Secteur Tertiaire Informatique
Filière « Etude et développement »

Ecrire un algorithme

Introduction à l'algorithmique

Apprentissage

Mise en situation

Evaluation

Sommaire

Préambule

Ce document vous permet de **découvrir** les bases de l'algorithmique. Il représente un point de départ pour débuter votre apprentissage de la programmation.

Objectifs

A l'issue de la lecture de document, vous saurez mettre en œuvre les solutions de problèmes informatiques exprimés en algorithmie et manipulant les concepts suivants :

- La notion de **variable**.
- Les **structures de contrôle**.
- Les **structures itératives**.
- Les **tableaux**.
- Les **procédures** et **fonctions**.

Méthodologie

A l'issue de l'apprentissage des bases de l'algorithme, vous réaliserez les exercices de mise en applications dans le langage algorithmique, puis coderez ces solutions dans le langage de votre choix en utilisant votre EDI habituel.

1. Généralités sur l'algorithmique

1.1 Introduction

Vous voilà face à votre client et à son problème. La **première étape** consiste à vous mettre d'accord avec ce client sur le travail à fournir. Il est notoire qu'une fois le problème bien compris, un pas décisif vers la solution est fait dans la mesure où il existe une solution informatique au problème posé.

- Cette phase est **l'analyse fonctionnelle.**

L'étape suivante consiste à **concevoir** l'application. Cela veut dire **modéliser** l'application, la **décomposer** de manière descendante, et **mettre en place** les moyens qui permettront de trouver une solution au problème posé.

- Cette phase est la **conception préliminaire**.

La phase suivante est celle qui vous intéresse ici : la **conception détaillée**. Il s'agit d'exprimer de manière détaillée comment résoudre les différentes difficultés rencontrées. Pour cela, il existe plusieurs formalismes :

Graphiques : Organigrammes, réseaux de Pétri, Grafcet.

Textuels : **Algorithmes**, recettes, rapports.

Chaque formalisme a ses particularités, et répond bien à un type de problème donné. L'algorithmique s'adapte bien aux problèmes informatiques étudiés par analyse descendante. Son formalisme a été repris dans un grand nombre de langages structurés comme le C, le Pascal, l'Ada...

L'algorithme va permettre d'exprimer comment résoudre les problèmes, en se centrant sur la nature du travail, c'est à dire sans soucis des spécificités dues à la machine ou au langage de programmation.

L'algorithmique peut se définir suivant quatre axes :

1. La **définition** des objets que l'on va manipuler.
2. L'**utilisation** des objets définis (les actions).
3. La **présentation** des algorithmes (les commentaires et l'indentation).
4. L'**esprit** dans lequel les algorithmes sont construits.

Ce document aborde les problèmes de formalisme, et montre la manière de définir des objets et de les manipuler. Il vous montre aussi comment rendre compréhensible un programme en mettant des commentaires **utiles,** c'est à dire judicieusement choisis aux endroits critiques.

La présentation d'un algorithme sera vue de manière induite par les différents exemples abordés. L'esprit dans lequel les problèmes d'algorithmique seront abordés fait l'objet principal du module de programmation. Ce point n'est donc pas traité dans le présent document.

L'algorithme terminé, il reste la **phase de codage** à réaliser. La traduction de cet algorithme en un programme se fait de manière quasiment automatique, sauf pour les points faisant appel aux spécificités de la machine ou du langage de programmation utilisé.

Le programmeur a besoin de toute son énergie et de toute sa **concentration** pour passer ces difficultés, ainsi l'algorithme a permis de traiter séparément les problèmes dus à la conception du produit de ceux dus à son implémentation. C'est pourquoi l'algorithmique est une étape nécessaire à la réalisation d'applications d'informatique industrielle.

En observant les **mêmes règles de style** dans la programmation que dans l'algorithme, le programmeur aboutit à une application conviviale et maintenable (c'est à dire compréhensible et modifiable par une tierce personne) à condition que les documents des phases antérieures soient complets et avenants.

1.2 Notions d'objets et d'actions

1.2.1 Les objets

Les **objets** forment l'ensemble des éléments qui sont manipulés dans un algorithme.

Il y a différents types d'objets :

- Les **types**.
- Les **constantes**.
- Les **variables**.
- Les **procédures** et **fonctions**.

1.2.2 Les types

En algorithmique, il est obligatoire de **classer** les objets dans des **familles**. Ces familles s'appellent des **types**. Deux objets de la même famille seront **interchangeables**.

Un **type** est défini par un nom (ou identificateur) et une référence à des types connus (c'est à dire des types prédéfinis dans le langage algorithmique, ou des types construits à partir de ces types). Il est donc possible de **définir des types** par rapport à des types existants.

Un type est caractérisé par :

- L'ensemble des **valeurs** que les objets de ce type peuvent prendre.
- L'ensemble des **actions** que l'on peut faire sur les objets de ce type.

Le rôle d'un type est de permettre de **classer les objets** dans des familles et de permettre ainsi des manipulations uniquement entre objets d'une même famille. Pour employer une image, le type enlève au programmeur la possibilité "d'enfoncer une vis avec un marteau".

1.2.3 Les constantes.

Elles sont définies par un **identificateur**, et par une **valeur**. Le nom représente la manière de faire référence à la valeur. La valeur représente le contenu de notre constante. Cette valeur est invariante.

Une constante a un type, qui est défini par le type de la valeur qui lui est associée.

Le rôle d'une constante est de noter des repères, des dimensions, des références invariantes au cours d'un programme.

1.2.4 Les variables.

Elles sont définies par un **identificateur** pour pouvoir les référencer, par un **type** pour savoir à quelle famille elles appartiennent (donc quelles opérations on peut faire dessus), et un contenu, c'est à dire l'information qu'elles contiennent.

Le rôle de la variable est de stocker les valeurs de certaines informations pour pouvoir les relire, les comparer et les modifier au cours d'un programme.

1.2.5 Les procédures et fonctions.

Ce sont des outils qui seront définis par le programmeur (un marteau par exemple). Puis il définit sur quels types d'objets travaille cet outil (sur des clous pour notre marteau).

Pour les **fonctions**, il donne en plus le type de l'information calculée et renvoyée par la fonction (sinus est une fonction qui, quand nous lui donnons un réel, rend un réel).

Une **procédure** ou une **fonction** est définie par un **identificateur** qui permet de l'appeler, les **types** des **objets** qu'elle va manipuler (les paramètres), les **actions** qu'elle effectue sur les objets et qui lui seront donnés à l'appel de la procédure (bien faire la différence entre " un marteau enfonce des clous " et "j'enfonce ce clou avec le marteau ").

La fonction est, en plus, définie par le **type de la valeur** qu'elle a calculée et qu'elle retourne.

1.2.6 Les actions.

Les **actions** sont toutes les opérations qui pourront être réalisées sur les objets définis dans le programme. Plusieurs catégories d'actions seront distinguées.

- Les actions d'**observation** : elles permettent de comparer deux objets de même type. Sont-ils égaux? L'un est-il plus grand que l'autre ? Cette dernière action ne peut se faire que si le type est ordonné, c'est à dire que l'on peut classer les objets de ce type du plus grand au plus petit.

- Les actions de **modification** : elles donnent une valeur à une variable. Cette valeur peut être celle d'une autre variable, une constante, le résultat de l'appel d'une fonction, ou le résultat d'opérations entre plusieurs de ces objets.

- Les actions **alternatives** : elles permettent d'effectuer des actions (de quelque catégorie que ce soit) suivant certaines conditions.

- Les actions **répétitives** : elles permettent d'**itérer** des actions. C'est la réalisation d'une condition qui permet de mettre fin à cette itération. Notons que si les actions qui sont réalisées dans l'action répétitive ne modifient pas la condition de terminaison, notre algorithme est faux.

- Les actions **complexes** : elles représentent l'appel d'une procédure. C'est donc le déroulement des actions comprises dans la définition d'une procédure.

Bien sûr, ces notions seront développées largement dans le **formalisme de l'algorithmique.**

1.3 Structure générale d'un algorithme

L'algorithme est l'aboutissement d'une analyse, puis d'une **conception descendante**. Il peut être représenté par un graphe arborescent, où chaque case représente soit le programme principal (pour la racine uniquement) soit une procédure, soit une fonction.

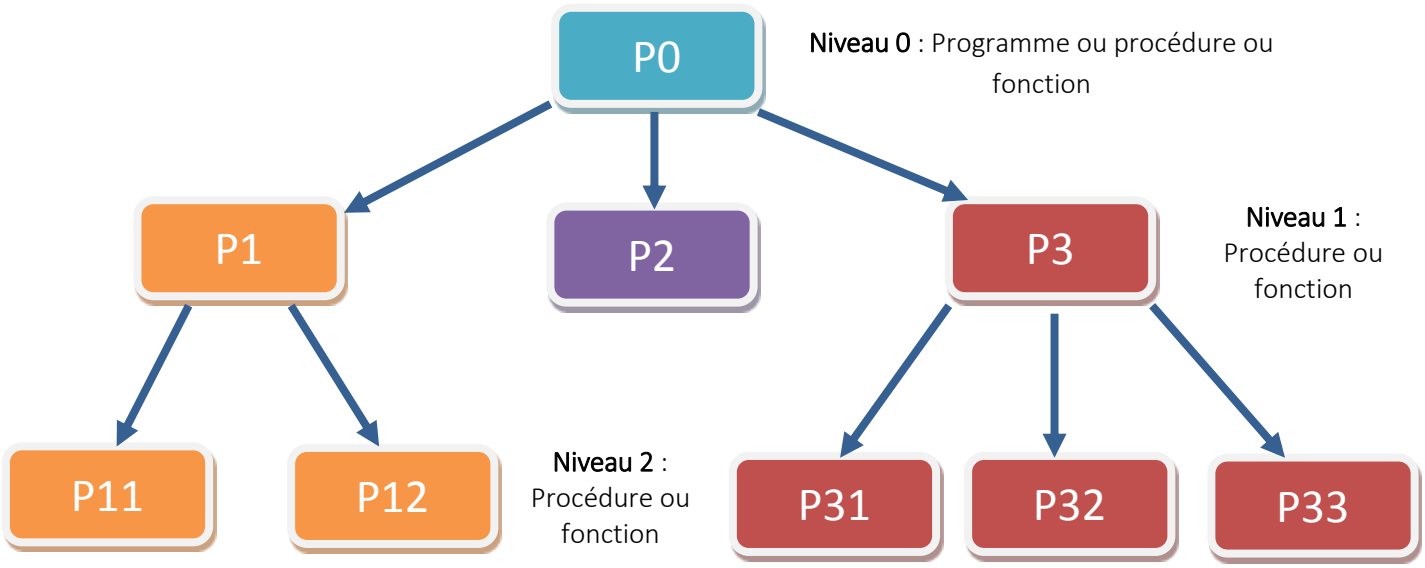


Figure 1 : Arbre d'appels des procédures (ou fonctions).

Voici la structure générale que va avoir un bloc (qu'il soit programme, procédure ou fonction).

```
// Définition des objets du bloc
Interface de bloc     // « Programme » ou « Procédure » ou « Fonction »
// Commentaire sur le rôle du bloc
Constantes            // Définition des constantes du bloc
Types                 // Définitions des types du bloc
Variables             // Définition des variables du bloc
Procédures ...        // Définitions des procédures appelées par le bloc
Fonctions ...         // Définition des fonctions appelées par le bloc
// Définition des actions du bloc
début
   actions            // Actions qui seront effectuées lors de l'activation du bloc
fin
```

Remarque : la notation // bla-bla désigne les **commentaires** présents dans l'algorithme.

Voici le résultat de cette structure de bloc appliquée à l'arbre qui a été défini précédemment:

P0

Programme ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...

P1

Procédure ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...

P11

Procédure ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou fonction ici
début
    actions de P11
fin

P12

Procédure ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou fonction ici
début
    actions de P12
fin

début
actions de P1
fin

```
                                    P2

Procédure ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou de fonction ici
début
    actions de P2
fin
```

```
                                    P3

Procédure ...
Constantes ...
Types ...
Variables ...
```

```
                                    P31

Procédure
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou fonction ici
début
    actions de P31
fin
```

```
                                    P32

Procédure
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou fonction ici
début
    actions de P32
fin
```

```
                                    P33

Procédure
Constantes ...
Types ...
Variables ...
// Il n'y a pas de procédure ou fonction ici
début
    actions de P33
fin
```

```
début
actions de P3
fin
```

```
début
    actions de P0
fin
```

Cette manière de faire est très fidèle à l'esprit de conception qui a été défini, mais induit une difficulté de relecture des algorithmes pour savoir quelles actions se rapportent à quelles définitions, car les actions peuvent être séparées de leur définition (C.F. les définitions des procédures P1 et P3).

D'autre part, ceci ne respecte pas l'approche descendante des problèmes. En effet, il faut d'abord complètement décrire le problème de plus haut niveau puis décrire les problèmes de niveau suivant et ainsi de suite.

Il sera ultérieurement étudié comment garder le principe de l'arborescence, tout en décrivant chaque bloc de manière monolithique.

Un **bloc** est une **boîte étanche**; un **objet défini** dans un **bloc** n'est pas connu dans les blocs extérieurs à ce bloc. Mais il est connu dans le bloc et dans tous les blocs contenus dans ce bloc.

Les règles détaillées sont précisées dans ce document.

2. Le langage algorithmique

2.1 Les éléments du langage algorithmique

Les **différents mots** du langage algorithmique sont définis ci-après. Il s'agit des éléments de base du langage à partir desquels seront construits les algorithmes.

➢ Caractères utilisés

Les majuscules	A ... Z
Les minuscules	a ... z
Les chiffres	0 ... 9
Les signes	_ = < > ' () [ ] * + - / , : . Espace

Aucune distinction entre les majuscules et les minuscules n'est faite.

➢ Mots réservés et symboles

Les mots réservés sont les **mots prédéfinis** du langage algorithmique. Ces mots ne pourront pas être employés pour définir d'autres objets du langage (par exemple des variables).

alors	autrecas	booléen	caractère
choix	constantes	créer	de
début	détruire	div	écrire
enregistrement	entier	entrée	et
faire	faux	fermer	fichier
fin	finchoix	finenregistrement	finfichier
finsi	fintantque	fonction	indexé
jusquà	lire	mod	non
null	ou	ouvrir	pointeur
positionner	procédure	programme	quelconque
réel	répéter	retourner	si
sinon	sortie	sur	tableau
tantque	types	variables	vrai
:=	<>	>=	<=
//	->		

Les symboles prédéfinis sont des compositions de signes qui ont un sens particulier dans le langage algorithmique.

➢ Identificateurs

Les identificateurs sont les **noms** qui seront donnés aux différents objets déclarés dans un algorithme.

Comment sont-ils définis ?

- C'est une suite de chiffres, de lettres (minuscules ou majuscules) et de soulignés, de longueur quelconque, **commençant forcément par une lettre**.

Exemples:

Ad98

nb5667kjl_dif

WXCXCXC

r4567

g_t_s

- On ne fait pas la distinction entre les majuscules et les minuscules.

  Exemple :

  table_mesure, Table_Mesure, TABLE_mesure représentent le même identificateur.

- Les identificateurs sont **discriminants** sur l'ensemble des caractères les formant.

  Exemple :

  table_des_mesures_hautes et table_des_mesures_haute sont deux identificateurs différents.

- Les identificateurs sont différents des **mots réservés** du langage algorithmique.

  Exemple :

  fin ne représente jamais autre chose que la fin d'un programme ou d'une procédure (ou fonction).

➢ Commentaires

Un commentaire dans un algorithme commence par 2 barres inclinées (//).

Ce qu'il y a dans un commentaire ne change rien au déroulement de notre algorithme. Par contre, les commentaires seront **précieux** pour exprimer le rôle de chaque objet défini dans notre algorithme, et pour expliquer le sens général de nos traitements.

Les commentaires se placent entre deux mots quelconques du langage algorithmique, ou en fin de ligne, ou sur une ligne. Un commentaire n'est jamais placé sur plusieurs lignes.

Une étude sur la qualité des algorithmes dit qu'un algorithme doit comporter au minimum 50% de commentaires utiles.

Un commentaire utile est un commentaire qui apporte **une réelle information** sur la nature d'un objet ou d'un traitement; les commentaires ne doivent pas paraphraser le code, mais apporter des éclaircissements sur celui-ci.

2.2 Le type des données et leurs opérateurs

La définition d'un **type de données** permet de définir une famille d'objets qui prendront tous leurs valeurs dans le même domaine, qui auront les mêmes propriétés, et qui auront le même comportement quand ils seront utilisés.

Ainsi, quand une variable est définie comme un entier, il est sous-entendu qu'elle a les valeurs des entiers signés, et qu'elle respecte les **propriétés** et les **opérations** des entiers.

Exemple :

```
nombre : entier   // Définition d'un entier
nombre + 12       // nombre peut être utilisé comme un entier
```

Deux objets qui sont du même type seront **interchangeables** du point de vue syntaxique. Tout ce qui peut être fait à l'un, peut être fait à l'autre. Par contre, cela n'a pas toujours de sens du point de vue de la sémantique.

➢ Les entiers

Les entiers ne seront pas limités par leur taille. Les constantes entières seront toujours exprimées en base 10.

Exemple :

856, 98877665567786543, 12 sont des entiers.

Les opérateurs possibles sur les entiers sont les suivants :

- Les **opérateurs de comparaison** : =, >, <, >=, <=, <>
- Les **opérateurs de calcul** : +, -, *, **div**, **mod**

Les opérateurs de comparaison ont pour opérandes deux entiers et donnent un **résultat booléen**. L'opérateur **<>** est l'opérateur 'différent', les autres opérateurs ayant leur signification habituelle.

Les opérateurs de calcul ont pour opérandes deux entiers et donnent un résultat entier. L'opérateur **div** est la division entière, l'opérateur **mod** est le reste de la division entière, les autres opérateurs ayant leur signification habituelle.

Exemples :

7 **div** 3 = 2

7 **mod** 3 = 1

L'ordre de priorité des opérateurs de calcul est l'ordre habituel d'évaluation des opérateurs, à savoir que *, **mod**, **div** sont plus prioritaire que + et -.

Exemple :

2 + 3 * 4 = 14

Si l'ordre d'évaluation de l'expression doit être forcé, il faut parenthéser les expressions.

Exemple :

(2 + 3) * 4 = 20

Quand on mélange les opérateurs de calcul et les opérateurs de comparaison, il est vivement conseillé de **parenthéser vos expressions**.

Exemples :

```
2 * 3 <= 4 + 1        // est une horreur
(2 * 3) <= (4 + 1)    // est tellement plus lisible...
```

➢ Les caractères

Ils servent principalement à **interfacer** des périphériques. Ils seront représentés entre des **apostrophes**.

Exemple :

'a' et 'B' sont deux caractères.

Tous les caractères imprimables de la table **ASCII** pourront être représentés. Il est à noter que les caractères 'a' et 'A' sont deux caractères différents.

Le caractère '2' qui est un chiffre, et le nombre 2 qui est un entier seront bien sûr différenciés. Quant à la variable A et le caractère 'A', ils n'ont rien à voir.

Les seules opérations permises sur les caractères sont les opérations de comparaison et d'affectation. Les opérateurs permis sont les suivants : **<, >, =, >=, <=, <>.**

L'ensemble des caractères est un **ensemble ordonné** correspondant à celui de la table ASCII.

Exemple :

'A' < 'a'

➢ Les booléens

Les booléens servent à exprimer un **état binaire** : partout où une information n'a que deux états possibles, un booléen est utilisé. Les opérateurs de comparaison délivrent des résultats booléens, car ils n'ont que deux états : soit la condition est remplie, soit la condition n'est pas remplie.

Les deux valeurs possibles pour les booléens sont **vrai** et **faux**.

Les opérations possibles sur les booléens sont les opérations de comparaison et les opérations logiques les plus élémentaires.

- Les opérations de comparaison : **< > = <> >= <=**.
- Il est à noter que **vrai** > **faux**.
- Les opérations logiques **et ou non**.

Nota : ici aussi il y a un ordre de priorité d'exécution des opérateurs.

- **non** (opérateur unaire) est le plus prioritaire.
- **et**
- **ou**
- **<, >, =, <>, <=, >=** sont les moins prioritaires.

Bien sûr les **expressions booléennes complexes** seront parenthésées, pour fournir une bonne compréhension de notre expression.

Note **:** Les deux précisions qui suivent ne seront lues que quand les instructions auront été comprises.

1) Le résultat d'une comparaison quelconque est un booléen (c'est à dire que le résultat de la comparaison est soit vrai soit faux). Prenez l'exemple suivant :

```
...
i : entier              // i est un entier quelconque
bool : booléen          // bool est un booléen vrai quand i est plus grand que cinq
...
Si   (i > 5) Alors
    bool := vrai
Sinon
    bool := faux
Finsi
```

Ceci peut, en conséquence, s'écrire de manière plus concise :

```
bool := (i > 5)
```

Le seul critère de choix entre les deux formulations est celui de la **lisibilité**. Cette lisibilité est fortement liée à la pratique que l'on a de la programmation. La première formulation semble plus compréhensible pour un débutant, tandis que la deuxième est plus concise pour un programmeur chevronné.

2) Le **et** et le **ou** algorithmiques ne sont pas le et et le ou logiques habituels. En effet, ils ne sont pas commutatifs. Les opérateurs logiques algorithmiques doivent être compris comme « **et-alors »** et « **ou-sinon »**. Le fonctionnement de chaque opérateur sera détaillé, puis il sera mis en évidence l'intérêt d'opérateurs non commutatif sur un exemple.

Exemples :

a **et** b

- si a est **faux** : la condition est **fausse**, sans évaluer b (notez que b pourrait dans ce cas ne pas avoir de valeur, ne pas être calculable!).
- si a est **vrai**, le résultat de l'expression est b (qui sera alors évalué, et qui doit donc être calculable).

a **ou** b

- si a est **vrai,** la condition est vraie, sans évaluer b (qui pourrait ici aussi ne pas être calculable).
- Si a est **faux**, le résultat de l'expression est b (qui sera alors évalué, et qui doit donc être calculable).

Cette manière d'interpréter le **et** et le **ou** donne aux deux opérandes un rôle qui n'est pas commutatif. Prenons un exemple plus parlant:

```
Si   (i <> 0) et ((3 div i) >= 1) Alors ...
```

Comme notre **et** n'est pas commutatif, on vérifiera d'abord que i est non nul, et seulement si il n'est pas nul, la division par i sera faite. Si l'opérateur **et** avait été commutatif, il ne serait pas possible d'écrire ceci de cette façon.

Il est à noter que le jour où le programmeur transcrit un algorithme dans un langage de programmation, il est extrêmement important de vérifier si le langage supporte ou non un tel **et** et **ou** non commutatifs.

➢ Les réels

Les **réels** permettent de représenter des **valeurs décimales**, sans limitation d'écriture, mais sans la forme exponentielle.

Exemples :

238.45 425.0 32.47 sont des réels.

Mais 425 est un entier...

Il y a deux sortes d'opérateurs sur les réels, les opérateurs de **comparaison** et les opérateurs de **calcul**.

- Les opérateurs de comparaison sont : **=, >, <, <>, >=, <=** . Le résultat de la comparaison est un **booléen**.
- Les opérateurs de calcul sont **+ - * /**. La division est l'opérateur /. Les opérateurs de calcul ont la priorité habituelle des opérateurs.

On pourra faire un calcul entre un entier et un réel, avec les opérateurs des réels, mais le résultat sera uniquement un **réel**.

➢ Les tableaux

Voici l'exemple d'un tableau de caractères, communément appelé **chaîne de caractères**. Par la suite, l'exemple sera généralisé à tous les types de tableaux.

Les chaînes de caractères

Une chaîne de caractères est un **tableau** où chaque case contient un caractère. Chaque case est numérotée de 1 jusqu'à la taille du tableau.

'S'	'A'	'L'	'U'	'T'		
1	2	3	4	5	...	n

Déclaration du tableau :

```
constante n = 80    // taille du tableau
type chaîne = tableau [ n ] caractères // type des tableaux de caractères traités
variable
texte : chaîne       // chaîne contenant le texte
cible : caractère    // caractère pour le travail demandé
i : entier           // indice de parcours de texte
```

- Mettre le ième caractère du tableau dans la cible ?

```
cible := texte [ i ]
```

- Mettre la cible dans le ième et le i+1ème caractères de texte ?

```
texte [ i ] := cible
texte [ i + 1 ] := cible
```

ou

```
texte [ i ] := cible
i := i + 1
texte [ i ] := cible
```

- Regarder un élément du tableau texte ?

```
si texte [ i ] = cible alors .....
si texte [ i ] = texte [ i + 1 ]  alors .....
```

Généralisation à tous les tableaux.

Tous ce qui a été vu précédemment est valable pour des tableaux d'entiers, des tableaux de booléen, des tableaux de réels.

Plus généralement, si t est un type défini dans un programme ou une procédure, le programmeur pourra définir un tableau de t.

Exemple :

```
types   tabent = tableau [ 10 ] de entier

        matrice = tableau [ 10 ] de tabent
```

Le type *matrice* est défini comme un tableau de tableau d'entiers. Ceci permet de définir des tableaux à plusieurs dimensions.

- Comment affecter un élément d'un tel tableau ?

```
...
variables  i : entier
           j : entier
           matcarrée : matrice
     ...
     matcarrée [ i ] [ j ] := 2     // matcarrée est de type matrice
                                    // matcarrée [ i ] est de type tabent
                                    // matcarrée [ i ] [ j ] est de type entier
```

On pourra aussi prendre la notation matcarrée[i, j] qui a exactement la même signification.

Les types énumérés

Le formalisme doit permettre de garder des informations qui caractérisent des objets, sans les dimensionner. Par exemple une couleur, un état (arrêt, marche, panne). Il serait souhaitable de garder ces informations sous la forme la plus proche de celle employée couramment, afin que le programme soit le plus **compréhensible possible** à la relecture.

Pour représenter cette énumération de caractéristiques possibles, voici la définition d'un **type énuméré**:

```
...
types état_moteur = (arrêt, marche, panne)
...
variables état_alternateur : état_moteur
...
état_alternateur := marche
...
si état_alternateur = panne alors
...
```

Ce type énuméré possède une autre caractéristique, c'est qu'il est ordonné. Le premier élément cité dans la liste de l'énumération est le plus petit, le dernier est le plus grand.

En fait, vous avez déjà traité un type énuméré ordonné, sans le savoir : c'est le type booléen (**faux**, **vrai**). Voici un autre exemple :

```
...
types gabarit = (petit, moyen, grand)
...
variables taille : gabarit
...
taille := moyen
...
si   taille > petit   alors
...
```

Il est conseillé d'utiliser des types énumérés chaque fois que c'est possible, cela aide énormément à la relecture des programmes, et cela évite des erreurs de codage d'informations.

Les opérateurs sur les types énumérés sont les opérateurs de comparaison > < = >= <= <>

2.3 Les enregistrements

On désire conserver des informations sur une personne, concernant son nom et son âge, ces données représentant la personne.

Il est possible de gérer une chaîne de caractères pour le nom et un entier pour l'âge.

L'information est composée de deux **champs**, un champ *nom* et un champ *âge*.

2.4 Les pointeurs

Jusqu'à maintenant les objets déclarés étaient :

1. **Statiques** dans le cas d'un programme : Les objets sont définis une fois pour toutes à l'appel du programme et leur durée de vie est celle du programme.

2. **Automatiques** dans le cas d'une procédure : Les objets sont définis **à chaque appe**l de la procédure et leur durée de vie **est celle de la procédure**. La procédure ne peut donc pas garder une valeur qu'elle se transmet appel après appel sans passer l'information par le programme qui l'utilise.

Dans ces deux cas, tous les objets utilisés sont définis **avant** la partie instruction en nombre et en taille. Cela ne correspond pas toujours aux besoins rencontrés dans le monde informatique.

Quand une application doit gérer **un nombre d'informations qui est très variable dans le temps**, il peut être dommage de réserver une place de stockage d'information pouvant contenir le nombre maximum d'informations que l'on aura à gérer. D'une part, il est souvent difficile d'estimer ce nombre maximum, d'autre part cette place ne sert pas à grand-chose sauf dans des cas extrêmes.

D'où l'idée de pouvoir manipuler des **variables dynamiques**, que l'on crée quand on en a le besoin, et que l'on libère quand elles ne servent plus. Ainsi, le programmeur s'affranchit des problèmes de nombres maximum de données à traiter, et ne sera, sur la machine, plus limité que par la capacité mémoire virtuelle.

Jusqu'à maintenant les données sont référencées par un identificateur qui est défini avant les instructions qui les utilisent. Il n'est pas possible de définir un identificateur de manière dynamique. Si bien que les données dynamiques ne seront pas repérées par un identificateur mais par un pointeur.

Un **pointeur** est un objet qui permet de référencer un objet créé de **manière dynamique**. Il est défini pour référencer des objets d'un type bien précis. Soit un type élément défini dans l'algorithme, soit un pointeur d'élément, ce pointeur ne pourra référencer des **objets dynamiques** que s'ils sont du type élément.

Un **pointeur** est une variable qui a le type pointeur du type de l'information qu'il représente. Cette variable va pouvoir être initialisée de plusieurs manières :

1. Par **affectation**, il lui sera donné la valeur d'un autre pointeur du même type.

Par affectation, il lui sera donné la valeur **null** qui indique que le pointeur ne référence pas d'information. Attention : un pointeur non initialisé n'a pas la valeur **null**.

2. Par **création**, il lui sera donné comme valeur la référence de l'objet qui vient d'être créé.

Les autres opérations permises sur les pointeurs sont les suivantes:

* **Comparer l'égalité** de deux pointeurs de même type.

* **Regarder** si un pointeur est égal à la valeur **null**.

* **Détruire l'objet dynamique** référencé par un pointeur. Attention cette opération n'est permise que si le pointeur référence effectivement un objet. A l'issue de la destruction de l'objet le pointeur n'a pas de valeur définie : il ne vaut pas **null**.

De ce qui vient d'être énoncé, il est bon de tirer quelques leçons :

* Il ne faut pas essayer d'accéder à un objet dynamique quand la valeur du pointeur est nulle ou non définie.

* La seule manière de référencer un objet dynamique est son **pointeur**. Si la référence à un objet dynamique est perdue (en changeant la valeur du pointeur par exemple) l'algorithme ne pourra plus accéder à l'objet, ni le détruire.

En conclusion : les pointeurs vont faire gagner en souplesse d'utilisation, ôtent le souci des limites, mais par contre ils sont d'un emploi délicat quant à l'écriture des algorithmes.

Regardez maintenant comment utiliser les pointeurs

Comment déclarer une variable de type **pointeur** ?

Soit un type élément quelconque :

```
ref : pointeur de élément     // pointeur sur un objet dynamique
```

Comment créer un objet dynamique ?

```
créer (ref)        // ref référence un objet de type élément
```

Comment utiliser cet **objet dynamique** ?

ref-> est l'objet élément (quel que soit le type élément).

Si élément est un type entier on peut écrire :

```
ref-> := 4

Si ref->=5 alors ....
```

Si élément est un type tableau d'entiers on peut écrire:

```
ref->[4] := 56

tantque ref->[i] = ref->[i+1] faire ...
```

Si élément est un type enregistrement avec deux champs entiers **long** et **large**, on peut écrire :

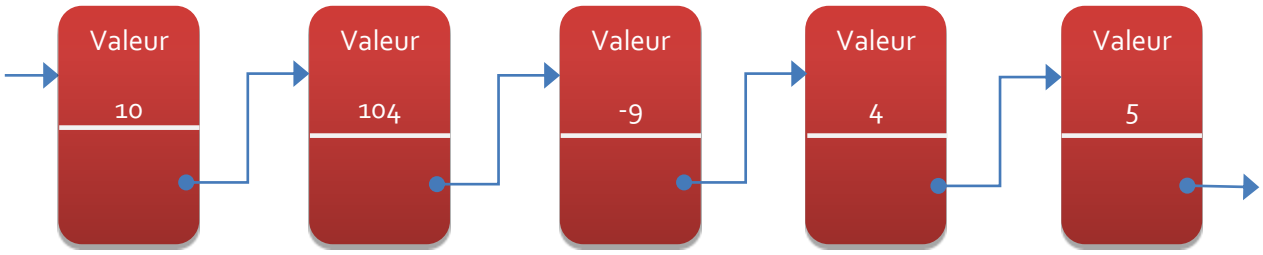
```
ref->.long := 4

si ref->.long = ref->.large alors ...
```

On s'aperçoit vite que l'intérêt de manipuler une donnée dynamique simple est limité car il faut un pointeur par donnée simple, ce qui n'apporte rien.

Dans le cas d'un tableau, il peut être intéressant de le créer à un moment particulier mais sa taille sera fixe car se référant à un type déclaré.

L'utilisation optimale des pointeurs se trouve quand des enregistrements doivent être créés. Mais pas n'importe quel enregistrement. Le besoin est de créer des ensembles dynamiques d'éléments. Par exemple une liste dynamique d'éléments.

Exemple :



Voici comment déclarer un enregistrement permettant cela :

```
types
référence = pointeur de élément      // pointeur sur un élément
info = ...     // information que l'on désire stocker
élément = enregistrement
                valeur : info
                suivant : référence
          finenregistrement
```

Notez que l'élément contient la **référence** à un autre élément (créé ou à créer). Ainsi, chaque fois que l'on crée un élément pour la liste, on possède une référence supplémentaire. Si on connaît le premier élément de la liste, on a la possibilité de **parcourir toute la liste** de proche en proche.

Notez également que le **type référence** est défini par rapport à un type non encore déclaré. C'est le seul cas où on s'autorise à utiliser un objet non défini.

Comment comparer deux pointeurs ?

Soit *p, q* deux pointeurs de type référence.

```
si p = q alors ...
```

La condition ne sera **vraie** que si *p* et *q* pointent le même élément ou si *p* et *q* valent **null**. Si au moins un des deux pointeurs est non défini la condition n'a pas de sens.

```
si p = null alors ...
```

Si *p* a explicitement été initialisé à la valeur **null** alors la condition est vraie. Si *p* référence un objet dynamique alors la condition sera fausse. Si *p* est non défini la condition n'a pas de sens.

Comment détruire un objet dynamique ?

Soit *ref* un pointeur de type référence.

```
détruire(ref)  // destruction de l'élément pointé par ref
```

La destruction d'un élément n'a de sens **que si l'élément est défini**.

Soit la suite d'instructions suivante :

```
ref, pointe : référence
...
créer(ref)        // on crée un élément pointé par ref
pointe := ref     // ref et pointe référencent tous les deux le même élément
détruire(ref)     // ref et pointe ne référencent plus rien
          // il ne faut surtout pas essayer d'utiliser ref ou pointe pour  accéder à un élément
          // notez que détruire(pointe) aurait eu dans ces conditions  exactement le même résultat
```

2.5 Types non nommés

Un type nommé est un type défini dans la rubrique **types**, ou un type prédéfini (entier, booléen, caractère, réel). Un type non nommé est toute référence à une construction de type (par exemple tableau [10] de caractères), sans utiliser un type défini dans une rubrique **types**.

Voici un exemple :

```
...
types tabent = tableau [ 10 ] de entier
...
variables tab1 : tabent              // voici une référence à un type nommé
tab2 : tableau [ 10 ] de entier      // voici une référence à un type non nommé
```

tab1 et *tab2* sont deux tableaux qui ont même structure, mais qui sont de types différents.

Partout où le programme demande une variable de type *tabent*, le programmeur ne pourra pas lui donner *tab2*. Pour ce faire, il aurait fallu déclarer *tab2* de type *tabent*.

Un type de donnée construit une famille de variables interchangeables entre elles, et garantit ainsi le programmeur de toute confusion entre variables qui, bien qu'ayant la même structure, ont des rôles différents.

2.6 Instructions

Les **instructions** sont les **opérations** qui vont permettre de faire interagir les différents objets entre eux. Nous disposerons de trois types d'instructions nous permettant d'accéder à cinq instructions. Cet ensemble réduit d'instructions est suffisant pour traiter l'ensemble des problèmes rencontrés.

2.6.1 Instruction d'affectation

L'instruction **d'affectation** permet de donner une valeur à une variable, dans la mesure où cette variable est d'un type simple. Les variables de type complexe ne peuvent être affectées directement mais leurs champs ou éléments peuvent être affectés s'ils sont de type simple (entier, booléen, caractère, réel, pointeur).

Exemple :

```
variables i : entier
...
i := 3       // i prend pour valeur 3
i := i + 1   // i est incrémenté de 1
i := 4 * i   // i est multiplié par 4
```

2.6.2 Instructions alternatives

Il y a deux sortes d'instruction alternatives :

➢ Instruction si

L'instruction **si** permet d'effectuer une ou plusieurs instructions si une certaine condition est remplie (que l'on retrouve dans une proposition du type : si la neige est bonne je vais skier).

Elle permet également d'effectuer un traitement si une condition est remplie, et un autre traitement dans le cas contraire (que l'on retrouve dans une proposition du type : si la neige est bonne je vais skier, sinon je vais au cinéma).

Voici le format type, sous ses deux formes, de l'instruction **si**:

```
Si   < condition >   Alors
    < instruction 1 >
    ...
    < instruction n >
Finsi
```

```
Si   < condition >   Alors
    < instruction 1 >
    ...
    < instruction n >
Sinon
    < instruction 1' >
    ...
    < instruction n' >
Finsi
```

Exemple :

```
variables   i : entier
...
Si   i > 4   Alors
    i := i - 1
Sinon
    i := i + 1
Finsi
```

➢ Instruction **choix**

L'instruction **choix** permet d'associer à différentes valeurs discrètes (il s'agit ici de valeurs particulières, et non de plages de valeurs) des instructions à exécuter. Cette instruction peut être réalisée par une cascade de **si sinon**, mais elle offre une présentation plus agréable à la lecture et à la compréhension.

Voici le format type de l'instruction **choix**:

```
Choix  sur < variable >  faire
   < valeur 1 > :
            < instruction 1 1 >
            < instruction 1 2 >
            ...
            < instruction 1 n(1) >
   ...
   < valeur m > :
            < instruction m 1 >
            < instruction m 2 >
            ...
            < instruction m n(m) >
   autrecas   : < instruction (m+1) 1 >
            ...
            < instruction (m+1) n(m+1) >
Finchoix
```

Il est obligatoire de mettre **autrecas**, même dans les cas où il n'y en a pas, car cela donne l'occasion au concepteur de l'algorithme de faire le point sur tous les cas énumérés.

Exemple :

```
variables i : entier
...
Choix  sur i  faire
   1 : écrire ('1 c'est bien!!')
   2 : écrire ('2 c'est mieux!!')
   3 : écrire ('3 bonjour les dégâts!!')
   autrecas   : écrire ('choix impossible!!')
Finchoix
```

2.6.3 Instructions répétitives

Il existe **deux formes d'instructions itératives**. Ces deux formes sont légèrement différentes, et correspondent à deux types de problèmes différents. Il est important de bien voir la différence entre ces deux formes.

Les **instructions itératives** se caractérisent par trois choses:

- une éventuelle répétition des actions.
- une évolution de notre univers par ces actions.
- une condition de terminaison testée sur notre univers.

➢ Instruction **Tantque**

L'instruction **tantque** permet d'exécuter une instruction tant qu'une condition est remplie. Il est préférable que la condition puisse être changée par les instructions, sinon notre algorithme ne terminerait jamais (ceci correspond à une formulation du type : tant que le soleil n'est pas couché, je reste à la plage).

Voici le format type de l'instruction **tantque**:

```
tantque   < condition >   faire  // c'est une condition de continuation
    < instruction1 >
    ...
    < instruction >
fintantque
```

Voici un exemple pour voir comment fonctionne cette instruction :

```
variables i : entier

...

tantque   (i < 3)   faire   // on arrête quand i >= 3

                // on met ici le commentaire sur la terminaison

                // de la boucle. C'est à dire la condition contraire

                // à celle exprimée dans le tantque.

                i := i + 1

                écrire ('coucou')

fintantque

écrire (' i = ',i)
```

Prenez le cas où **i = 5** avant l'exécution de notre tantque.

La condition n'étant pas remplie on n'effectue pas le **tantque**, on va donc directement effectuer l'instruction écrire, le résultat est alors:

```
i = 5
```

Prenez le cas où **i = 1** avant l'exécution de notre **tantque**.

La condition est remplie, on incrémente *i*, on écrit *coucou*, et on vient à nouveau tester la condition. Cette condition est remplie, on incrémente *i* et on écrit *coucou*. *i* maintenant vaut 3, et on revient tester notre condition qui n'est plus remplie. On va donc écrire le résultat. L'algorithme aura donc écrit:

coucou
coucou
i = 3

➢ Instruction **répéter**

L'instruction **répéter** permet d'exécuter une instruction jusqu'à ce qu'une condition soit remplie. Ceci correspond à une formulation du type : je mange jusqu'à ne plus avoir faim (ce qui implique que l'on mange avant de se poser la question si l'on a faim).

Voici le format type de l'instruction **répéter** :

```
répéter
    < instruction1 >
    ...
    < instruction >
jusquà < condition >        // c'est une condition de terminaison
```

Voici un exemple pour voir comment fonctionne cette instruction:

```
variables i : entier
...
répéter
    i:= i + 1
    écrire ('coucou')
jusquà i >= 3              // la boucle se termine quand i >= 3. ici, c'est la
                           // condition de terminaison qui est donnée, c'est
                           // à dire la condition du jusquà.
écrire (' i = ',i)
```

- Prenez le cas où **i = 5** avant l'exécution du **répéter**.

On commence par incrémenter *i*, puis on écrit *coucou*. La condition de terminaison est vérifiée, on écrit donc le résultat.

Les écritures correspondant à cette exécution sont:

coucou
i = 6

- Prenez le cas où **i = 1** avant l'exécution du répéter.

On commence par incrémenter *i*, puis par écrire *coucou*. On teste la condition de terminaison qui n'est pas vérifiée. On incrémente à nouveau *i*, on écrit *coucou*, on teste la condition de sortie qui est vérifiée. Les écritures correspondant à cette exécution sont :

coucou
coucou
i = 3

2.6.4 Outils d'entrée/sortie

➢ Les entrées/sorties à la console

Pour tous les exercices proposés, il existe des actions complexes (qui sont en fait des outils disponibles sur l'ordinateur) qui permettent de **lire** des informations au clavier et d'écrire des informations à l'écran.

Lire (**sortie** boîte : **quelconque**)

Lire met dans la variable qui sera donnée à l'utilisation de la procédure les informations entrées au clavier.

boîte représente la variable qui doit être donnée pour récupérer l'information. C'est une variable de type quelconque simple (entier, réel, booléen, caractère). Notez que la définition de paramètres de type *quelconque* n'interviendra que pour les deux procédures faisant appel au système de l'ordinateur **lire** et **écrire**.

Exemple :

```
variable   nombre : entier   // nombre que l'on va lire
......
lire(nombre)     // on lit au clavier la valeur du nombre
si nombre = 25 alors .....
.............

Ecrire (entrée résultat : quelconque)
```

Ecrire permet d'afficher à l'écran la valeur qui lui est donnée.

résultat représente la valeur (variable ou expression) que l'on veut afficher. C'est une expression de type quelconque simple (entier, réel, booléen, caractère).

Exemple :

```
variable  calcul : entier    // nombre que l'on va afficher
.....
écrire ('le nombre calculé est : ')     // écriture d'un texte
écrire (calcul)                 //  écriture du résultat
écrire (2*calcul+3)          // écriture d'un autre résultat
```

Cet outil de sortie permet d'écrire plusieurs choses en une seule ligne d'écriture

Exemple :

```
écrire ('le nombre calculé est : ', calcul)    // écriture d'un texte
```

➢ Les entrées / sorties fichier

Les données traitées par les programmes informatiques ont une durée de vie inférieure ou égale à la durée de vie du programme lui-même. C'est à dire que les données traitées par un programme sont perdues quand on arrête le programme.

Quand on désire conserver les informations d'une exécution du programme à l'autre, il faut **stocker** ces données dans un fichier, ces données auront alors une existence propre.

La gestion des fichiers peut se faire suivant plusieurs logiques, nous en retiendrons deux : la gestion **séquentielle** des données et la gestion par **index**.

➢ Fichiers séquentiels

Les données seront traitées depuis la première donnée entrée, jusqu'à la dernière, dans cet ordre immuable.

Nous pouvons **ouvrir** un fichier, **lire** un élément du fichier, **écrire** un élément du fichier, **fermer** le fichier, et **tester** la fin du fichier.

- La **déclaration d'un fichier** à **accès séquentiel** se fait de la manière suivante :

```
nomfic : fichier de type_élément
```

où *nomfic* est la variable représentant le fichier, *type_élément* est le type des éléments du fichier.

- **L'ouverture d'un fichier** se fait de la manière suivante :

```
ouvrir ( 'fichier.dat' , nomfic )
```

où *fichier.dat* représente un nom de fichier sur la mémoire de masse, et *nomfic* représente le fichier. La procédure ***ouvrir*** fait le lien entre le fichier et sa représentation interne à l'algorithme.

- La **lecture d'un élément du fichier** se fait de la manière suivante :

```
lire ( nomfic , varlec )
```

où *varlec* représente une variable de type *type_élément*. La procédure ***lire*** affecte la valeur lue dans le fichier à la variable *varlec*. Il faut avoir testé au préalable que le fichier n'est pas à sa fin.

- **L'écriture d'un élément du fichier** se fait de la manière suivante :

```
écrire ( nomfic , valecr )
```

où *valecr* représente une valeur de type *type_élément*. La procédure ***écrire*** sauvegarde dans le fichier la valeur représentée par *valecr*.

- La fermeture d'un fichier se fait de la manière suivante :

```
fermer ( nomfic )
```

La procédure ferme le fichier, c'est à dire que *nomfic* n'est plus associé à un fichier. Il ne faut plus utiliser *nomfic*, sauf à ouvrir un fichier, c'est à dire à associer *nomfic* à un autre fichier (ou le même).

- Le **test de fin de fichier** se fait de la manière suivante :

Si **finfichier** (nomfic) **Alors** ...

La fonction teste si le dernier élément du fichier a été lu. Elle rend donc ***vrai*** quand il n'y a plus rien à lire dans le fichier.

Précisons le fonctionnement de ***lire*** et ***écrire***. Ces deux fonctions sont exclusives sur une utilisation d'un fichier. Quand un fichier est ouvert, nous pouvons écrire des valeurs dedans, mais si nous voulons les relire, il faut fermer le fichier, puis le rouvrir pour lire les valeurs qui s'y trouvent.

Quand un fichier est lu, la première valeur lue sera la première valeur mise dans le fichier, puis les suivantes dans l'ordre d'insertion.

Quand une valeur est écrite dans un fichier, à la première écriture, le fichier est vidé de son contenu, et la nouvelle valeur est insérée. Les écritures suivantes, dans la même utilisation de ce fichier, s'ajoutent aux valeurs contenues dans le fichier. Il n'est donc pas possible, directement, de rajouter des valeurs à un fichier fermé.

Regardons un exemple simple d'algorithme utilisant un **fichier séquentiel** :

Nous voulons enregistrer, dans un fichier, des caractères donnés par l'opérateur, jusqu'à ce que celui-ci entre un 'z' (qui ne sera pas enregistré).

Nous afficherons ensuite le contenu du fichier.

```
Programme essai-fichier  // programme d'essai de fichier séquentiel
Variables    fichecar : fichier de caractères  // variable représentant le fichier
        car : caractère  // caractère lu au clavier
Début
        // remplir le fichier avec les caractères de l'opérateur
    ouvrir ( "toto.dat", fichecar )     // ouverture du fichier toto.dat
    écrire ( ' donnez des caractères en terminant par un "z" ' )
    lire ( car )
    Tantque    ( car <> 'z' )    Faire    // arrêt quand car = 'z'
        écrire ( fichecar, car)       // ranger le caractère dans le fichier
        lire ( car )
    Fintantque
    fermer ( fichecar )          // fermeture du fichier
        // relecture du fichier pour voir son contenu
    ouvrir ( fichecar, "toto.dat" )     // ouverture du fichier toto.dat
    Tantque    non finfichier ( fichecar )    Faire   // arrêt en fin de fichier
        lire ( fichecar, car )
        écrire ( car )
    Fintantque
    fermer ( fichecar )          // fermeture du fichier
Fin     // les données sont toujours accessibles par un autre programme pour la lecture seulement
```

➢ Fichiers indexés

Nous désirons conserver des informations. Ces informations constituent des enregistrements dont un champ est unique (numéro de sécurité sociale, nom unique, ...). Ce champ unique est une **clef d'accès** à l'enregistrement, c'est à dire que l'on peut retrouver l'enregistrement uniquement en connaissant cette clef.

Nous définirons, ici, un fichier indexé comme un fichier qui gère automatiquement les accès à des enregistrements à **clef unique**.

Nous pourrons ouvrir un fichier indexé, le fermer, se positionner sur un élément, puis le lire, l'écrire ou le détruire.

- La déclaration d'un fichier indexé se fait de la manière suivante :

```
type type_élément =  enregistrement
                clef : type_quelconque
                // le premier champ est la clef unique d'accès à la donnée
                .....
            finenregistrement
nomfic : fichier de type_élément
```

où *nomfic* est la variable représentant le fichier, *type_élément* est le type des éléments du fichier. Ce fichier n'est à priori pas indexé. C'est l'ouverture du fichier, à sa création qui en fera ou non un fichier indexé.

- L'ouverture d'un fichier indexé se fait de la manière suivante :

```
ouvrir ( 'fichier.dat' , nomfic, indexé )
```

où *fichier.dat* représente un nom de fichier sur la mémoire de masse, et *nomfic* représente le fichier. La procédure **ouvrir** fait le lien entre le fichier et sa représentation interne à l'algorithme. Ce fichier doit avoir été ouvert à sa création en mode *indexé*. Un fichier indexé peut être parcouru en mode séquentiel. Pour cela il suffit de l'ouvrir comme un fichier séquentiel, puis de lire séquentiellement ses éléments. Par contre l'écriture ne se fera qu'en mode indexé.

Un fichier créé en mode séquentiel ne pourra jamais être exploité par les outils des fichiers indexés.

- La **lecture d'un élément du fichier indexé** se fait de la manière suivante :

```
variables index : type_quelconque
...
Si   positionner ( nomfic, index )   Alors // l'élément existe nous pouvons le lire
    lire ( nomfic , varlec )
...
```

où *index* représente la clef d'accès à l'élément que l'on désire lire, *varlec* représente une variable de type *type_élément*. La procédure **lire** affecte la valeur lue dans le fichier à la variable *varlec*. Il faut avoir testé au préalable que l'élément est présent dans le fichier, par la fonction *positionner*.

- **L'écriture d'un élément du fichier indexé** se fait de la manière suivante :

```
variables index : type_quelconque
...
Si   non positionner ( nomfic, index )   Alors
        // l'élément n'existe pas nous pouvons l'écrire
    écrire ( nomfic , valecr )
...
```

où *index* représente la clef d'accès à l'élément que l'on désire écrire, *valecr* représente une valeur de type *type_élément*. La procédure **écrire** sauvegarde dans le fichier la valeur représentée par *valecr*. Il faut au préalable vérifier que l'élément n'existe pas déjà dans notre fichier.

- La fermeture d'un fichier se fait de la manière suivante :

```
fermer ( nomfic )
```

La procédure ferme le fichier, c'est à dire que *nomfic* n'est plus associé à un fichier. Il ne faut plus utiliser *nomfic*, sauf à ouvrir un fichier, c'est à dire à associer *nomfic* à un autre fichier (ou le même).

- **La destruction d'un élément du fichier indexé** se fait de la manière suivante :

```
variables index : type_quelconque
...
Si   positionner ( nomfic, index )   Alors
        // l'élément existe nous pouvons le détruire
    détruire ( nomfic )
...
```

La procédure *détruire* enlève l'élément sur lequel on vient de se positionner, du fichier indexé. Il faut au préalable s'être positionné sur le bon élément.

Quand un fichier indexé est ouvert, nous pouvons indifféremment lire, écrire ou détruire un élément, jusqu'à ce qu'il soit fermé. Nous pouvons aussi parcourir séquentiellement un fichier indexé, pour cela il suffit de l'ouvrir en séquentiel, puis de lire chacun de ses élément jusqu'à la fin du fichier. Les éléments sont donnés alors par l'ordre croissant de leur clef.

Regardons un exemple très simple d'un algorithme utilisant un fichier indexé :

Nous désirons créer un fichier du patrimoine : chaque bien rentré au fichier est repéré de manière unique par un identificateur alphanumérique. Nous ne détaillerons pas ici l'ensemble des informations conservées pour chaque bien (notre problème étant de regarder la logique de fonctionnement des fichiers séquentiels).

Notre procédure doit permettre de rentrer les informations relatives au patrimoine, et de lister en final ce patrimoine, par ordre d'identificateur alphabétique.

```
constantes  taille = 33     // taille maximum des identificateurs des biens
            long = 16       // longueur maximum des noms de fichier
            finsaisie = 'quit'   // fin de saisie des biens
type  chainenom = tableau [ taille ] de caractères     // type des identificateurs de bien
            nomfichier = tableau [ long ] de caractères     // type des noms de fichiers
            bien =enregistrement                    // type des bien entrés au patrimoine
            identif : chainenom                     // identificateur unique du bien
                ...         // autres informations relatives au bien
            finenregistrement
procédure insérer ( nomfic : nomfichier )
    // cette procédure insère des biens au patrimoine et en fait la liste alphabétique.
    // nomfic est le nom du fichier patrimoine concerné.
    idf : chainenom     // identificateur d'un bien
    fic : fichier de bien // fichier de patrimoine
    objet : bien      // bien à entrer au fichier du patrimoine
Début
        // saisie des nouveaux biens à ajouter au patrimoine
    ouvrir ( nomfic, fic, indexé)  // ouverture du fichier de bien en indexé
    écrire ( 'donnez un identificateur : ')
    lire ( idf )
    Tantque   idf <> finsaisie   Faire    // arrêt quand idf = 'quit'
        Si   positionner ( fic, idf )   Alors
            écrire ( 'le bien est déjà répertorié au patrimoine')
        Sinon
            objet.identif := idf
            ...  // saisie des autres informations du bien
            écrire ( fic, objet )
        Finsi
        écrire ( 'donnez un identificateur : ')
        lire ( idf )
    Fintantque
    fermer ( fic )            // fermeture du fichier patrimoine
                              // relecture des biens par ordre alphabétique des identificateurs
    ouvrir ( nomfic, fic)     // ouverture du fichier patrimoine en séquentiel
    Tantque   non finfichier ( fic)   Faire
        lire ( fic, objet ) // lecture d'un bien
        ...          // affichage du bien
    Fintantque
    fermer ( fic )// fermeture du fichier du patrimoine
Fin
```

2.7 Procédures et fonctions

➢ Les procédures

Les seules différences avec un programme sont pour l'entête.

```
procédure calcul (entrée x : entier , sortie y : entier)
    // cette procédure calcule la puissance trois d'un nombre
    // x est le nombre que l'on va élever à la puissance
    // y est le résultat du calcul
constante   puissance = 3 // puissance à calculer
variable    i : entier        // comptage des puissances

début
   i := 1    // initialisation des puissances et du résultat
   y := 1

   tantque i <= puissance faire
       // on arrête quand i > puissance c'est à dire quand toutes les
       // puissances ont été traitées
      y := y * x
      i := i + 1
   fintantque
fin    // calcul
```

Programme utilisant la procédure :

```
programme cube

 // ce programme calcule le cube du nombre que l'opérateur donne au clavier

variable
   nombre : entier    // nombre donné par l'opérateur
   résultat : entier    // cube du nombre donné
procédure calcul (entrée x : entier , sortie y : entier)
 // cette procédure calcule le cube du nombre x et met le résultat dans y

début
   lire (nombre)    // acquisition du nombre
   calcul (nombre , résultat)    // calcul du cube
   écrire ('le résultat est : ', résultat)
                    // affichage du résultat. Avec l'utilisation
                    // d'une  seule instruction écrire
fin
```

➢ Les fonctions

Voici l'exemple précédent appliqué à une fonction.

```
fonction calcul (entrée x : entier) : entier
  // cette fonction calcule la puissance trois d'un nombre
  // x est le nombre que l'on va élever à la puissance
  // la fonction retourne le cube du nombre

constante   puissance = 3     // puissance à calculer
variable      i : entier          // comptage des puissances
                 y : entier          // calcul intermédiaire
début
    i := 1    // initialisation des puissances et du résultat
    y := 1

    tantque i <= puissance faire
        // on arrête quand i > puissance c'est à dire quand toutes les
        // puissances ont été traitées
       y := y * x
       i := i + 1
    fintantque

    retourner (y)
fin    // calcul
```

Programme utilisant la fonction :

```
programme cube
  // ce programme calcule le cube du nombre que l'opérateur donne au clavier
variable
   nombre : entier     // nombre donné par l'opérateur
fonction calcul (entrée x : entier) : entier
  // cette procédure calcule le cube du nombre x et retourne le résultat


début
    lire (nombre)     // acquisition du nombre
    écrire ('le résultat est : ', calcul (nombre))
                    // affichage du résultat. avec l'utilisation d'une  seule instruction écrire
Fin
```

2.8 Structure de programme

➢ Structure générale d'un programme

L'exemple de **procédure** ou de **fonction** montre une présentation qui n'est pas compatible avec la structure générale d'un programme vu au chapitre 1.3.

L'idée, ici, est de ne **pas imbriquer** programme et procédure, afin de garder une certaine lisibilité à nos algorithmes. Cela nécessite pour le programme ou la procédure qui utilise une procédure ou une fonction de posséder le mode d'emploi (ou description, ou prototype) de l'outil qu'il va utiliser.

Cela nécessite également que la procédure ait un **nom assez évocateur** pour qu'à la première lecture le lecteur puisse comprendre **le rôle** de la procédure ou de la fonction.

Pour plus de détails il faut se reporter aux **spécifications** de la procédure ou de la fonction (c'est à dire à son interface complète ou mode d'emploi).

Ce mode d'emploi comporte le nom de la procédure ou de la fonction, avec tous ses paramètres, et les commentaires qui expliquent comment utiliser la fonction, et son rôle.

Reprenez la présentation de la structure d'un programme au chapitre 1.3) et comparez avec les exemples des chapitres 2.5.1 et 2.5.2.

Notez que quand le mode d'emploi d'un outil est défini, n'importe quel programmeur peut utiliser l'outil, sans savoir comment il est réalisé. Ceci est le **fondement de la conception d'applications** de manière descendante.

➢ Visibilité des objets

Le principe est simple : un objet est visible (utilisable) dans l'unité algorithmique qui l'a défini, et dans toutes les unités algorithmiques définies dans celle-ci.

Ceci sera appliqué pour les constantes, les types, les procédures et les fonctions.

- Mais il est **interdit** d'utiliser des variables dans une procédure ou fonction, qui ne seraient pas définies dans la procédure ou fonction ou en paramètre de celle-ci. Cette règle est universellement appliquée suite aux méfaits de l'utilisation de variables dites **globales** (c'est à dire ici non définies dans notre environnement).

L'aide, pour la mise au point de programme, demandée à toute personne étrangère au développement est conditionnée par le respect de cette règle.

Pour finir, voici la définition des **notions de variables globales et locales**. Ces deux notions sont relatives.

- Une variable est dite **locale** si elle est définie dans l'environnement d'où on la regarde.
- Elle est dite globale si elle est définie dans un environnement qui est le père, ou un aïeul, de cet environnement.
- Donc une même variable peut être considérée globale ou locale relativement à l'endroit d'où elle est vue.

CREDITS

ŒUVRE COLLECTIVE DE l'AFPA

Sous le pilotage de la DIIP et du centre d'ingénierie sectoriel Tertiaire-Services

Equipe de conception (IF, formateur, mediatiseur)

Chantal Perrachon –IF Neuilly sur Marne
Centre afpa - Grenoble-Nancy
Michel Coulard – Formateur Evry

Date de mise à jour : 18/12/17