 81, 80 };  
            table = tableau;  
        }  
        static void TriInsert () {  
            //sous-programme de Tri par insertion :  
            int n = table.Length-1;  
            for (int i = 2; i <= n; i++) {  
                int v = table[i];  
                int j = i;  
                while (table[ j-1 ] > v) {  
                    table[ j ] = table[ j-1 ];  
                    j = j-1;  
                }  
                table[ j ] = v ;  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

        }

static int RechSeqTri1( int[] t, int Elt ) {
    int i = 1; int n = t.Length-1;
    if (t[n] >= Elt) {
        while (t[i] < Elt) i++;
        if (t[i] == Elt)
            return i ;
    }
    return -1;
}

static int RechSeqTri2( int[] t, int Elt ) {
    int i = 1; int n = t.Length-1;
    if (t[n] >= Elt) {
        for (i = 1; i <= n; i++)
            if (t[i] == Elt)
                return i;
    }
    return -1;
}
static void Main(string[ ] args) {
    InitTable( );
    System.Console.WriteLine("Tableau initial :");
    AfficherTable (table );
    TriInsert ( );
    System.Console.WriteLine("Tableau trié :");
    AfficherTable (table );
    int x = Int32.Parse(System.Console.ReadLine( )), rang;
    //rang = RechSeqTri1( table, x );
    rang = RechSeqTri2( table, x );
    if (rang > 0)
        System.Console.WriteLine("Elément "+x+" trouvé en : "+rang);
    else System.Console.WriteLine("Elément "+x+" non trouvé !");
    System.Console.Read();
}
}
}

```

# Algorithm

## Recherche dichotomique dans une table

**Objectif :** effectuer une recherche dichotomique dans un tableau linéaire déjà trié.

**Spécifications de l'algorithme :**

- Soit **t** un tableau d'entiers de **1..n** éléments **triés par ordre croissant**.
- On recherche le rang (la place) de l'élément **Elt** dans ce tableau. L'algorithme renvoie le rang (la valeur -1 est renvoyée lorsque l'élément **Elt** n'est pas présent dans le tableau **t**)

Au lieu de rechercher séquentiellement du premier jusqu'au dernier, on compare l'élément **Elt** à chercher au contenu du milieu du tableau. Si c'est le même, on retourne le rang du milieu, sinon l'on recommence sur la première moitié (ou la deuxième) si l'élément recherché est plus petit (ou plus grand) que le contenu du milieu du tableau.

**Version itérative**

```
bas, milieu, haut, rang : entiers  
  
bas ← 1;  
haut ← N;  
Rang ← -1;  
répéter  
    milieu ← (bas + haut) div 2;  
    si x = t[milieu] alors  
        Rang ← milieu  
    sinon si t[milieu] < x alors  
        bas ← milieu + 1  
    sinon  
        haut ← milieu-1  
    fsi  
fsi  
jusqu'à ( x = t[milieu] ) ou ( bas haut )
```

Implanter une méthode en C# que vous nommerez **RechDichoIter** qui recevant en entrée un tableau et un élément à chercher, renverra le rang de l'élément selon les spécifications ci-haut. N'oubliez pas de trier le tableau avant d'invoquer la méthode de recherche. Ci-dessous une suggestion de rédaction de la méthode **Main** :

```
static void Main(string[ ] args)  
{  
    InitTable ( );  
    System.Console.WriteLine("Tableau initial :");  
    AfficherTable ( );
```

```

    TriInsert();
    System.Console.WriteLine("Tableau trié :");
    AfficherTable();
    int x = Int32.Parse(System.Console.ReadLine()), rang;
    rang = RechDichoIter(table, x);
    if (rang > 0)
        System.Console.WriteLine("Elément "+x+" trouvé en : "+rang);
    else System.Console.WriteLine("Elément "+x+" non trouvé !");
    System.Console.Read();
}

```

## Proposition de squelette de classe C# à implanter :

```

class ApplicationRechDicho
{
    static void AfficherTable() {
        //Affichage du tableau ..... }

    static void InitTable() {
        ..... }

    static void TriInsert() {
        // sous-programme de Tri par insertion
        ..... }

    static int RechDichoIter( int[ ] t, int Elt ) {
        //Recherche par dichotomie
        ..... }

    static void Main(string[ ] args) {
        ..... }
}

```

## Classe C# solution

```

using System;
namespace CsExosAlgo1
{
    class ApplicationRechDicho
    {
        static int[ ] table; // le tableau à examiner cellules de 1 à 19
        static void AfficherTable()
        {
            //Affichage du tableau
            int n = table.Length-1;
            for ( int i = 1; i <= n; i++ )
                System.Console.Write (table[i]+", ");
            System.Console.WriteLine();
        }
        static void InitTable()
        {
            // La cellule de rang zéro est inutilisée (examen sur 19 éléments)
            int[ ] tableau = { 0 , 53 , 77 , 11 , 72 , 28 , 43 , 65 , 83 , 39 , 73 ,

```

```

        82 , 69 , 65 , 4 , 95 , 46 , 12 , 87 , 75 };
    table = tableau;
}
static void TriInsert ( )
{
    // sous-programme de Tri par insertion :
    int n = table.Length-1;
    for ( int i = 2; i <= n; i++) {
        int v = table[i];
        int j = i;
        while (table[ j-1 ] > v) {
            table[ j ] = table[ j-1 ];
            j = j-1;
        }
        table[ j ] = v ;
    }
}
static int RechDichoIter( int[ ] t, int Elt )
{
    int n = t.Length-1;
    int bas = 1, haut = n, milieu ;
    int Rang = -1;
    do{
        milieu = (bas + haut) / 2;
        if ( Elt == t[milieu] ) Rang = milieu ;
        else if ( t[milieu] < Elt ) bas = milieu + 1 ;
        else haut = milieu-1 ;
    }
    while ( ( Elt != t[milieu] ) & ( bas <= haut ) );
    return Rang;
}
static void Main(string[ ] args)
{
    InitTable ( );
    System.Console.WriteLine("Tableau initial :");
    AfficherTable ( );
    TriInsert ( );
    System.Console.WriteLine("Tableau trié :");
    AfficherTable ( );
    int x = Int32.Parse(System.Console.ReadLine( )), rang;
    rang = RechDichoIter( table, x );
    if (rang > 0)
        System.Console.WriteLine("Elément "+x+" trouvé en : "+rang);
    else System.Console.WriteLine("Elément "+x+" non trouvé !");
    System.Console.Read();
}
}
}

```

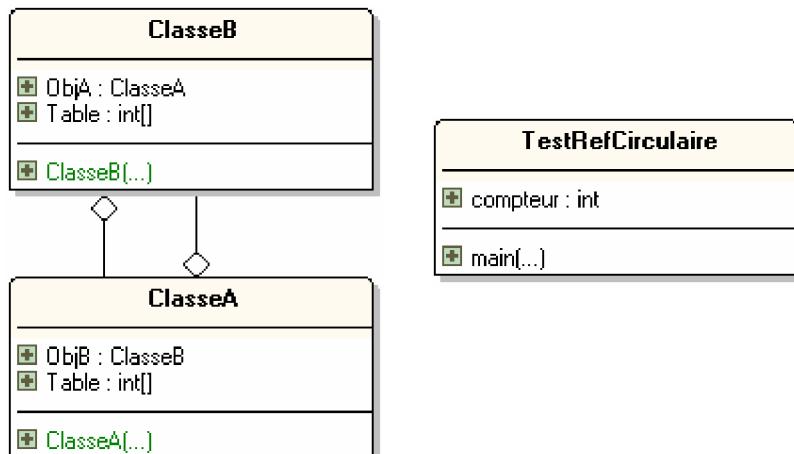
**Remarque :** Ces exercices sont purement académiques et servent à apprendre à utiliser le langage sur des algorithmes classiques, car la classe **Array** contient déjà une méthode static de recherche dichotomique dans un tableau *t* trié au préalable par la méthode static Sort de la même classe **Array** :

<b>public static int BinarySearch ( Array <i>t</i> , object <i>elt</i> );</b>
<b>public static void Sort( Array <i>t</i> );</b>

# Classes, objet et IHM

## Problème de la référence circulaire

On donne trois classes ClasseA, ClasseB, TestRefCirculaire :



- La classe ClasseA possède une référence ObjB à un objet public de classe ClasseB, possède un attribut Table qui est un tableau de 50 000 entiers, lorsqu'un objet de ClasseA est construit il incrémentera le champ static compteur de la classe TestRefCirculaire et instancie la référence ObjB.
- La classe ClasseB possède une référence ObjA à un objet public de classe ClasseA, possède un attribut Table qui est un tableau de 50 000 entiers, lorsqu'un objet de ClasseB est construit il incrémentera le champ static compteur de la classe TestRefCirculaire et instancie la référence ObjA.
- La classe TestRefCirculaire ne possède qu'un attribut de classe : le champ public entier compteur initialisé à zéro au départ, et la méthode principale Main de lancement de l'application.

Implémentez ces trois classes en ne mettant dans le corps de la méthode Main qu'une seule instruction consistant à instancier un objet local de classe ClasseA, puis exécuter le programme et expliquez les résultats obtenus.

### Programme C# solution

Code source demandé :

```
using System;
namespace ConsoleGarbageRefCirc {
    class ClasseA {
```

```

public ClasseB ObjB;
public int[ ]Table = new int[50000];

public ClasseA() {
    TestRefCirculaire.compteur++;
    System.Console.WriteLine("Création objet ClasseA n° "+TestRefCirculaire.compteur);
    ObjB = new ClasseB();
}

class ClasseB {
    public ClasseA ObjA;
    public int[ ]Table = new int[50000];

    public ClasseB() {
        TestRefCirculaire.compteur++;
        System.Console.WriteLine("Création objet ClasseB n° "+TestRefCirculaire.compteur);
        ObjA = new ClasseA();
    }
}

class TestRefCirculaire {
    public static int compteur=0;
    [STAThread]
    static void Main(string[ ] args) {
        ClasseA ObjA = new ClasseA();
    }
}

```

### Résultats d'exécution :

```

Création objet ClasseA n° 1
Création objet ClasseB n° 2
Création objet ClasseA n° 3
Création objet ClasseB n° 4
Création objet ClasseA n° 5
Création objet ClasseB n° 6
Création objet ClasseA n° 7
Création objet ClasseB n° 8
Création objet ClasseA n° 9
Création objet ClasseB n° 10
.
.
.
Création objet ClasseA n° 7053
Création objet ClasseB n° 7054
Création objet ClasseA n° 7055

```

Le système envoie une notification d'exception  
OutOfMemoryException, puis arrête le programme :



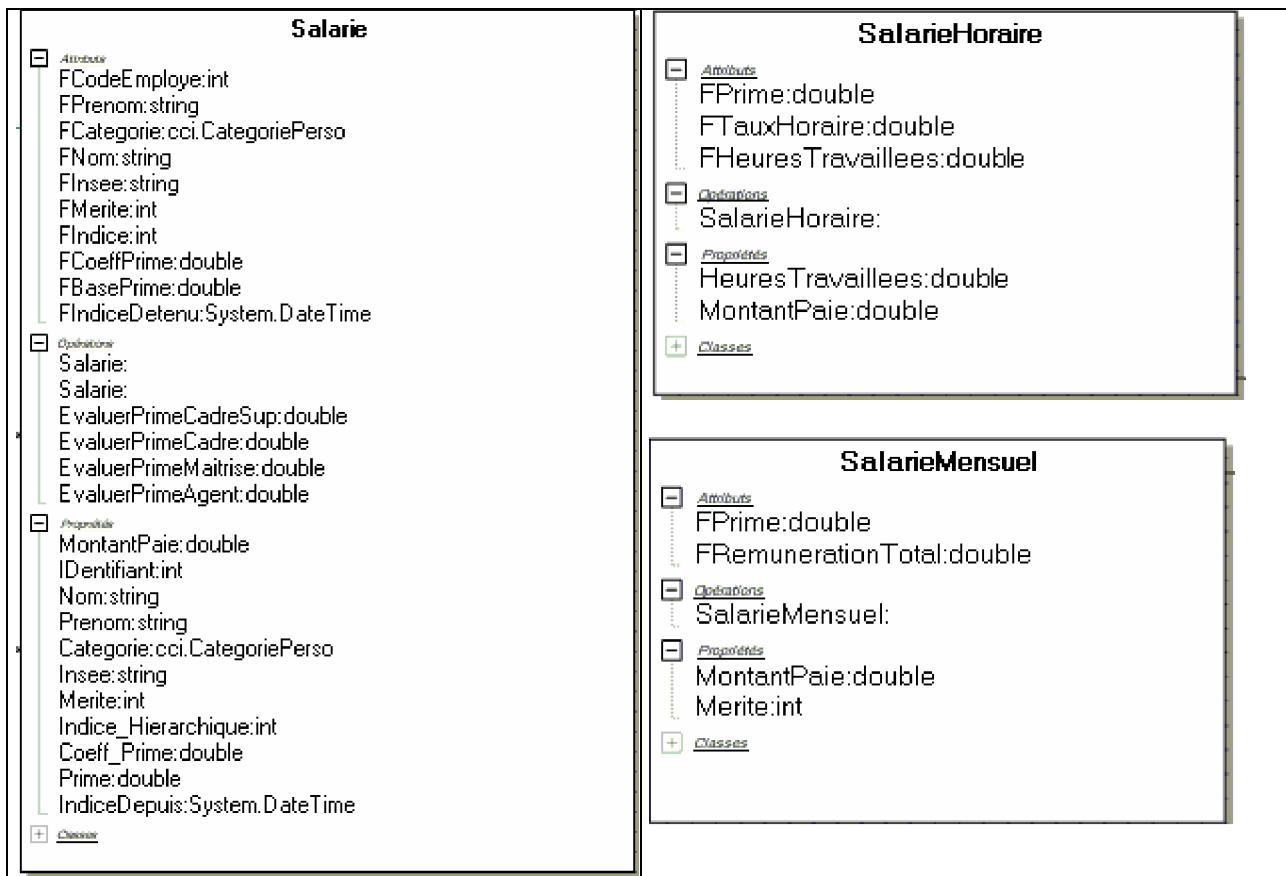
### Explications :

L'instanciation d'un objetA provoque l'instanciation d'un objetB qui lui-même provoque l'instanciation d'un autre objetA qui à son tour instancie un objetB etc... A chaque instantiation d'un objet de ClasseA ou de ClasseB, un tableau de 50 000 entiers est réservé dans la pile d'exécution, nous voyons sur l'exemple que la 7055<sup>ème</sup> instantiation a été fatale car la pile a été saturée ! L'instanciation d'un seul objet a provoqué la saturation de la mémoire car les ClasseA et ClasseB sont liées par une association de double référence ou référence circulaire, il faut donc faire attention à ce genre de configuration.

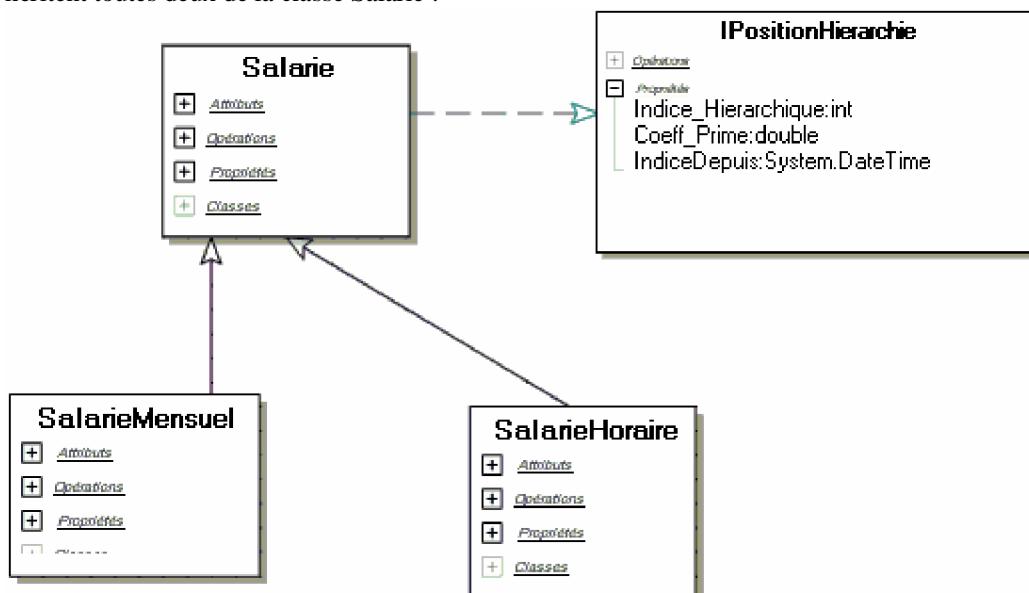
# Classes, objet et IHM

## Classe de salariés dans une entreprise fictive

Soient les diagrammes de classes suivants censés modéliser le type de salarié employé dans une entreprise. Nous distinguons deux genres de salariés ceux qui sont mensualisés et ceux qui sont payés à l'heure :



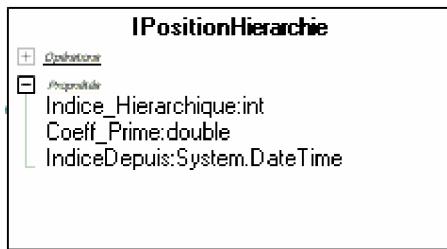
La classe **Salarie** implémente l'interface **IpositionHierarchie** et les classes **SalarieMensual** et **SalarieHoraire** héritent toutes deux de la classe **Salarie** :



On propose une implémentation partielle des squelettes de ces classes:

```
using System ;
using System.Collections ;
using System.Threading ;
```

```
namespace cci
{
    enum CategoriePerso { Cadre_Sup,Cadre,Maitrise,Agent,Autre }
```



```
/// <summary>
/// Interface définissant les propriétés de position d'un
/// salarié dans la hiérarchie de l'entreprise.
/// </summary>
```

```
interface IPositionHierarchie {
    int Indice_Hierarchique {
        }
    double Coeff_Prime {
        }
    DateTime IndiceDepui {
        }
}
```



```
/// <summary>
/// Classe de base abstraite pour le personnel. Cette classe n'est
/// pas instanciable.
/// </summary>
```

```
abstract class Salarie : IPositionHierarchie
{
    /// attributs identifiant le salarié :
    private int FCodeEmploye ;
    private string FPrenom ;
    private CategoriePerso FCategorie ;
    private string FNom ;
    private string FInsee ;
    protected int FMerite ;
    private int FIndice ;
    private double FCoeffPrime ;
    private double FBasePrime ;
    private DateTime FIndiceDetenu ;

    /// le constructeur de la classe Salarie , payé au mérite :
    public Salarie ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie,
    string Insee, int Merite, int Indice, double CoeffPrime ) {

    }
    /// le constructeur de la classe Salarie , payé sans mérite :
```

```

public Salarie ( .... )... {
}
protected double EvaluerPrimeCadreSup ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 8 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 7 ;
}
protected double EvaluerPrimeCadre ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 6 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 5 ;
}
protected double EvaluerPrimeMaitrise ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 4 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 3 ;
}
protected double EvaluerPrimeAgent ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 2 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 2 ;
}
///propriété abstraite donnant le montant du salaire
///(virtual automatiquement)
abstract public double MontantPaie {

}
///propriété identifiant le salarié dans l'entreprise (lecture) :
public int IDentifiant {

}
///propriété nom du salarié (lecture /ecriture) :
public string Nom {

}
///propriété prénom du salarié (lecture /ecriture) :
public string Prenom {

}
///propriété catégorie de personnel du salarié (lecture /ecriture) :
public CategoriePerso Categorie {

}
///propriété n° de sécurité sociale du salarié (lecture /ecriture) :
public string Insee {

}
///propriété de point de mérite du salarié (lecture /ecriture) ::
public virtual int Merite {

}
///propriété classement indiciaire dans la hiérarchie (lecture /ecriture) :
public int Indice_Hierarchique {
    --lors de l'écriture : Maj de la date de détention du nouvel indice
}
///propriété coefficient de la prime en % (lecture /ecriture) :
public double Coeff_Prime {

}
///propriété valeur de la prime selon la catégorie (lecture) :
public double Prime {

}
///date à laquelle l'indice actuel a été obtenu (lecture /ecriture) :
public DateTime IndiceDepuis {
}
}

```



```
/// <summary>
/// Classe du personnel mensualisé. Implémente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>
```

```
class SalarieMensuel : Salarie
{
    /// attributs du salaire annuel :
    private double FPrime ;
    private double FRemunerationTotal ;

    /// le constructeur de la classe (salarié au mérite) :
    public SalarieMensuel ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom,
    CategoriePerso Categorie, string Insee, int Merite, int Indice,
    double CoeffPrime, double RemunerationTotal )... {
        // la prime est calculée
    }
    /// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire (lecture) :
    public .... double MontantPaie {

    }
    /// propriété de point de mérite du salarié (lecture /écriture) :
    public ... int Merite {
        ...
    }
}
```



```
/// <summary>
/// Classe du personnel horaire. Implémente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>
```

```
class SalarieHoraire : Salarie
{
    /// attributs permettant le calcul du salaire :
    private double FPrime ;
    private double FTauxHoraire ;
    private double FHeuresTravailles ;

    /// le constructeur de la classe (salarié non au mérite) :
    public SalarieHoraire ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom,
    CategoriePerso Categorie, string Insee, double TauxHoraire ) ... {
    }
    /// nombre d'heures effectuées (lecture /écriture) :
    public double HeuresTravailles {

    }
    /// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire (lecture) :
    public override double MontantPaie {
        ...
    }
}
```

**Implémenter les classes avec le programme de test suivant :**

```
class ClassUsesSalarie
{
    static void InfoSalarie ( SalarieMensuel empl )
    {
        Console.WriteLine ("Employé n°" + empl.IDentifiant + ":" + empl.Nom + " / " + empl.Prenom );
        Console.WriteLine (" n° SS : " + empl.Insee );
        Console.WriteLine (" catégorie : " + empl.Categorie );
        Console.WriteLine (" indice hiérarchique : " + empl.Indice_Hierarchique + ", détenu depuis : " +
                           empl.IndiceDepuis );
        Console.WriteLine (" coeff mérite : " + empl.Merite );
        Console.WriteLine (" coeff prime : " + empl.Coeff_Prime );
        Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
        Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );

        double coefPrimeLoc = empl.Coeff_Prime ;
        int coefMeriteLoc = empl.Merite ;
        //--impact variation du coef de prime
        for( double i = 0.5 ; i < 1 ; i += 0.1 )
        {
            empl.Coeff_Prime = i ;
            Console.WriteLine (" coeff prime : " + empl.Coeff_Prime );
            Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
            Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
        }
        Console.WriteLine (" -----");
        empl.Coeff_Prime = coefPrimeLoc ;
        //--impact variation du coef de mérite
        for( int i = 0 ; i < 10 ; i ++ )
        {
            empl.Merite = i ;
            Console.WriteLine (" coeff mérite : " + empl.Merite );
            Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
            Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
        }
        empl.Merite = coefMeriteLoc ;
        Console.WriteLine ("=====");
    }
    [STAThread]
    static void Main ( string [] args )
    {
        SalarieMensuel Employe1 = new SalarieMensuel ( 123456, "Euton" , "Jeanne" ,
                                                       CategoriePerso.Cadre_Sup, "2780258123456" ,6,700,0.5,50000 );
        SalarieMensuel Employe2 = new SalarieMensuel ( 123457, "Yonaize" , "Mah" ,
                                                       CategoriePerso.Cadre, "1821113896452" ,5,520,0.42,30000 );
        SalarieMensuel Employe3 = new SalarieMensuel ( 123457, "Ziaire" , "Marie" ,
                                                       CategoriePerso.Maitrise, "2801037853781" ,2,678,0.6,20000 );
        SalarieMensuel Employe4 = new SalarieMensuel ( 123457, "Louga" , "Belle" ,
                                                       CategoriePerso.Agent, "2790469483167" ,4,805,0.25,20000 );

        ArrayList ListeSalaries = new ArrayList ();
        ListeSalaries.Add ( Employe1 );
        ListeSalaries.Add ( Employe2 );
        ListeSalaries.Add ( Employe3 );
        ListeSalaries.Add ( Employe4 );
        foreach( SalarieMensuel s in ListeSalaries )
```

```

InfoSalarie ( s );
Console .WriteLine (">>> Promotion indice de " + Employe1.Nom + " dans 2 secondes.");
Thread.Sleep ( 2000 );
Employe1.Indice_Hierarchique = 710 ;
InfoSalarie ( Employe1 );
System .Console.ReadLine ();
}
}

```

**Résultats obtenus avec le programme de test précédent :**

```

Employé n°123456: Euton / Jeanne
n°SS : 2780258123456
catégorie : Cadre_Sup
indice hiérarchique : 700 , détenu depuis : 15/06/2004 19:24:23
coeff mérite : 6
coeff prime : 0,5
montant prime annuelle : 152900
montant paie mensuelle: 16908,3333333333
coeff prime : 0,5
montant prime annuelle : 152900
montant paie mensuelle: 16908,3333333333
coeff prime : 0,6
montant prime annuelle : 182500
montant paie mensuelle: 19375
coeff prime : 0,7
montant prime annuelle : 212100
montant paie mensuelle: 21841,6666666667
coeff prime : 0,8
montant prime annuelle : 241700
montant paie mensuelle: 24308,3333333333
coeff prime : 0,9
montant prime annuelle : 271300
montant paie mensuelle: 26775
coeff prime : 1
montant prime annuelle : 300900
montant paie mensuelle: 29241,6666666667
-----
coeff mérite : 0
montant prime annuelle : 104900
montant paie mensuelle: 12908,3333333333
coeff mérite : 1
montant prime annuelle : 112900
montant paie mensuelle: 13575
coeff mérite : 2
montant prime annuelle : 120900
montant paie mensuelle: 14241,6666666667
coeff mérite : 3
montant prime annuelle : 128900
montant paie mensuelle: 14908,3333333333
coeff mérite : 4
montant prime annuelle : 136900
montant paie mensuelle: 15575
coeff mérite : 5
montant prime annuelle : 144900
montant paie mensuelle: 16241,6666666667
coeff mérite : 6
montant prime annuelle : 152900
montant paie mensuelle: 16908,3333333333
coeff mérite : 7
montant prime annuelle : 160900
montant paie mensuelle: 17575
coeff mérite : 8
montant prime annuelle : 168900
montant paie mensuelle: 18241,6666666667
coeff mérite : 9

```

montant prime annuelle : 176900  
montant paie mensuelle: 18908,3333333333

---

Employé n°123457: Yonaize / Mah  
n°SS : 1821113896452  
catégorie : Cadre  
indice hiérarchique : 520 , détenu depuis : 15/06/2004 19:24:23  
coeff mérite : 5  
coeff prime : 0,42  
montant prime annuelle : 57200  
montant paie mensuelle: 7266,66666666667

*... tout le tableau :*

coeff mérite : ...  
montant prime annuelle ...  
montant paie mensuelle: ...

---

*..... tous les autres salariés*

---

>>> Promotion indice de Euton dans 2 secondes.  
Employé n°123456: Euton / Jeanne  
n°SS : 2780258123456  
catégorie : Cadre\_Sup  
indice hiérarchique : 710 , détenu depuis : 15/06/2004 19:24:25  
coeff mérite : 6  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 152970  
montant paie mensuelle: 16914,1666666667  
coeff prime : 0,5  
montant prime annuelle : 152970  
montant paie mensuelle: 16914,1666666667  
coeff prime : 0,6  
montant prime annuelle : 182570  
montant paie mensuelle: 19380,8333333333  
coeff prime : 0,7  
montant prime annuelle : 212170  
montant paie mensuelle: 21847,5  
coeff prime : 0,8  
montant prime annuelle : 241770  
montant paie mensuelle: 24314,1666666667  
coeff prime : 0,9  
montant prime annuelle : 271370  
montant paie mensuelle: 26780,8333333333  
coeff prime : 1  
montant prime annuelle : 300970  
montant paie mensuelle: 29247,5

---

coeff mérite : 0  
montant prime annuelle : 104970  
montant paie mensuelle: 12914,1666666667  
coeff mérite : 1  
montant prime annuelle : 112970  
montant paie mensuelle: 13580,8333333333  
coeff mérite : 2  
montant prime annuelle : 120970  
montant paie mensuelle: 14247,5  
coeff mérite : 3  
montant prime annuelle : 128970  
montant paie mensuelle: 14914,1666666667  
coeff mérite : 4  
montant prime annuelle : 136970  
montant paie mensuelle: 15580,8333333333  
coeff mérite : 5  
montant prime annuelle : 144970  
montant paie mensuelle: 1

## Programme C# solution

Les classes et interface de base :

```
using System ;
using System.Collections ;
using System.Threading ;

namespace cci
{
    enum CategoriePerso { Cadre_Sup,Cadre,Maitrise,Agent,Autre }

    /// <summary>
    /// Interface définissant les propriétés de position d'un
    /// salarié dans la hiérarchie de l'entreprise.
    /// </summary>

    interface IPositionHierarchie
    {
        int Indice_Hierarchique {
            get;
            set;
        }
        double Coeff_Prime {
            get;
            set;
        }
        DateTime IndiceDepuis {
            get;
            set;
        }
    }
    /// <summary>
    /// Classe de base abstraite pour le personnel. Cette classe n'est
    /// pas instanciable.
    /// </summary>

    abstract class Salarie : IPositionHierarchie
    {
        /// attributs identifiant le salarié :
        private int FCodeEmploye ;
        private string FPrenom ;
        private CategoriePerso FCategorie ;
        private string FNom ;
        private string FInsee ;
        protected int FMerite ;
        private int FIndice ;
        private double FCoeffPrime ;
        private double FBasePrime ;
        private DateTime FIndiceDetenu ;

        /// le constructeur de la classe employé au mérite :
        public Salarie ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie,
        string Insee, int Merite, int Indice, double CoeffPrime ) {
            FCodeEmploye = IDentifiant ;
            FNom = Nom ;
            FPrenom = Prenom ;
            FCategorie = Categorie ;
            FInsee = Insee ;
```

```

FMerite = Merite ;
FIndice = Indice ;
FCoeffPrime = CoeffPrime ;
FIndiceDetenu = DateTime.Now ;
switch ( FCategorie )
{
    case CategoriePerso.Cadre_Sup :
        FBasePrime = 2000 ;
        break;
    case CategoriePerso.Cadre :
        FBasePrime = 1000 ;
        break;
    case CategoriePerso.Maitrise :
        FBasePrime = 500 ;
        break;
    case CategoriePerso.Agent :
        FBasePrime = 200 ;
        break;
}
///le constructeur de la classe employé sans mérite :
public Salarie ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie, string Insee ) :
    this( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee, 0, 0, 0 ) {
}
protected double EvaluerPrimeCadreSup ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 8 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 7 ;
}
protected double EvaluerPrimeCadre ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 6 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 5 ;
}
protected double EvaluerPrimeMaitrise ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 4 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 3 ;
}
protected double EvaluerPrimeAgent ( int coeffMerite ) {
    return ( 100 + coeffMerite * 2 ) * FCoeffPrime * FBasePrime + FIndice * 2 ;
}
///propriété abstraite donnant le montant du salaire
///(virtual automatiquement)
abstract public double MontantPaie {
    get ;
}
///propriété identifiant le salarié dans l'entreprise :
public int IDentifiant {
    get { return FCodeEmploye ; }
}
///propriété nom du salarié :
public string Nom {
    get { return FNom ; }
    set { FNom = value ; }
}
///propriété prénom du salarié :
public string Prenom {
    get { return FPrenom ; }
    set { FPrenom = value ; }
}
///propriété catégorie de personnel du salarié :
public CategoriePerso Categorie {
    get { return FCategorie ; }
    set { FCategorie = value ; }
}

```

```

/// propriété n&deg; de sécurité sociale du salarié :
public string Insee {
    get { return FInsee; }
    set { FInsee = value; }
}
/// propriété de point de mérite du salarié :
public virtual int Merite {
    get { return FMerite; }
    set { FMerite = value; }
}
/// propriété classement indiciaire dans la hiérarchie :
public int Indice_Hierarchique {
    get { return FIndice; }
    set {
        FIndice = value;
    }
}
/// Maj de la date de détention du nouvel indice :
IndiceDepuis = DateTime.Now;
}
}
/// propriété coefficient de la prime en %:
public double Coeff_Prime {
    get { return FCoeffPrime; }
    set { FCoeffPrime = value; }
}
/// propriété valeur de la prime :
public double Prime {
    get {
        switch (FCategorie) {
            case CategoriePerso.Cadre_Sup :
                return EvaluerPrimeCadreSup ( FMerite );
            case CategoriePerso.Cadre :
                return EvaluerPrimeCadre ( FMerite );
            case CategoriePerso.Maitrise :
                return EvaluerPrimeMaitrise ( FMerite );
            case CategoriePerso.Agent :
                return EvaluerPrimeAgent ( FMerite );
            default :
                return EvaluerPrimeAgent ( 0 );
        }
    }
}
}
}
/// date à laquelle l'indice actuel a été obtenu :
public DateTime IndiceDepuis {
    get { return FIndiceDetenu; }
    set { FIndiceDetenu = value; }
}
}

/// <summary>
/// Classe du personnel mensualisé. Implémente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>

```

```

class SalarieMensuel : Salarie
{
    /// attributs du salaire annuel :
    private double FPrime ;
    private double FRemunerationTotal ;

```

```

///le constructeur de la classe (salarié au mérite) :
public SalarieMensuel ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie,
    string Insee, int Merite, int Indice, double CoeffPrime, double RemunerationTotal ) :
    base ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee, Merite, Indice, CoeffPrime ) {
        FPrime = this.Prime ;
        FRemunerationTotal = RemunerationTotal ;
    }
/// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire :
public override double MontantPaie {
    get { return ( FRemunerationTotal + this.Prime ) / 12 ; }
}
/// propriété de point de mérite du salarié :
public override int Merite {
    get { return FMerite ; }
    set { FMerite = value ; FPrime = this.Prime ; }
}
}

/// <summary>
/// Classe du personnel horaire. Implemente la propriété abstraite
/// MontantPaie déclarée dans la classe de base (mère).
/// </summary>

class SalarieHoraire : Salarie
{
    /// attributs permettant le calcul du salaire :
    private double FPrime ;
    private double FTauxHoraire ;
    private double FHeuresTravaillees ;

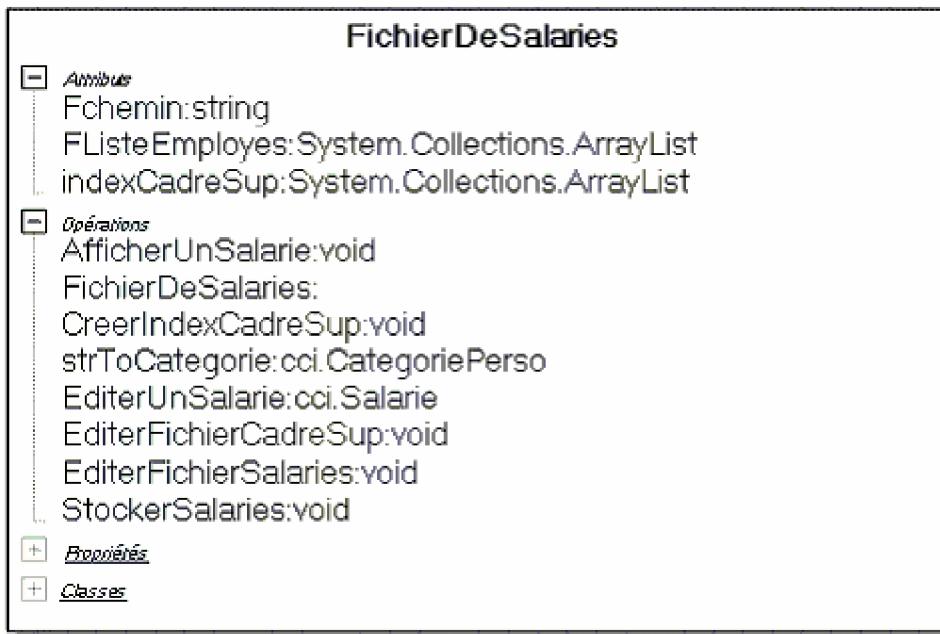
    ///le constructeur de la classe (salarié non au mérite):
    public SalarieHoraire ( int IDentifiant, string Nom, string Prenom, CategoriePerso Categorie,
        string Insee, double TauxHoraire ) :
        base ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee ) {
            FTauxHoraire = TauxHoraire ;
            FHeuresTravaillees = 0 ;
            FPrime = 0 ;
    }
    /// nombre d'heures effectuées :
    public double HeuresTravaillees {
        get { return FHeuresTravaillees ; }
        set { FHeuresTravaillees = value ; }
    }
    /// implémentation de la propriété donnant le montant du salaire :
    public override double MontantPaie {
        get { return FHeuresTravaillees * FTauxHoraire + FPrime ; }
    }
}
}

```

# Classes, objet et IHM

## Classe de salariés dans un fichier de l'entreprise

Nous reprenons les trois classes de l'exercice précédent définissant un salarié horaire et mensualisé dans une entreprise. Nous créons un fichier des salariés de l'entreprise, pour cela nous définissons une classe **FichierDeSalaries** permettant de gérer le fichier des salariés de l'entreprise :



Soit le squelette de la classe **FichierDeSalaries** :

```
using System ;
using System.Collections ;
using System.Threading ;
using System.IO ;

namespace cci
{
    class FichierDeSalaries
    {
        private string Fchemin ;
        private ArrayList FListeEmployes ; // liste des nouveaux employés à entrer dans le fichier
        private ArrayList indexCadreSup ; // Table d'index des cadres supérieurs du fichier

        // méthode static affichant un objet Salarie à la console :
        public static void AfficherUnSalarie ( Salarie Employe ) {
            // pour l'instant un salarié mensualisé seulement
        }
        // constructeur de la classeFichierDeSalaries
        public FichierDeSalaries ( string chemin, ArrayList Liste ) {

        }
        // méthode de création de la table d'index des cadre_sup :
        public void CreerIndexCadreSup () {
```

```

}

// méthode convertissant le champ string catégorie en la constante enum associée
private CategoriePerso strToCategorie ( string s ) {

}

// méthode renvoyant un objet SalarieMensuel de rang fixé dans le fichier
private Salarie EditerUnSalarie ( int rang ) {
    SalarieMensuel perso ;
    .....
    perso = new SalarieMensuel ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee,
        Merite, Indice, CoeffPrime, RemunerationTotal );
    .....
    return perso ;
}
// méthode affichant sur la console à partir de la table d'index :
public void EditerFichierCadreSup ( )
{
    .....
    foreach( int ind in indexCadreSup )
    {
        AfficherUnSalarie ( EditerUnSalarie ( ind ) );
    }
    .....
}
// méthode affichant sur la console le fichier de tous les salariés :
public void EditerFichierSalaries ( ) {

}
// méthode créant et stockant des salariés dans le fichier :
public void StockerSalaries ( ArrayList ListeEmploy )
{
    .....
    // si le fichier n'existe pas => création du fichier sur disque :
    fichierSortie = File.CreateText ( Fchemin );
    fichierSortie.WriteLine ("Fichier des personnels");
    fichierSortie.Close ();
    .....
    // ajout dans le fichier de toute la liste :
    .....
    foreach( Salarie s in ListeEmploy )
    {
        .....
    }
    .....
}
}

```

**Implémenter la classe FichierDeSalaries avec le programme de test suivant :**

```

class ClassUsesSalarie
{
    /// <summary>
    /// Le point d'entrée principal de l'application.
    /// </summary>
    static void InfoSalarie ( SalarieMensuel empl )
    {
        FichierDeSalaries.AfficherUnSalarie ( empl );
        double coefPrimeLoc = empl.Coeff_Prime ;
    }
}

```

```

int coefMeriteLoc = empl.Merite ;
//--impact variation du coef de prime
for( double i = 0.5 ; i < 1 ; i += 0.1 )
{
    empl.Coeff_Prime = i ;
    Console.WriteLine (" coeff prime : " + empl.Coeff_Prime );
    Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
    Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
}
Console.WriteLine (" -----");
empl.Coeff_Prime = coefPrimeLoc ;
//--impact variation du coef de mérite
for( int i = 0 ; i < 10 ; i ++ )
{
    empl.Merite = i ;
    Console.WriteLine (" coeff mérite : " + empl.Merite );
    Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
    Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
}
empl.Merite = coefMeriteLoc ;
Console.WriteLine ("=====");
}

[STAThread]
static void Main ( string [ ] args )
{
    SalarieMensuel Employe1 = new SalarieMensuel ( 123456, "Euton" , "Jeanne" ,
        CategoriePerso.Cadre_Sup, "2780258123456" ,6,700,0.5,50000 );
    SalarieMensuel Employe2 = new SalarieMensuel ( 123457, "Yonaize" , "Mah" ,
        CategoriePerso.Cadre, "1821113896452" ,5,520,0.42,30000 );
    SalarieMensuel Employe3 = new SalarieMensuel ( 123458, "Ziaire" , "Marie" ,
        CategoriePerso.Maitrise, "2801037853781" ,2,678,0.6,20000 );
    SalarieMensuel Employe4 = new SalarieMensuel ( 123459, "Louga" , "Belle" ,
        CategoriePerso.Agent, "2790469483167" ,4,805,0.25,20000 );

ArrayList ListeSalaries = new ArrayList ();
ListeSalaries.Add ( Employe1 );
ListeSalaries.Add ( Employe2 );
ListeSalaries.Add ( Employe3 );
ListeSalaries.Add ( Employe4 );
foreach( SalarieMensuel s in ListeSalaries )
    InfoSalarie ( s );
Console.WriteLine (">>> Promotion indice de " + Employe1.Nom + " dans 2 secondes.");
Thread.Sleep ( 2000 );
Employe1.Indice_Hierarchique = 710 ;
InfoSalarie ( Employe1 );
//-----//
FichierDeSalaries Fiches = new FichierDeSalaries ("fichierSalaries.txt" ,ListeSalaries );
Console.WriteLine (">>> Attente 3 s pour création de nouveaux salariés");
Thread.Sleep ( 3000 );
Employe1 = new SalarieMensuel ( 123460, "Miett" , "Hamas" ,
    CategoriePerso.Cadre_Sup, "1750258123456" ,4,500,0.7,42000 );
Employe2 = new SalarieMensuel ( 123461, "Kong" , "King" ,
    CategoriePerso.Cadre, "1640517896452" ,4,305,0.62,28000 );
Employe3 = new SalarieMensuel ( 123462, "Zaume" , "Philippo" ,
    CategoriePerso.Maitrise, "1580237853781" ,2,245,0.8,15000 );
Employe4 = new SalarieMensuel ( 123463, "Micoton" , "Mylène" ,
    CategoriePerso.Agent, "2850263483167" ,4,105,0.14,12000 );
ListeSalaries = new ArrayList ();
ListeSalaries.Add ( Employe1 );

```

```

        ListeSalaries.Add ( Employe2 );
        ListeSalaries.Add ( Employe3 );
        ListeSalaries.Add ( Employe4 );
        Fiches.StockerSalaries ( ListeSalaries );
        Fiches.EditerFichierSalaries ();
        Fiches.CreerIndexCadreSup ();
        Fiches.EditerFichierCadreSup ();
        System .Console.ReadLine ();
    }
}

```

Pour tester le programme précédent, on donne le fichier des salariés **fichierSalaries.txt** suivant :

Fichier des personnels

```

123456
Euton
Jeanne
*Cadre_Sup
2780258123456
6
710
15/02/2004 19:52:38
0,5
152970
16914,1666666667
123457
Yonaize
Mah
*Cadre
1821113896452
5
520
15/02/2004 19:52:36
0,42
57200
7266,6666666667
123458
Ziaire
Marie
*Maitrise
2801037853781
2
678
15/02/2004 19:52:36
0,6
34434
4536,1666666667
123459
Louga
Belle
*Agent
2790469483167
4
805
15/02/2004 19:52:36
0,25
7010
2250,8333333333
123460
Miett

```

Hamas  
 \*Cadre\_Sup  
 1750258123456  
 4  
 500  
 15/02/2004 19:52:41  
 0,7  
 188300  
 19191,6666666667  
 123461  
 Kong  
 King  
 \*Cadre  
 1640517896452  
 4  
 305  
 15/02/2004 19:52:41  
 0,62  
 78405  
 8867,0833333333  
 123462  
 Zaume  
 Philippo  
 \*Maitrise  
 1580237853781  
 2  
 245  
 15/02/2004 19:52:41  
 0,8  
 43935  
 4911,25  
 123463  
 Micoton  
 Mylène  
 \*Agent  
 2850263483167  
 4  
 105  
 15/02/2004 19:52:41  
 0,14  
 3234  
 1269,5

---

## La classe C# *FichierDeSalaries* solution

```

using System ;
using System.Collections ;
using System.Threading ;
using System.IO ;

namespace cci
{
  class FichierDeSalaries
  {
    private string Fchemin ;
    private ArrayList FListeEmployes ;
    private ArrayList indexCadreSup ;
  }
}

```

```

// méthode static affichant un objet Salarie à la console :
public static void AfficherUnSalarie ( Salarie Employe ) {
if( Employe is SalarieMensuel )
{
    SalarieMensuel empl = ( Employe as SalarieMensuel );
    Console.WriteLine ("Employé n°" + empl.IDentifiant + ":" + empl.Nom + " / " + empl.Prenom );
    Console.WriteLine (" n° SS : " + empl.Insee );
    Console.WriteLine (" catégorie : " + empl.Categorie );
    Console.WriteLine (" indice hiérarchique : " + empl.Indice_Hierarchique + " , détenu depuis : "
        + empl.IndiceDepuis );
    Console.WriteLine (" coeff mérite : " + empl.Merite );
    Console.WriteLine (" coeff prime : " + empl.Coeff_Prime );
    Console.WriteLine (" montant prime annuelle : " + empl.Prime );
    Console.WriteLine (" montant paie mensuelle: " + empl.MontantPaie );
}
}

// constructeur de la classeFichierDeSalaries
public FichierDeSalaries ( string chemin, ArrayList Liste ) {
    Fchemin = chemin ;
    FListeEmployes = Liste ;
    StockerSalaries ( FListeEmployes );
}

// méthode de création de la table d'index des cadre_sup :
public void CreerIndexCadreSup () {
    // Ouvre le fichier pour le lire
    StreamReader fichierEntree = File.OpenText ( Fchemin );
    string Ligne ;
    int indexLigne = 0 ;
    indexCadreSup = new ArrayList ();
    while (( Ligne = fichierEntree.ReadLine () ) != null)
    {
        indexLigne ++ ;
        if ("*" + CategoriePerso.Cadre_Sup.ToString () == Ligne )
        {
            Console.WriteLine ("++> " + Ligne + " : " + indexLigne );
            indexCadreSup.Add ( indexLigne - 3 );
        }
    }
    fichierEntree.Close ();
}

// méthode convertissant le champ string catégorie en la constante enum associée
private CategoriePerso strToCategorie ( string s ) {
switch( s )
{
    case "*Cadre_Sup":return CategoriePerso.Cadre_Sup ;
    case "*Cadre":return CategoriePerso.Cadre ;
    case "*Maitrise":return CategoriePerso.Maitrise ;
    case "*Agent":return CategoriePerso.Agent ;
    case "*Autre":return CategoriePerso.Autre ;
    default : return CategoriePerso.Autre ;
}
}

// méthode renvoyant un objet SalarieMensuel de rang fixé dans le fichier
private Salarie EditerUnSalarie ( int rang ) {
    int compt = 0 ;
    string Ligne ;

    int IDentifiant = 0 ;
    string Nom = "" , Prenom = "" ;

```

```

CategoriePerso Categorie = CategoriePerso.Autre ;
string Insee = "";
int Merite = 0, Indice = 0 ;
DateTime delai = DateTime.Now ;
double CoeffPrime = 0, RemunerationTotal = 0, MontantPaie = 0 ;
SalarieMensuel perso ;
StreamReader f = File.OpenText ( Fchemin );
//System .IFormatProvider format = new System .Globalization.CultureInfo ("fr-FR" , true );

while (( Ligne = f.ReadLine () ) != null)
{
    compt ++ ;
    if ( compt == rang )
    {
        IDentifiant = Convert.ToInt32 ( Ligne );
        Nom = f.ReadLine ();
        Prenom = f.ReadLine ();
        Categorie = strToCategorie ( f.ReadLine () );
        Insee = f.ReadLine ();
        Merite = Convert.ToInt32 ( f.ReadLine () );
        Indice = Convert.ToInt32 ( f.ReadLine () );
        delai = DateTime.Parse ( f.ReadLine () );
        CoeffPrime = Convert.ToDouble ( f.ReadLine () );
        RemunerationTotal = Convert.ToDouble ( f.ReadLine () );
        MontantPaie = Convert.ToDouble ( f.ReadLine () );
        break;
    }
}
f.Close ();
perso = new SalarieMensuel ( IDentifiant, Nom, Prenom, Categorie, Insee, Merite,
                           Indice, CoeffPrime, RemunerationTotal );
perso.IndiceDepuis = delai ;
return perso ;
}

// méthode affichant sur la console à partir de la table d'index :
public void EditerFichierCadreSup () {
    StreamReader fichierEntree = File.OpenText ( Fchemin );
    if (indexCadreSup == null)
        CreerIndexCadreSup ();

    foreach ( int ind in indexCadreSup )
    {
        AfficherUnSalarie ( EditerUnSalarie ( ind ) );
    }
    fichierEntree.Close ();
}

// méthode affichant sur la console le fichier de tous les salariés :
public void EditerFichierSalaries () {
    // Ouvre le fichier pour le lire
    StreamReader fichierEntree = File.OpenText ( Fchemin );
    string Ligne ;
    while (( Ligne = fichierEntree.ReadLine () ) != null)
    {
        Console.WriteLine ( Ligne );
    }
    fichierEntree.Close ();
}

// méthode créant et stockant des salariés dans le fichier :
public void StockerSalaries ( ArrayList ListeEmploy ) {
    StreamWriter fichierSortie ;

```

```

if ( ! File.Exists ( Fchemin ) )
{
    // création du fichier sur disque :
    fichierSortie = File.CreateText ( Fchemin );
    fichierSortie.WriteLine ("Fichier des personnels");
    fichierSortie.Close ();
}

// ajout dans le fichier de tout le :
fichierSortie = File.AppendText ( Fchemin );
if ( FListeEmployes.Count != 0 )
foreach ( Salarie s in ListeEmploy )
{
    fichierSortie.WriteLine ( s.IDentifiant );
    fichierSortie.WriteLine ( s.Nom );
    fichierSortie.WriteLine ( s.Prenom );
    fichierSortie.WriteLine ( '*' + s.Categorie.ToString () );
    fichierSortie.WriteLine ( s.Insee );
    if ( s is SalarieMensuel )
    {
        SalarieMensuel sLoc = ( s as SalarieMensuel );
        fichierSortie.WriteLine ( sLoc.Merite );
        fichierSortie.WriteLine ( sLoc.Indice_Hierarchique );
        fichierSortie.WriteLine ( sLoc.IndiceDepuis );
        fichierSortie.WriteLine ( sLoc.Coeff_Prime );
        fichierSortie.WriteLine ( sLoc.Prime );
    }
    else
        fichierSortie.WriteLine ( ( s as SalarieHoraire ).HeuresTravailles );
        fichierSortie.WriteLine ( s.MontantPaie );
    }
    fichierSortie.Close ();
}
}

```

# Classes, objet et IHM

## Construction d'un ensemble de caractères

Soit à construire une classe **setOfChar** ensemble de caractères possédant certaines caractéristiques de base d'un ensemble, il est demandé que les opérations suivantes soient présentes : ajouter, enlever un élément de l'ensemble, test d'appartenance d'un élément à l'ensemble, cardinal de l'ensemble (la redondance est acceptée)

Il est aussi demandé à ce que l'ensemble propose deux événements **OnInserer** qui se produit lorsque l'on ajoute un nouvel élément à l'ensemble et **OnEnlever** qui a lieu lorsque l'on supprime un élément de l'ensemble.

La classe **setOfChar** héritera de la classe **CollectionBase** et implémentera une interface événementielle **IEventEnsemble** : **class setOfChar : CollectionBase, IeventEnsemble**.

**CollectionBase** est une classe de .Net Framework et fournit la classe de base abstract pour une collection fortement typée :

```
System.Object
  |__System.Collections.CollectionBase
public abstract class CollectionBase : IList, ICollection, IEnumerable
```

L'interface **IList** représente une liste d'objets accessibles séparément par indexeur et des méthodes classiques de gestion de liste dont nous extrayons ci-dessous les principales utiles, à l'exercice à traiter:

### Méthodes publiques

<b>int Add( object valeur );</b>	Ajoute l'élément <b>valeur</b> dans la liste
<b>void Remove(object valeur );</b>	Enlève l'élément <b>valeur</b> dans la liste
<b>bool Contains(object valeur );</b>	La liste contient l'élément <b>valeur</b> .

**IeventEnsemble** est une interface qui est donnée pour décrire les deux événements auxquels un ensemble doit être sensible :

```
interface IEventEnsemble {
  event EventHandler OnInserer;
  event EventHandler OnEnlever;
}
```

### Question :

compléter dans le squelette de programme ci-après, la classe ensemble de caractère **setOfChar**.

```
using System;
using System.Collections;
```

```

namespace cci
{

interface IEventEnsemble {
    event EventHandler OnInserer;
    event EventHandler OnEnlever;
}

public class setOfChar : CollectionBase, IEventEnsemble {

    public event EventHandler OnInserer;
    public event EventHandler OnEnlever;

    public static setOfChar operator + ( setOfChar e1, setOfChar e2 ) {
        // surcharge de l'opérateur d'addition étendu aux ensembles de char
        ....
    }

    //-- les constructeurs de la classe servent à initialiser l'ensemble :
    public setOfChar() {
        ....
    }

    public setOfChar(string s) : this(s.ToCharArray()) {
        ....
    }

    public setOfChar(char[ ] t) {
        ....
    }

    public char[ ] ToArray() {
        // renvoie les éléments de l'ensemble sous forme d'un tableau de char
        ....
    }

    public override string ToString() {
        // renvoie les éléments de l'ensemble sous forme d'une chaîne
        ....
    }

    public int Card {
        // cardinal de l'ensemble
        ....
    }

    protected virtual void Inserer( object sender, EventArgs e ) {
        // lance l'événement OnInserer
        ....
    }

    protected virtual void Enlever( object sender, EventArgs e ) {
        // lance l'événement OnEnlever
        ....
    }

    public char this[ int index ] {
        // indexeur de l'ensemble
        ....
    }
}

```

```

}

public int Add( char value ) {
    // ajoute un élément à l'ensemble
    ....
}

public void Remove( char value ) {
    // enlève un élément à l'ensemble s'il est présent
    ....
}

public bool Contains( char value ) {
    // true si value est dans type setOfChar, false sinon.
    ....
}

protected override void OnInsert( int index, Object value ) {
    ....
}

protected override void OnRemove( int index, Object value ) {
    ....
}

```

La méthode **protected virtual void OnInsert** est présente dans la classe **CollectionBase**, elle sert à exécuter des actions avant l'insertion d'un nouvel élément dans la collection. Elle va servir de base au lancement de l'événement **OnInserer**.

La méthode **protected virtual void OnRemove** est présente dans la classe **CollectionBase**, elle sert à exécuter des actions lors de la suppression d'un élément dans la collection. Elle va servir de base au lancement de l'événement **OnEnlever**.

## Classe permettant de tester le fonctionnement de setOfChar

```

public class UtiliseSetOfChar
{

private static void EnsCarOnEnlever( object sender, EventArgs e )  {
    Console.WriteLine();
    Console.WriteLine("Evénement - on va enlever un élément de : "+sender.ToString());
    Console.WriteLine();
}

public static void Main()  {

    // initialisation
    setOfChar EnsCar1 = new setOfChar();
    setOfChar EnsCar,EnsCar2;

    // ajout d'éléments
    EnsCar1.Add('a');
    EnsCar1.Add('b');
    EnsCar1.Add('c');
    EnsCar1.Add('d');
    EnsCar1.Add('e');
    Console.WriteLine("card="+EnsCar1.Card+" ; "+EnsCar1.ToString());
    EnsCar2=new setOfChar("xyztu#");
    Console.WriteLine("card="+EnsCar2.Card+" ; "+EnsCar2.ToString());
    EnsCar=EnsCar1+EnsCar2;
    EnsCar.OnEnlever += new EventHandler(EnsCarOnEnlever);
    Console.WriteLine("card="+EnsCar.Card+" ; "+EnsCar.ToString());
    Console.WriteLine();

    // Contenu de l'ensemble avec for
    Console.WriteLine( "Contenu de l'ensemble:" );
}

```

```

for(int i=0; i<EnsCar.Card; i++)
    Console.Write( EnsCar[i]+",");
Console.WriteLine();
// on enlève un élément dans l'ensemble
EnsCar.Remove( 'd' );

// Contenu de l'ensemble avec foreach
Console.WriteLine( "Contenu de l'ensemble après enlèvement de l'élément d :" );
foreach(char elt in EnsCar)
    Console.Write(elt+",");
Console.ReadLine();
}
}
}

```

### Résultats de l'exécution :

```

card=5 ; abcde
card=6 ; xyztu#
card=11 ; abcdexyztu#

Contenu de l'ensemble:
a,b,c,d,e,x,y,z,t,u,#,
Evénement - on va enlever un élément de : abcdexyztu#
Contenu de l'ensemble après enlèvement de l'élément d :
a,b,c,e,x,y,z,t,u,#,

```

## La classe C# *setOfChar* solution

```

public class setOfChar : CollectionBase, IEventEnsemble
{
    public event EventHandler OnInserer;
    public event EventHandler OnEnlever;

    public static setOfChar operator + ( setOfChar e1, setOfChar e2) {
        return new setOfChar(e1.ToString()+e2.ToString());
    }

    public setOfChar()
    { }

    public setOfChar(string s) : this(s.ToCharArray())
    { }

    public setOfChar(char[ ] t) {
        foreach(char car in t)
            this.Add(car);
    }

    public char[ ] ToArray()
    {
        char[ ] t = new char[this.Count];
        for(int i=0; i<this.Count; i++)
            t[i]=this[i];
        return t;
    }
}

```

On convertit les deux ensembles sous forme de chaînes, on les concatène, puis on appelle le deuxième constructeur. On peut maintenant écrire :  
 $E = F+G$  où E, F, G sont des **setOfChar**.

Ce constructeur permet de charger l'ensemble par une chaîne s en appelant le constructeur du dessous par conversion de la chaîne s en tableau de char (méthode ToCharArray).

Le seul constructeur qui a un corps et permettant de charger l'ensemble avec un tableau de caractères.

```

public override string ToString() {
    return new string(this.ToArray());
}

public int Card {
    get {
        return this.Count;
    }
}

protected virtual void Inserer( object sender, EventArgs e ) {
    if ( OnInserer != null )
        OnInserer( sender, e );
}

protected virtual void Enlever( object sender, EventArgs e ) {
    if ( OnEnlever != null )
        OnEnlever( sender, e );
}

public char this[ int index ] {
    get {
        return( (char) List[index] );
    }
    set {
        List[index] = value;
    }
}

public int Add( char value ) {
    return ( List.Add( value ) );
}

public void Remove( char value ) {
    if ( Contains( value ) )
        List.Remove( value );
}

public bool Contains( char value ) {
    return ( List.Contains( value ) );
}

protected override void OnInsert ( int index, Object value ) {
    Inserer( this, EventArgs.Empty );
}

protected override void OnRemove( int index, Object value ) {
    Enlever ( this, EventArgs.Empty );
}

```

**OnInsert** appelle la méthode Inserer qui lance l'éventuel gestionnaire d'événement **OnInserer**.

**OnRemove** appelle la méthode Enlever qui lance l'éventuel gestionnaire d'événement **OnEnlever**.

Si l'on veut éliminer la redondance d'élément (un élément n'est présent qu'une seule fois dans un ensemble) il faut agir sur la méthode d'ajout (add) et vérifier que l'ajout est possible.

L'ajout est possible si l'élément à ajouter n'est pas déjà contenu dans la liste :

Comme la méthode add renvoie le rang d'insertion de l'élément, nous lui faisons renvoyer la valeur -1 lorsque l'élément n'est pas ajouté parce qu'il est déjà présent dans la liste :

```
public int Add( char value ) {  
    if (!Contains(value))  
        return ( List.Add ( value ) );  
    else  
        return -1;  
}
```

Nous pouvons aussi prévoir d'envoyer un message à l'utilisateur de la classe sous forme d'une fenêtre de dialogue l'avertissant du fait qu'un élément était déjà présent et qu'il n'a pas été rajouté. Nous utilisons la classe **MessageBox** de C# qui sert à afficher un message pouvant contenir du texte, des boutons et des symboles :

```
System.Object  
|__ System.Windows.Forms.MessageBox
```

Plus particulièrement, nous utilisons une des surcharges de la méthode **Show** :

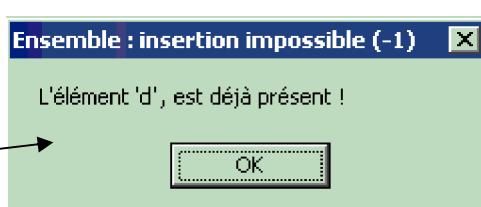
```
public static DialogResult Show( string TexteMess , string caption );
```

#### Code de la méthode Add (avec message)

```
public int Add( char value ) {  
    if (!Contains(value))  
        return ( List.Add ( value ) );  
    else {  
        MessageBox.Show ("L'élément '" + value.ToString() + "' , est déjà présent !",  
                      "Ensemble : insertion impossible (-1)");  
        return -1;  
    }  
}
```

Voici dans cette éventualité, ce que provoque l'exécution de la sixième ligne du code ci-dessous sur la deuxième demande d'insertion de l'élément 'd' dans l'ensemble EnsCar1 :

```
EnsCar1.Add('a');  
EnsCar1.Add('b');  
EnsCar1.Add('c');  
EnsCar1.Add('d');  
EnsCar1.Add('e');  
EnsCar1.Add('d');
```



# Classes, objet et IHM

## Construction d'une classe d'ensemble générique

Soit à construire une classe **setOfObject** d'ensemble plus générale que celle de l'exercice précédent. Nous souhaitons en, effet disposer d'une classe de type ensemble possédant les fonctionnalités de la classe **setOfChar** ( ajouter, enlever un élément de l'ensemble, test d'appartenance d'un élément à l'ensemble, cardinal de l'ensemble, non redondance d'un élément), qui puisse accueillir des éléments de même type mais que ce type puisse être n'importe quel type héritant de la classe object.

Cette classe d'ensemble, proposera deux événements OnInserer qui se produit lorsque l'on ajoute un nouvel élément à l'ensemble et OnEnlever qui a lieu lorsque l'on supprime un élément de l'ensemble.

La classe **setOfObject** héritera de la classe **CollectionBase** et implémentera une interface événementielle **IEventEnsemble** : **class setOfObject : CollectionBase, IEventEnsemble**

### Conseils :

Par rapport à l'exercice précédent, il faut faire attention à l'ajout d'un élément du même type que tous ceux qui sont déjà présents dans l'ensemble et refuser un nouvel élément qui n'est pas strictement du même type. Il faut donc utiliser le mécanisme de reflexion de C# (connaître le type dynamique d'un objet lors de l'exécution) contenu dans la classe Type.

Nous proposons un squelette détaillé de la classe **setOfObject** à compléter, les méthodes qui sont identiques à celle de l'exercice précédent ont été mise avec leur code, les autres sont à définir par le lecteur.

Nous souhaitons disposer de plusieurs surcharges du constructeur d'ensemble générique :

constructeur	fonctionnalité
<b>public</b> setOfObject()	Construit un ensemble vide (de n'importe quel type)
<b>public</b> setOfObject ( <b>object</b> [ ] t)	Rempli un ensemble à partir d'un tableau d'object. (le type des éléments de l'ensemble construit est automatiquement celui du premier élément du <b>object</b> [ ] )
<b>public</b> setOfObject ( <b>Array</b> t)	Rempli un ensemble à partir d'un tableau de type Array. (le type des éléments de l'ensemble construit est automatiquement celui du premier élément du <b>Array</b> )
<b>public</b> setOfObject ( <b>ArrayList</b> t)	Rempli un ensemble à partir d'un tableau de type ArrayList. (le type des éléments de l'ensemble construit est automatiquement celui du premier élément du <b>ArrayList</b> )
<b>public</b> setOfObject ( <b>string</b> s)	Rempli un ensemble à partir chaîne. (le type des éléments de l'ensemble construit est automatiquement celui du premier élément, ici <b>char</b> )

Nous proposons enfin, de prévoir un champ protégé nommé FtypeElement qui contient le type de l'élément de l'ensemble qui peut varier au cours du temps Car lorsque l'ensemble est vide il n'a pas de type d'élément c'est l'ajout du premier élément qui détermine le type de l'ensemble et donc des futurs autres éléments à introduire. Ce champ protégé devra être accessible en lecture seulement par tout utilisateur de la classe.

## Code à compléter :

```
public class setOfObject : CollectionBase, IEventEnsemble {  
  
protected Type FTypeElement;  
  
public Type TypeElement {  
    get {  
        return FTypeElement;  
    }  
}  
  
public event EventHandler OnInserer;  
public event EventHandler OnEnlever;  
  
public static setOfObject operator + ( setOfObject e1, setOfObject e2) {  
    ....  
}  
  
public setOfObject() {  
}  
  
public setOfObject(object[] t) {  
    ....  
}  
  
public setOfObject(Array t) {  
    ....  
}  
  
public setOfObject (ArrayList t) .... {  
}  
  
public setOfObject(string s) {  
    ....  
}  
  
public virtual object[] ToArray() {  
    ....  
}  
  
public override string ToString() {  
    ....  
}  
  
public int Card {  
    get {  
        return this.Count;  
    }  
}  
  
protected virtual void Inserer( object sender, EventArgs e ) {  
    if ( OnInserer != null )  
        OnInserer( sender , e );  
}  
  
protected virtual void Enlever( object sender, EventArgs e ) {  
    if ( OnEnlever != null )  
        OnEnlever( sender , e );  
}
```

```

public object this[ int index ] {
    get {
        return( List[index] );
    }
    set {
        List[index] = value;
    }
}

public int Add( object value ) {
    /* ajoute un élément à l'ensemble sinon renvoie-1 si déjà présent
    ou bien renvoie -2 si l'élément n'est pas du même type que les autres */
    ....
}

public void Remove( object value ) {
    // enlève un élément à l'ensemble s'il est présent et de même type
    ....
}

public bool Contains( object value ) {
    // true si value est dans type setOfChar, false sinon.
    return( List.Contains( value ) );
}

protected override void OnInsert( int index, Object value ) {
    Inserer( this , EventArgs.Empty );
}

protected override void OnRemove( int index, Object value ) {
    Enlever( this , EventArgs.Empty );
}

```

## La classe C# *setOfObject* solution

```

public class setOfObject : CollectionBase, IEventEnsemble {

    protected Type FTypeElement; ←
    Champ FtypeElement contenant le
    type de l'ensemble.

    public Type TypeElement {
        get {
            return FTypeElement;
        }
    }

    public event EventHandler OnInserer;
    public event EventHandler OnEnlever;

    public static setOfObject operator + ( setOfObject e1, setOfObject e2 ) {
        ArrayList t = new ArrayList(e1);
        foreach(object elt in e2)
            t.Add(elt);
        return new setOfObject(t);
    }
}

```

Propriété permettant de lire le champ FtypeElement contenant le type de l'ensemble.

On se sert du constructeur fondé sur le remplissage à partir d'un ArrayList.

```

public setOfObject () {
    FTypeElement = null;
}

public setOfObject(object[ ] t) {
    foreach(object elt in t)
        this.Add(elt);
}

public setOfObject(Array t) {
    foreach(object elt in t)
        this.Add(elt);
}

public setOfObject(ArrayList t) : this(t.ToArray()) {}

public setOfObject(string s) {
    char[ ] t = s.ToCharArray();
    foreach(char elt in t)
        this.Add(elt);
}

public virtual object[ ] ToArray() {
    object[ ] t = new object[this.Count];
    for(int i=0; i<this.Count; i++)
        t[i]=this[i];
    return t;
}

public override string ToString() {
    return Convert.ToString(this.ToArray());
}

public int Card {
    get {
        return this.Count;
    }
}

protected virtual void Inserer( object sender, EventArgs e ) {
    if ( OnInserer != null )
        OnInserer( sender , e );
}

protected virtual void Enlever( object sender, EventArgs e ) {
    if ( OnEnlever != null )
        OnEnlever( sender , e );
}

public object this[ int index ] {
    get {
        return( List[index] );
    }
    set {
        List[index] = value;
    }
}

```

Le constructeur vide initialise le type de l'ensemble.

Le constructeur ajoute tous les objets du tableau t dans l'ensemble.

Le constructeur ajoute tous les objets du tableau t dans l'ensemble.

Le constructeur convertit ArrayList t en object[ ] t et appelle le constructeur setOfObject(object[ ] t)

Le constructeur recopie les caractères de la string dans l'ensemble dont le type est donc char.

Convertit l'ensemble en tableau object[ ] (on a perdu le type).

```

public int Add( object value ) {
    // ajoute un élément à l'ensemble sinon -1 ou -2
    if (this.Count==0)
        FTypeElement = value.GetType();
    if (value.GetType() == TypeElement) {
        if (!Contains(value))
            return( List.Add( value ) );
        else {
            MessageBox.Show("L'élément "+value.ToString()+" est déjà présent !",
                           "Ensemble : insertion impossible (-1)");
            return -1;
        }
    }
    else {
        MessageBox.Show("L'élément "+value.ToString()+" n'est pas du même type !",
                           "Ensemble : insertion impossible (-2)");
        return -2;
    }
}

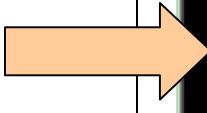
public void Remove( object value ) {
    // enlève un élément à l'ensemble s'il est présent et de même type
    if (value.GetType() == FTypeElement && Contains(value))
        List.Remove( value );
}

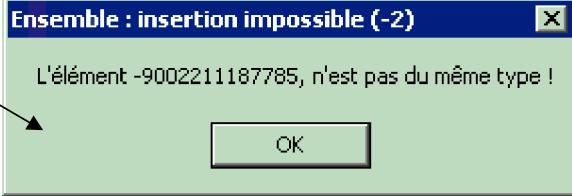
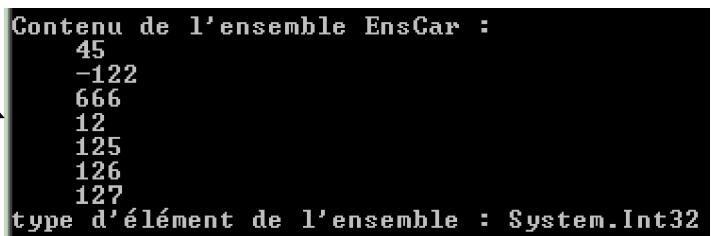
public bool Contains( object value ) {
    // true si value est dans type setOfChar, false sinon.
    return( List.Contains( value ) );
}

protected override void OnInsert( int index, Object value ) {
    Inserer( this , EventArgs.Empty );
}

protected override void OnRemove( int index, Object value ) {
    Enlever( this , EventArgs.Empty );
}

```

Extrait de code de test où E1, E2 et EnsCar sont des setOfObject	
<pre> //-- chargement par ajout élément par élément : E1.Add('a'); E1.Add('b'); E1.Add('c'); E1.Add('d'); E1.Add('e'); //-- chargement par string : E2 = new setOfObject("xyztu#"); EnsCar = E1 + E2 ; foreach (object elt in EnsCar)     Console.WriteLine(" " + elt ); Console.WriteLine("type d'élément de l'ensemble : "+EnsCar.TypeElement); </pre>	<p>On teste sur le type d'élément <b>char</b>.</p> <p>Contenu de l'ensemble EnsCar :</p>  <pre> a b c d e x y z t u # </pre> <p>type d'élément de l'ensemble : System.Char</p>

Extrait de code de test où E1, E2 et EnsCar sont des setOfObject	
//-- chargement par ajout élément par élément : E1.Add(45); E1.Add(-122); E1.Add(666);  E1.Add(45);	On teste sur le type d'élément <b>int</b> .  
E1.Add(-9002211187785);  E1.Add(12);	  
//-- chargement par ajout d'un tableau d'entiers : int[ ] table=new int[ ]{ 125,126,127}; E2 = new setOfObject(table); EnsCar = E1 + E2 ;  foreach (object elt in EnsCar) Console.WriteLine(" " + elt );  Console.WriteLine("type d'élément de l'ensemble : "+EnsCar.TypeElement);	-9002211187785 est de type <b>long</b> et non <b>int</b> !  

## classe C# de tests de la classe *setOfObject* : code source

```
class UtilisesetOfObject{

private static void EnsbleOnEnlever( object sender, EventArgs e ) {
    Console.WriteLine("On va enlever un élément de l'ensemble");
}

private static void version (int choix) {
    // Déclare les ensembles
    setOfObject Ensble1 = new setOfObject();
    setOfObject EnsCar,Ensble2;

    // Initialise les ensembles selon le paramètre
    switch(choix) {
        case 1: ChargerEnsChar(Ensble1,out Ensble2); break;
        case 2: ChargerEnsInt(Ensble1,out Ensble2); break;
        case 3: ChargerEnsTChar(Ensble1,out Ensble2); break;
        case 4: ChargerEnsArrayList(Ensble1,out Ensble2); break;
        case 5: ChargerEnsArrayListString(Ensble1,out Ensble2); break;
        case 6: ChargerJours(Ensble1,out Ensble2); break;
        default:ChargerEnsChar(Ensble1,out Ensble2); break;
    }
    Console.WriteLine("card(Ensble1)="+Ensble1.Card+" ; ");
    Console.WriteLine("card(Ensble2)="+Ensble2.Card+" ; ");
}
```

Test d'utilisation de différents type d'éléments dans l'ensemble.

```

EnsCar=Ensble1+Ensble2;
EnsCar.OnEnlever += new EventHandler(EnsbleOnEnlever);
Console.WriteLine("card(EnsCar)=" + EnsCar.Card + " ; ");
Console.WriteLine();

// Affichage du Contenu de l'ensemble avec for :
Console.WriteLine( "Contenu de l'ensemble EnsCar :" );
Console.WriteLine( "===== for =====" );
for(int i=0; i<EnsCar.Card; i++)
    Console.WriteLine(" " + EnsCar[i] );

// Affichage du Contenu de l'ensemble avec foreach :
Console.WriteLine( "===== foreach =====" );
foreach(object elt in EnsCar)
    Console.WriteLine(" " + elt );

// Affichage du type d'élément de l'ensemble
Console.WriteLine("type d'élément de l'ensemble : " + EnsCar.TypeElement);
}

private static void ChargerEnsInt( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
    //-- chargement par ajout élément par élément :
    E1.Add(45);
    E1.Add(-122);
    E1.Add(666);
    E1.Add(45);
    E1.Add(-9002211187785);
    E1.Add(12);

    //-- chargement par ajout d'un tableau d'entiers :
    int[ ] table=new int[ ] { 125,126,127 };
    E2 = new setOfObject(table); ←
}

private static void ChargerEnsChar( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
    //-- chargement par ajout élément par élément :
    E1.Add('a');
    E1.Add('b');
    E1.Add('c');
    E1.Add('d');
    E1.Add('e');

    //-- chargement par string :
    E2 = new setOfObject("xyztu#"); ←
}

private static void ChargerEnsTChar( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
    //-- chargement par ajout élément par élément :
    E1.Add('a');
    E1.Add('b');
    E1.Add('c');
    E1.Add('d');
    E1.Add('e');

    //-- chargement par tableau de char :
    char[ ] table = new char [ ] { 'x','y','z','t','u','#'};
    E2=new setOfObject(table); ←
}

private static void ChargerEnsArrayList( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
    //-- chargement par ajout élément par élément :
    E1.Add("un");
    E1.Add("deux");
}

```

**Appel au constructeur :**

**public setOfObject(Array t)**

**Appel au constructeur :**

**public setOfObject(string s)**

**Appel au constructeur :**

**public setOfObject(Array t)**

```

E1.Add("trois");
E1.Add("quatre");
E1.Add("cinq");
//-- chargement par ArrayList de string :
ArrayList t = new ArrayList();
t.Add("six");
t.Add("sept");
t.Add("fin.");
E2=new setOfObject(t);
}

```

**Appel au constructeur :**  
**public** setOfObject(ArrayList t) :**this**(t.ToArray())

**qui appelle lui-même :**  
**public** setOfObject(object[ ] t)

```

private static void ChargerEnsArrayString( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
//-- chargement par ajout élément par élément :
E1.Add("rat");
E1.Add("chien");
E1.Add("chat");
E1.Add("vache");
//-- chargement par tableau de string :
string[ ] table = new string[3];
table[0] ="voiture";
table[1] ="bus";
table[2] ="fin.";
E2=new setOfObject(table);
}
//--un type énuméré
enum Jours { Dimanche, Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi, Vendredi, Samedi }

```

**Appel au constructeur :**  
**public** setOfObject(object[ ] t)

```

private static void ChargerJours( setOfObject E1,out setOfObject E2) {
//-- chargement par ajout élément par élément :
E1.Add(Jours.Vendredi);
E1.Add(Jours.Samedi);
E1.Add(Jours.Dimanche);
//-- chargement par tableau de TypePerso :
Jours[ ]table = new Jours[4];
table[0]=Jours.Lundi;
table[1]=Jours.Mardi;
table[2]=Jours.Mercredi;
table[3]=Jours.Jeudi;
E2=new setOfObject(table);
}

```

**Appel au constructeur :**  
**public** setOfObject(Array t)

```

[STAThread]
public static void Main() {
Console.WriteLine("----- 1 -----");
version(1);
Console.WriteLine("----- 2 -----");
version(2);
Console.WriteLine("----- 3 -----");
version(3);
Console.WriteLine("----- 4 -----");
version(4);
Console.WriteLine("----- 5 -----");
version(5);
Console.WriteLine("----- 6 -----");
version(6);
}
}

```

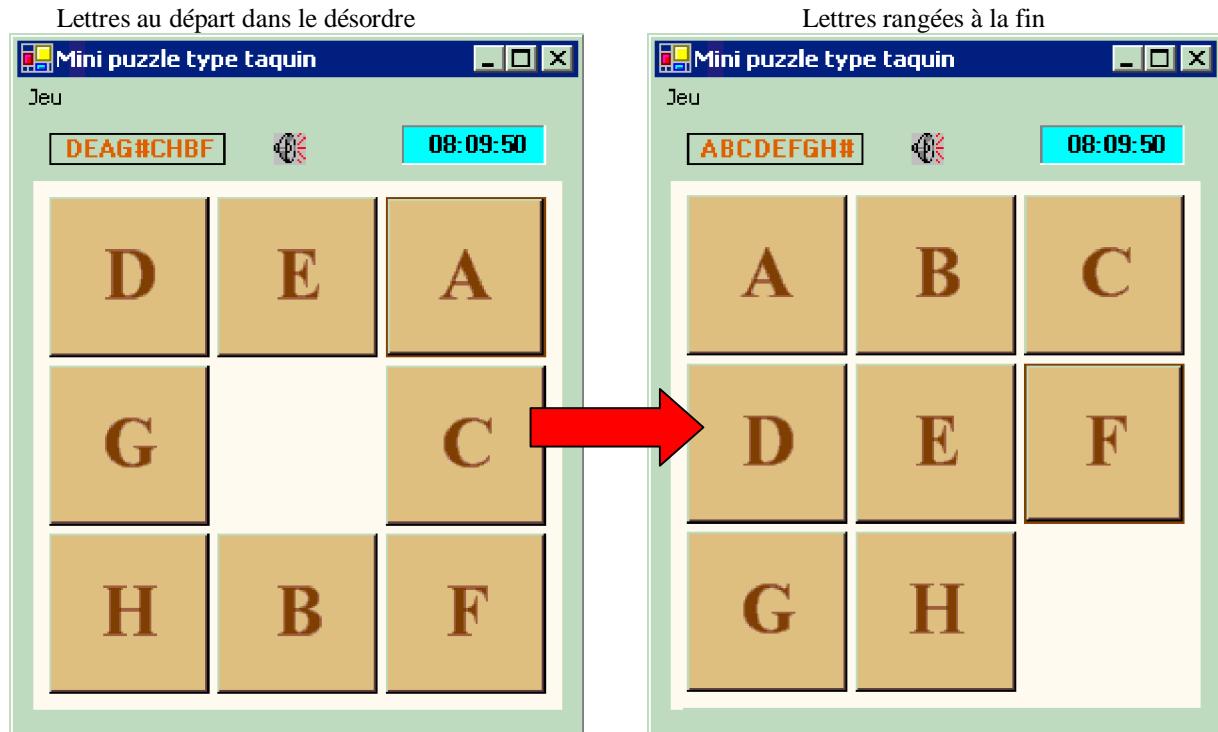
Exécutez le programme et observez le type de l'ensemble dans chaque cas.

## Classes, objet et IHM

### Construction d'un jeu : puzzle genre "taquin"

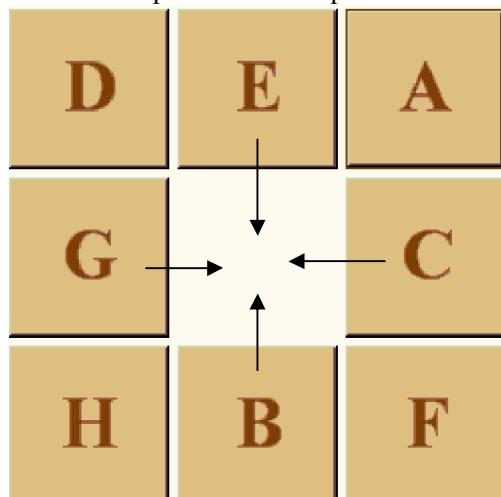
---

Soit à construire une interface de jeu du taquin permettant de ranger par ordre alphabétique, des lettres disposées dans n'importe quel ordre sur un damier 3 x 3 :

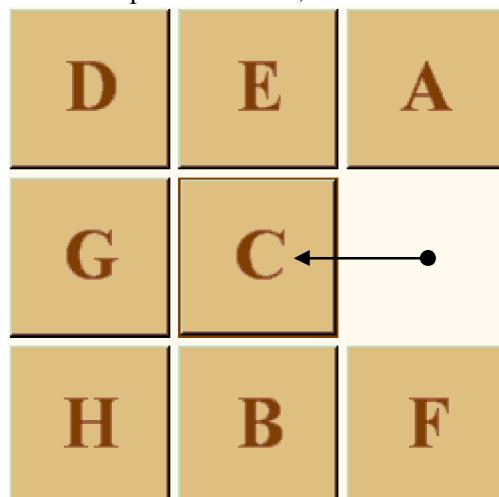


Sur les 9 cases une seule est disponible, le jeu consiste à ne déplacer qu'une seule lettre à la fois et uniquement dans la case restée libre. Par exemple dans la configuration de départ ci-haut seules les lettres G, E, C, B peuvent être déplacées vers la case centrale restée libre.

4 choix de déplacements sont possibles :

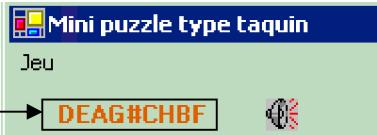
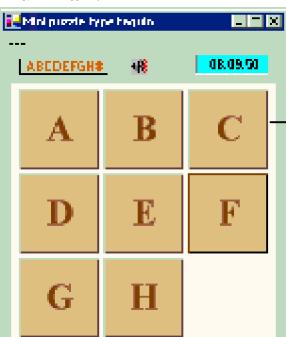
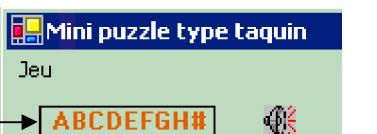


si l'on déplace la lettre C, on obtient :



L'interface à construire en C# doit permettre à un utilisateur de jouer au taquin dans les conditions de contraintes du jeu, il utilisera la souris pour cliquer sur une lettre afin de la déplacer vers la case libre (le programme doit gérer la possibilité pour une case d'être déplacée ou non et doit tester à chaque déplacement si le joueur a gagné ou non).

L'IHM affichera la liste des lettres lue depuis le coin supérieur gauche jusqu'au coin inférieur droit du tableau (la case libre sera représentée par un #)

	
	
<i>etc ...</i>	
<i>Au final :</i> 	

Lorsque le joueur a trouvé la bonne combinaison et rangé les lettres dans le bon ordre, prévoir de lui envoyer une fenêtre de dialogue de félicitation et un menu lui permettant de rejouer ou de quitter le jeu:



```

using System;
using System.Drawing;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Windows.Forms;
using System.Data;
using System.Runtime.InteropServices;

```

```

namespace WinAppliPuzzle
{
/// <summary>
/// Description résumée de Form1.
/// </summary>
public class Form1 : System.Windows.Forms.Form {
private System.Windows.Forms.MainMenu mainMenu1;
private System.Windows.Forms.Label labelHorloge;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItemJeu;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItemSon;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItemRelancer;
private System.Windows.Forms.MenuItem menuItemQuitter;
private System.Windows.Forms.Timer timerTemps;

private System.ComponentModel.IContainer components;
private const String correct="ABCDEFGH#";
private String modele=correct;
private int trou=9;
private Point Ptrou=new Point(176,176);
private System.Windows.Forms.PictureBox pictureBoxSon;
private System.Windows.Forms.Label labelModele;
private System.Windows.Forms.Button buttonA;
private System.Windows.Forms.Button buttonB;
private System.Windows.Forms.Button buttonC;
private System.Windows.Forms.Button buttonF;
private System.Windows.Forms.Button buttonE;
private System.Windows.Forms.Button buttonD;
private System.Windows.Forms.Button buttonH;
private System.Windows.Forms.Button buttonG;
private System.Windows.Forms.Panel panelFond;
private bool Sonok=false;

```

```

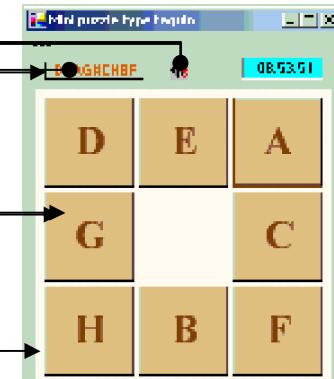
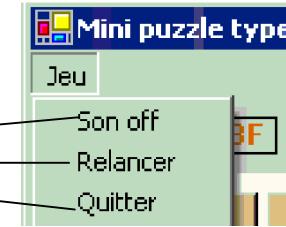
private int TestDeplace(int num) {
switch (num) {
case 1:if(trou==2 | trou==4) return trou; break;
case 2:if(trou==1 | trou==3 | trou==5) return trou; break;
case 3:if(trou==2 | trou==6) return trou; break;
case 4:if(trou==1 | trou==5 | trou==7) return trou; break;
case 5:if(trou==2 | trou==4 | trou==6 | trou==8) return trou; break;
case 6:if(trou==3 | trou==5 | trou==9) return trou; break;
case 7:if(trou==4 | trou==8) return trou; break;
case 8:if(trou==5 | trou==7 | trou==9) return trou; break;
case 9:if(trou==6 | trou==8) return trou; break;
}
return -1;
}

```

```

[DllImport("user32.dll", EntryPoint="MessageBeep")]
public static extern bool MessageBeep(uint uType);

```



Un exemple d'utilisation de fonction non CLS compatible et dépendant de la plateforme Win32. (envoyer un son sur le haut-parleur du PC).

```

private void DeplaceVers(Button source, int but) {
    int T,L;
    if(but>0) {
        T = source.Location.Y;
        L = source.Location.X;
        source.Location = Ptrou;
        Ptrou = new Point(L,T);
        if (Sonok)
            MessageBeep(0);
    }
}

private void MajModele(Button source, int but) {
    if(but>0) {
        char[ ] s = modele.ToCharArray();
        s[(int)(source.Tag)-1]='#';
        s[but-1]=(char)(source.Text[0]);
        trou = (int)(source.Tag);
        source.Tag=but;
        modele="";
        for(int i=0; i<s.Length;i++)
            modele += s[i];
    }
}

public void Tirage() {
    buttons_Click(buttonF, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonE, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonB, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonA, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonD, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonG, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonH, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonB, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonE, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonC, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonA, new EventArgs());
    buttons_Click(buttonE, new EventArgs());
}

public Form1() {
    //
    // Requis pour la prise en charge du Concepteur Windows Forms
    //
    InitializeComponent();

    //
    // TODO : ajoutez le code du constructeur après l'appel à InitializeComponent
    //
}

/// <summary>
/// Nettoyage des ressources utilisées.
/// </summary>
protected override void Dispose(bool disposing) {
    if(disposing) {
        if(components != null) {
            components.Dispose();
        }
    }
}

```

Ecrivez une autre redisposition aléatoire des boutons. Ici nous lançons une séquence modifiant l'existant en utilisant les gestionnaires de click de souris comme si l'utilisateur avait cliqué 12 fois sur l'IHM.

```

base.Dispose( disposing );
}

#region Windows Form Designer generated code
///<summary>
/// Méthode requise pour la prise en charge du concepteur - ne modifiez pas
/// le contenu de cette méthode avec l'éditeur de code.
///</summary>
private void InitializeComponent()
{
    this.components = new System.ComponentModel.Container();
    System.Resources.ResourceManager resources = new System.Resources.ResourceManager(typeof(Form1));
    this.mainMenu1 = new System.Windows.Forms.MainMenu();
    this.menuItemjeu = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItemson = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItemrelancer = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.menuItemquitter = new System.Windows.Forms.MenuItem();
    this.panelFond = new System.Windows.Forms.Panel();
    this.buttonH = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonG = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonF = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonE = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonD = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonC = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonB = new System.Windows.Forms.Button();
    this.buttonA = new System.Windows.Forms.Button();
    this.pictureBoxSon = new System.Windows.Forms.PictureBox();
    this.labelModele = new System.Windows.Forms.Label();
    this.timerTemps = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
    this.labelHorloge = new System.Windows.Forms.Label();
    this.panelFond.SuspendLayout();
    this.SuspendLayout();
    //
    // mainMenu1
    //
    this.mainMenu1.MenuItems.AddRange(new System.Windows.Forms.MenuItem[] {
    this.menuItemjeu
    });
    //
    // menuItemjeu
    //
    this.menuItemjeu.Index = 0;
    this.menuItemjeu.MenuItems.AddRange(new System.Windows.Forms.MenuItem[] {
    this.menuItemson,
    this.menuItemrelancer,
    this.menuItemquitter
    });
    this.menuItemjeu.Text = "Jeu";
    //
    // menuItemson
    //
    this.menuItemson.Index = 0;
    this.menuItemson.Text = "Son off";
    this.menuItemson.Click += new System.EventHandler(this.menuItemson_Click);
    //
    // menuItemrelancer
    //
}

```

```

//  

this.menuItemrelancer.Index = 1;  

this.menuItemrelancer.Text = "Relancer";  

this.menuItemrelancer.Click += new System.EventHandler(this.menuItemrelancer_Click);  

//  

// menuItemquitter  

//  

this.menuItemquitter.Index = 2;  

this.menuItemquitter.Text = "Quitter";  

this.menuItemquitter.Click += new System.EventHandler(this.menuItemquitter_Click);  

//  

// panelFond  

//  

this.panelFond.BackColor = System.Drawing.SystemColors.Info;  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonH);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonG);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonF);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonE);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonD);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonC);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonB);  

this.panelFond.Controls.Add(this.buttonA);  

this.panelFond.ImeMode = System.Windows.Forms.ImeMode.NoControl;  

this.panelFond.Location = new System.Drawing.Point(8, 32);  

this.panelFond.Name = "panelFond";  

this.panelFond.Size = new System.Drawing.Size(264, 264);  

this.panelFond.TabIndex = 0;  

//  

// buttonH  

//  

this.buttonH.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;  

this.buttonH.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,  

    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));  

this.buttonH.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;  

this.buttonH.Location = new System.Drawing.Point(92, 176);  

this.buttonH.Name = "buttonH";  

this.buttonH.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);  

this.buttonH.TabIndex = 16;  

this.buttonH.Tag = 8;  

this.buttonH.Text = "H";  

this.buttonH.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);  

this.buttonH.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);  

//  

// buttonG  

//  

this.buttonG.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;  

this.buttonG.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,  

    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));  

this.buttonG.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;  

this.buttonG.Location = new System.Drawing.Point(8, 176);  

this.buttonG.Name = "buttonG";  

this.buttonG.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);  

this.buttonG.TabIndex = 15;  

this.buttonG.Tag = 7;  

this.buttonG.Text = "G";  

this.buttonG.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);  

this.buttonG.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);  

//  

// buttonF  

//

```

```

this.buttonF.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonF.Cursor = System.Windows.Forms.Cursors.Default;
this.buttonF.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
                                         System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonF.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonF.Location = new System.Drawing.Point(176, 92);
this.buttonF.Name = "buttonF";
this.buttonF.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonF.TabIndex = 14;
this.buttonF.Tag = 6;
this.buttonF.Text = "F";
this.buttonF.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonF.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
//
// buttonE
//
this.buttonE.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonE.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
                                         System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonE.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonE.Location = new System.Drawing.Point(92, 92);
this.buttonE.Name = "buttonE";
this.buttonE.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonE.TabIndex = 13;
this.buttonE.Tag = 5;
this.buttonE.Text = "E";
this.buttonE.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonE.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
//
// buttonD
//
this.buttonD.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonD.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
                                         System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonD.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonD.Location = new System.Drawing.Point(8, 92);
this.buttonD.Name = "buttonD";
this.buttonD.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonD.TabIndex = 12;
this.buttonD.Tag = 4;
this.buttonD.Text = "D";
this.buttonD.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonD.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
//
// buttonC
//
this.buttonC.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonC.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
                                         System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonC.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonC.Location = new System.Drawing.Point(176, 8);
this.buttonC.Name = "buttonC";
this.buttonC.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonC.TabIndex = 11;
this.buttonC.Tag = 3;
this.buttonC.Text = "C";
this.buttonC.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonC.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
//
// buttonB

```

```

// 
this.buttonB.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonB.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonB.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonB.Location = new System.Drawing.Point(92, 8);
this.buttonB.Name = "buttonB";
this.buttonB.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonB.TabIndex = 10;
this.buttonB.Tag = 2;
this.buttonB.Text = "B";
this.buttonB.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonB.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
// 
// buttonA
// 
this.buttonA.BackColor = System.Drawing.Color.Tan;
this.buttonA.Font = new System.Drawing.Font("Times New Roman", 27.75F,
    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.buttonA.ForeColor = System.Drawing.Color.SaddleBrown;
this.buttonA.Location = new System.Drawing.Point(8, 8);
this.buttonA.Name = "buttonA";
this.buttonA.Size = new System.Drawing.Size(80, 80);
this.buttonA.TabIndex = 9;
this.buttonA.Tag = 1;
this.buttonA.Text = "A";
this.buttonA.Click += new System.EventHandler(this.buttons_Click);
this.buttonA.MouseMove += new System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.buttons_MouseMove);
// 
// pictureBoxSon
// 
this.pictureBoxSon.Image = ((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("pictureBoxSon.Image")));
this.pictureBoxSon.Location = new System.Drawing.Point(128, 8);
this.pictureBoxSon.Name = "pictureBoxSon";
this.pictureBoxSon.Size = new System.Drawing.Size(16, 16);
this.pictureBoxSon.SizeMode = System.Windows.Forms.PictureBoxSizeMode.AutoSize;
this.pictureBoxSon.TabIndex = 1;
this.pictureBoxSon.TabStop = false;
// 
// labelModele
// 
this.labelModele.BorderStyle = System.Windows.Forms.BorderStyle.FixedSingle;
this.labelModele.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25F,
    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.labelModele.ForeColor = System.Drawing.Color.Chocolate;
this.labelModele.Location = new System.Drawing.Point(16, 8);
this.labelModele.Name = "labelModele";
this.labelModele.Size = new System.Drawing.Size(88, 16);
this.labelModele.TabIndex = 2;
this.labelModele.Text = "ABCDEFGH#";
this.labelModele.TextAlign = System.Drawing.ContentAlignment.TopCenter;
// 
// timerTemps
// 
this.timerTemps.Enabled = true;
this.timerTemps.Interval = 1000;
this.timerTemps.Tick += new System.EventHandler(this.timer1_Tick);
// 
// labelHorloge
// 

```

```

this.labelHorloge.BackColor = System.Drawing.Color.Aqua;
this.labelHorloge.BorderStyle = System.Windows.Forms.BorderStyle.FixedSingle;
this.labelHorloge.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25F,
    System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
this.labelHorloge.Location = new System.Drawing.Point(192, 4);
this.labelHorloge.Name = "labelHorloge";
this.labelHorloge.Size = new System.Drawing.Size(72, 20);
this.labelHorloge.TabIndex = 4;
this.labelHorloge.Text = "00:00:00";
this.labelHorloge.TextAlign = System.Drawing.ContentAlignment.MiddleCenter;
//
// Form1
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(5, 13);
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(280, 305);
this.Controls.Add(this.labelHorloge);
this.Controls.Add(this.labelModele);
this.Controls.Add(this.pictureBoxSon);
this.Controls.Add(this.panelFond);
this.Menu = this.mainMenu1;
this.Name = "Form1";
this.Text = "Mini puzzle type taquin";
this.Load += new System.EventHandler(this.Form1_Load);
this.panelFond.ResumeLayout(false);
this.ResumeLayout(false);
}
#endif

```

/// <summary>  
/// Point d'entrée principal de l'application.  
/// </summary>

```
[STAThread]
static void Main() {
    Application.Run(new Form1());
}
```

**Gestionnaire centralisé du click de souris sur les 8 boutons représentant les lettres dans le tableau.**

```
private void buttons_Click(object sender, EventArgs e) {
    int but = TestDeplace((int)((sender as Button).Tag));
    DeplaceVers((sender as Button), but);
    MajModele((sender as Button), but);
    labelModele.Text = modele;
    if(modele.CompareTo(correct)==0)
        MessageBox.Show("Bravo vous avez trouvé !", "Information",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
}
```

```
private void timer1_Tick(object sender, System.EventArgs e) {
    DateTime dt = DateTime.Now;
    labelHorloge.Text=dt.ToString("T");
}
```

**Gestionnaire centralisé du Move de souris sur les 8 boutons représentant les lettres dans le tableau.**

```
private void buttons_MouseMove(object sender, System.Windows.Forms.MouseEventArgs e) {
    if(TestDeplace((int)((sender as Button).Tag))>0)
        (sender as Button).Cursor = System.Windows.Forms.Cursors.Hand;
    else
        (sender as Button).Cursor = System.Windows.Forms.Cursors.No;
}
```

//-- les gestionnaires des click dans le menu :

```

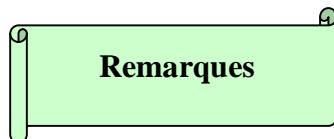
private void menuItemSon_Click(object sender, System.EventArgs e) {
    Console.WriteLine(menuItemSon.Text);
    if(menuItemSon.Text.IndexOf("off")>0) {
        menuItemSon.Text = "Son on";
        Sonok = false;
        pictureBoxSon.Visible = false;
    }
    else {
        menuItemSon.Text = "Son off";
        Sonok = true;
        pictureBoxSon.Visible = true;
    }
}

private void menuItemRelancer_Click(object sender, System.EventArgs e) {
    Tirage();
}

private void menuItemQuitter_Click(object sender, System.EventArgs e) {
    Close();
}

private void Form1_Load(object sender, System.EventArgs e) {
    Tirage();
    Sonok = true;
}
}

```



Nous avons utilisé la classe **System.Windows.Forms.Timer** afin d'afficher l'heure système dans le jeu :

```

System.Object
|__ System.MarshalByRefObject
    |__ System.ComponentModel.Component
        |__ System.Windows.Forms.Timer

```

Cette classe très semblable à la classe TTimer de Delphi, implémente une minuterie déclenchant un événement **Tick** (événement OnTimer en Delphi) selon un intervalle défini par l'utilisateur (préconisation Microsoft : un Timer doit être utilisé dans une fenêtre). Ci-dessous le gestionnaire de l'événement **Tick** :

```

private void timer1_Tick(object sender, System.EventArgs e) {
    DateTime dt = DateTime.Now; // Récupère la date du jour (sous
    labelHorloge.Text=dt.ToString("T"); // la forme d'un entier)
}

System.Object
|__ System.ValueType
    |__ System.DateTime
        |__ Converti l'entier au format :
            |__ Hh : mm : ss

```

Les valeurs de date de type **DateTime** sont mesurées en unités de 100 nanosecondes et exprimées sous forme d'un entier long.

Remarque concernant l'instruction chargeant une image :

```
this.pictureBoxSon.Image = ((System.Drawing.Image)resources.GetObject("pictureBoxSon.Image"));
```

L'image utilisée sous le nom "**pictureBoxSon.Image**" doit figurer dans un fichier de ressource (ou y être ajoutée) suivant la manière dont le projet est construit (projet vide, application windows ...). L'instruction précédente permet alors l'accès à l'image "**pictureBoxSon.Image**" par l'accès au fichier de ressource.