LANGAGE OBJ. AV.
(C++)
MASTER 1

U.F.R. d’Informatique
Université de Paris Cité

Cette semaine

- Retour sur l'initialisation (révisions)
- Notions d'UML - conventions
- Pointeurs, allocation/libération
- Namespaces
- Petit Quizz

Retour sur l'initialisation

```
// déclaration de la classe dans le hpp  ... avec ici des valeurs par défaut
class Point {
  public:
     int abs, ord;
     Point(int x=0,int y=0);
     void affiche() ;
};
// définitions dans le cpp
#include <iostream>
using namespace std;
     Point::Point(int x,int y) : abs{x}, ord{y} {}
     void Point::affiche() {  cout << '(' << abs << ',' << ord << ')' << endl; }
// utilisation ailleurs.cpp
#include <vector>
int main() {
     Point a{5,10}, b{5}, c {}, d(5,10), e(5), f(), g, h({5,10}, i({}));
     vector <Point> all {a,b,c,d,e,g,h,i};
     for (Point x:all) x.affiche();              // ok tant qu'on ne met pas f dans le vecteur
     return 0;
}
```

exemple où initialisations avec () et {} diffèrent

```
vector<int> v1 {4,100};
for (int x:v1) cout << x << " ";
vector<int> v2 (4,100);
for (int x:v2) cout << x << " ";
```

exemple où initialisations avec () et {} diffèrent

```
vector<int> v1 {4,100};
for (int x:v1) cout << x << " ";       // 4 100
vector<int> v2 (4,100);
for (int x:v2) cout << x << " ";       // 100 100 100 100
```

exemple où initialisations avec () et {} diffèrent

```
vector<int> v1 {4,100};
for (int x:v1) cout << x << " ";       // 4 100
vector<int> v2 (4,100);
for (int x:v2) cout << x << " ";       // 100 100 100 100
```

La raison est la présence de ces 2 constructeurs :

```
vector (initializer_list<value_type> il,
                const allocator_type& alloc = allocator_type());
```

```
vector (size_type n, const value_type& val,
                const allocator_type& alloc = allocator_type());
```

Ne déchiffrez pas tout :

- le dernier argument ayant une valeur par défaut ne nous concerne pas vraiment
- value_type dans cet exemple est simplement int
- initializer_list est notre liste d'initialisation {4,100}
- size_type est compatible avec l'entier 4
- val correspondra à 100

LA MODÉLISATION

Le langage couramment employé pour décrire la structure d'une application dans le monde objet est UML (Unified Modeling Langage)

Il s'agit bien d'un **langage** (graphique) permettant d'exprimer différents aspects structurant l'application dont :

- les objets manipulés et leurs relations
- les abstractions correspondantes : concepts et relation entre concepts
- l'évolution des objets
- les interactions entre objets

Nous ne nous intéresserons qu'aux **diagrammes de classes**

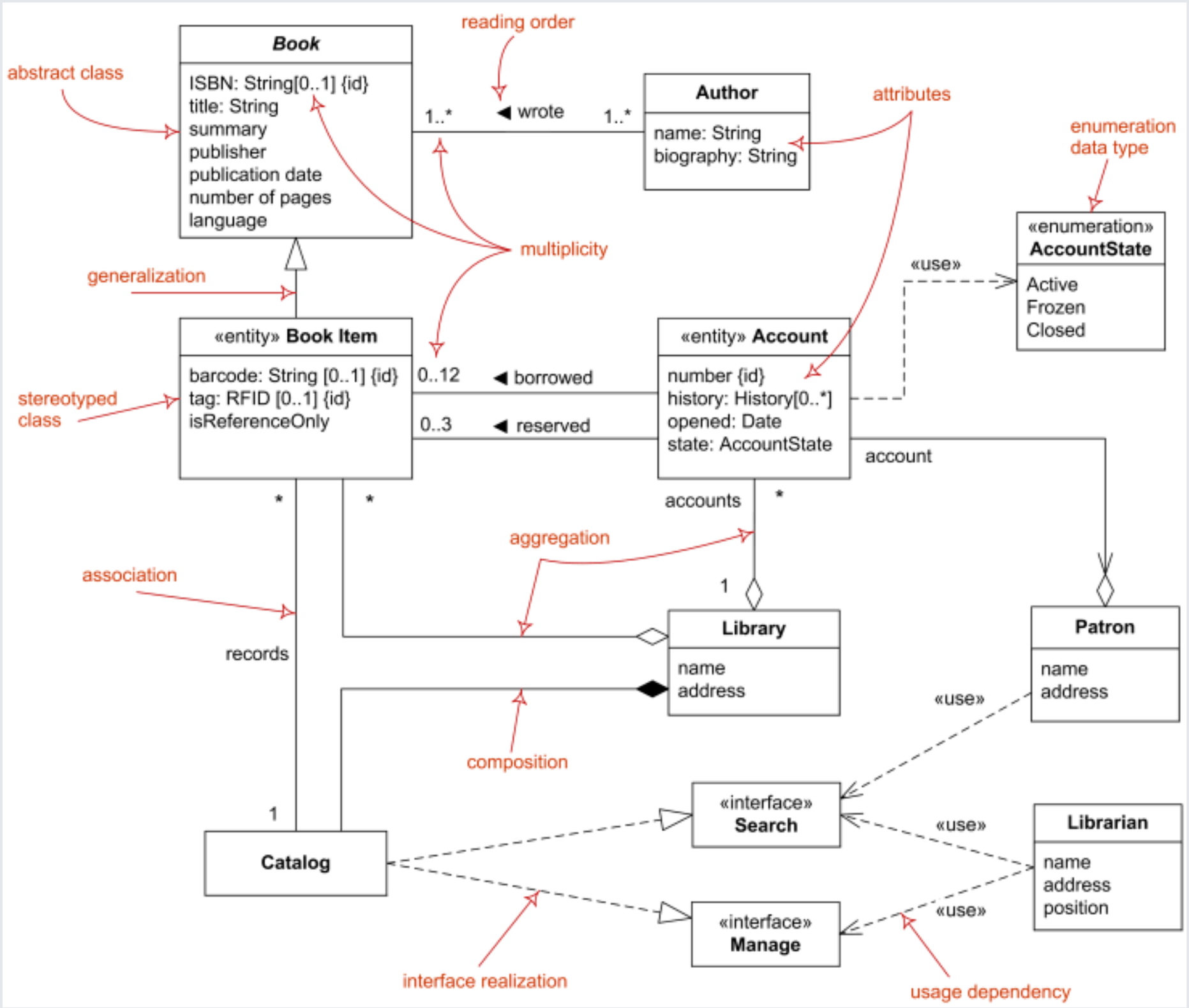
- décrit les concepts pertinents
- décrit les relations entre concepts

Il ne contient pas forcément toutes les classes (pas souhaitable), ni toutes les méthodes (faites par exemple une annotation générale précisant que les accesseurs/modifieurs sont implicitement fournis).

Mais il doit contenir tout ce qui est significatif/structurant/utile à la compréhension.

Il ne « tombe » pas du ciel! Il est obtenu en faisant (en amont) une liste des objets/concepts du système développé, puis en opérant une classification de ces objets...
Utiliser un générateur de diagramme à postériori est une mauvaise idée : c'est illisible ... Faites le "à la main" !

Exemple :


Book
ISBN: String[0..1] {id}
title: String
summary
publisher
publication date
number of pages
language
abstract class
reading order
1..*
wrote
1..*
Author
name: String
biography: String
attributes
enumeration data type
«enumeration» AccountState
Active
Frozen
Closed
«use»
multiplicity
generalization
«entity» Book Item
barcode: String [0..1] {id}
tag: RFID [0..1] {id}
isReferenceOnly
stereotyped class
0..12
borrowed
0..3
reserved
«entity» Account
number {id}
history: History[0..*]
opened: Date
state: AccountState
account
accounts
*
*
*
*
aggregation
association
1
Library
name
address
Patron
name
address
records
composition
«use»
1
Catalog
«interface» Search
«use»
Librarian
name
address
position
«interface» Manage
«use»
interface realization
usage dependency

Un langage pour une façon de voir le monde via le prisme de concepts :

* Abstraction
* Encapsulation
* Modularité
* Hierarchie

(Rappels rapide ...)

L’abstraction :

elle fait ressortir les caractéristiques essentielles d'un objet du point de vue de l’observateur.

Par exemple on peut décrire ce qu'on appelle une liste sans rentrer dans les détails d'une implémentation.

L’encapsulation :

c'est le fait de cacher l’ensemble des détails d’un objet qui ne font pas partie de ses caractéristiques essentielles.

Dans la vie réelle on parle de boîte noire (un appareil électro-ménager est une boîte noire, i.e. on n’en voit pas les détails de fonctionnement, ni directement tous les constituants).

La **modularité** :

propriété d’un système qui a été décomposé en un ensemble de modules cohérents et faiblement couplés.

Ceci permet de nettement différencier les tâches à l’étape de réalisation et de confier celles-ci à des équipes quasi indépendantes.

La **hiérarchie** :

l'ordonnancement des abstractions.

On utilisera :

* l'association,
* l'héritage,
* l'agrégation,
* la composition

SYNTAXE

Une classe / Entité simple

On peut utiliser un nom en italique pour une classe abstraite

On peut y ajouter des annotations de visibilité :

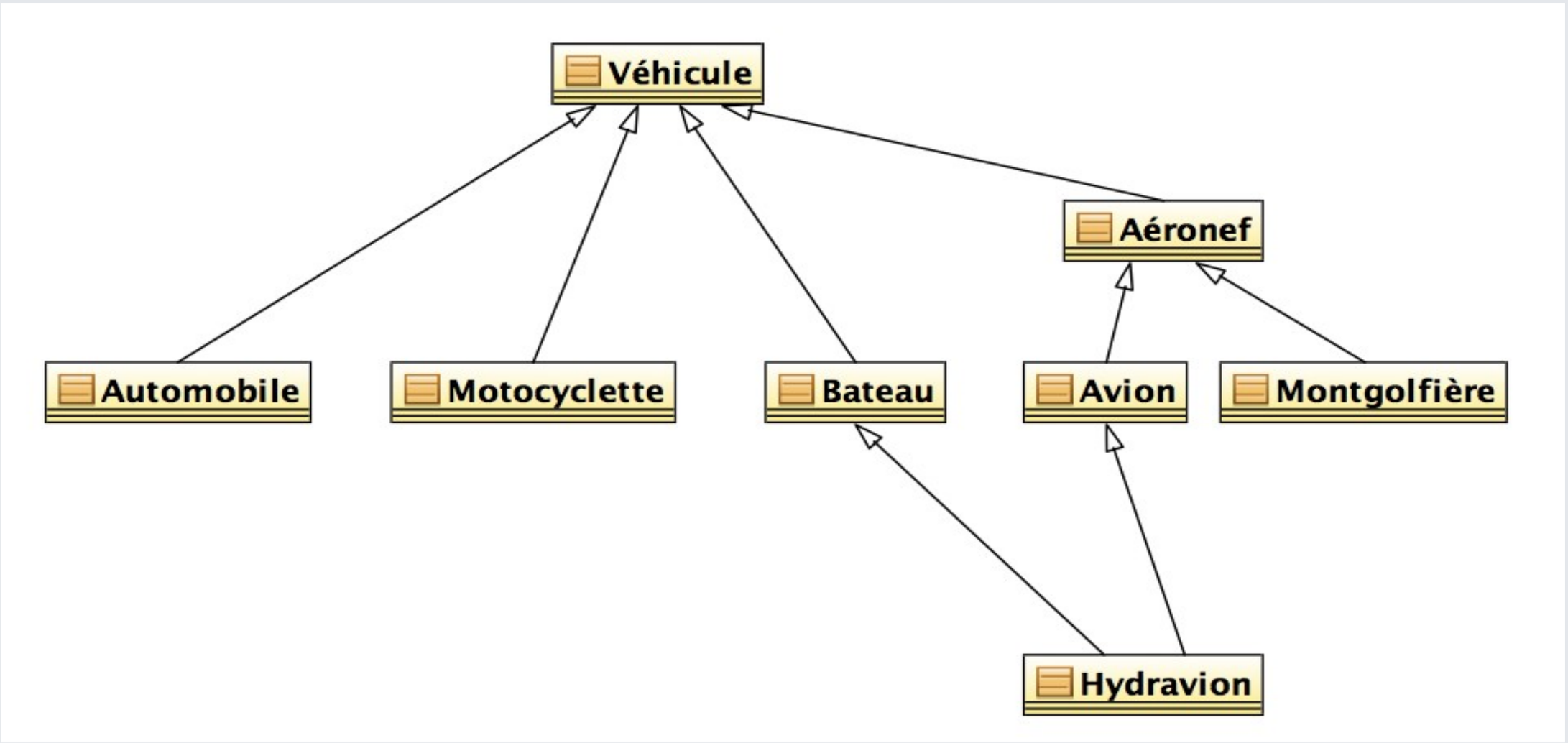
\+ Public

\# Protected

\- Private

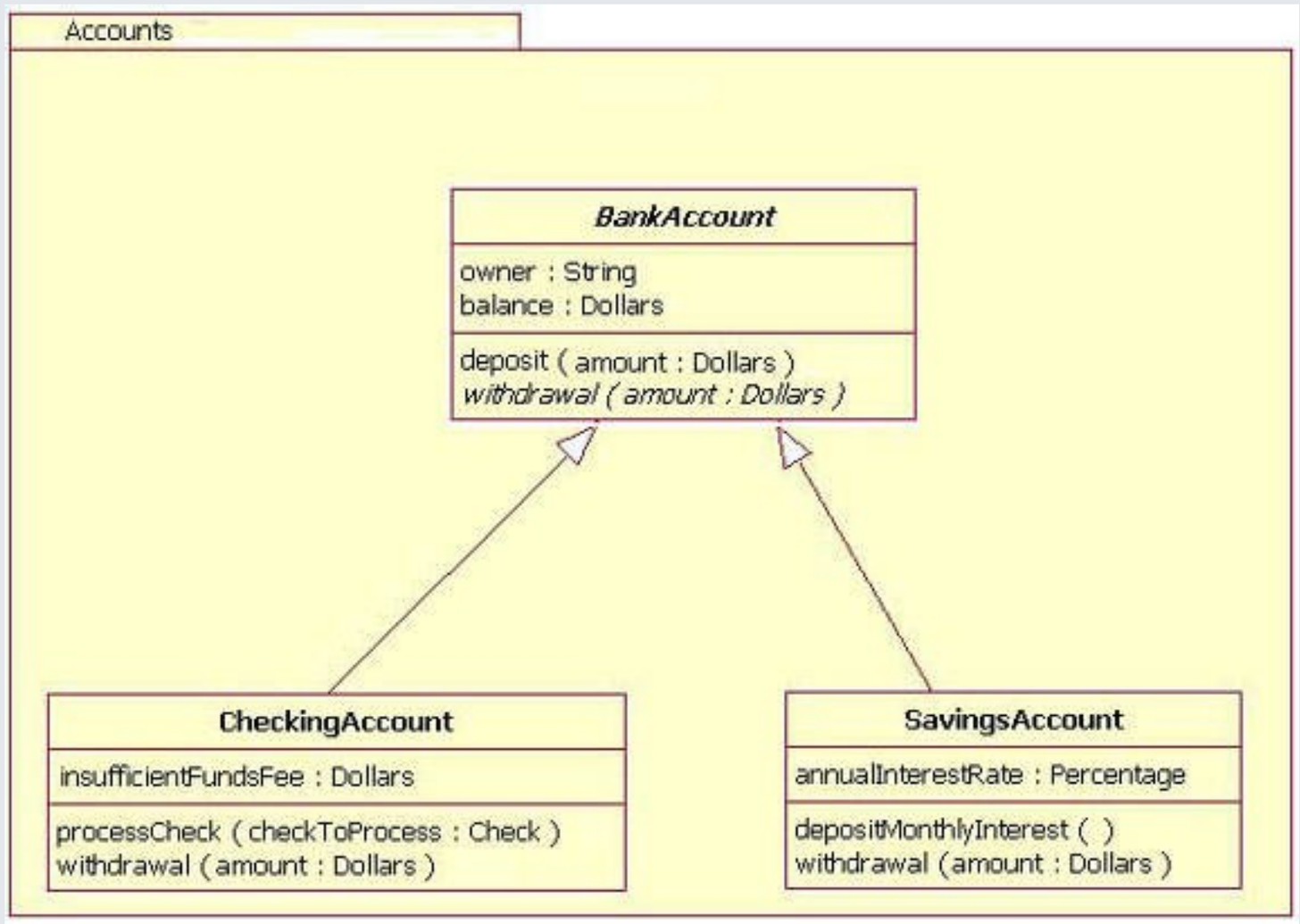
~ Package

Héritage
tout le monde comprend assez naturellement :



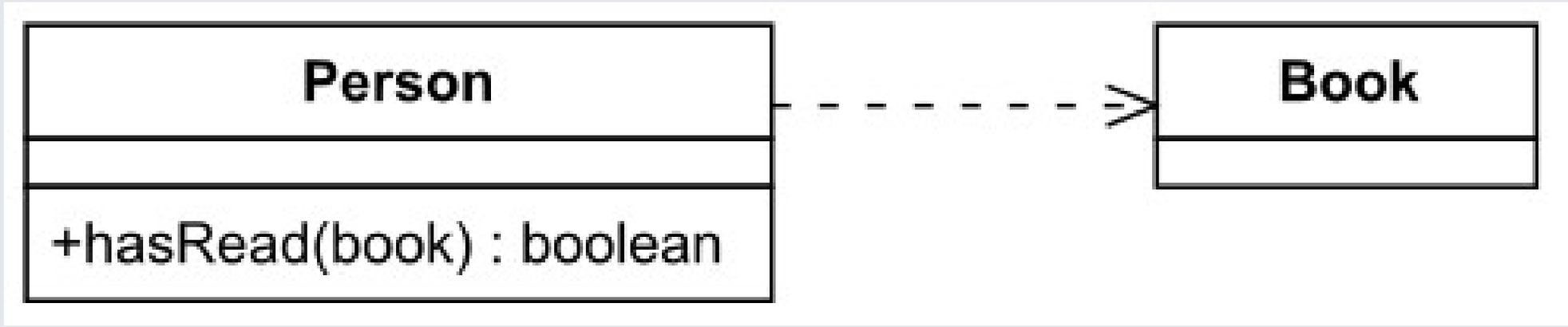
Notez la forme de la flèche et du trait

Classification dans un package :



Rq : ici BankAccount (et parfois withdrawal) sont en italique

Lien d'utilisation (use dependance)



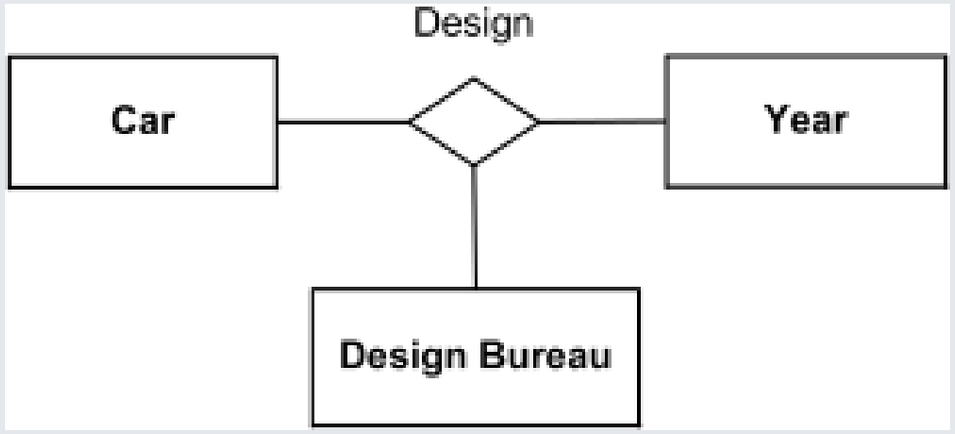
dans cet exemple une personne peut être amenée à utiliser un objet d'une autre classe (un livre) via la méthode hasread(Book).

Si ces objets ne sont pas stockés dans les attributs d'une personne, les personnes ont simplement besoin de savoir ce qu'est un livre.

(Peut-être répondra t'il en consultant une base de donnée non représentée ici)

Concrètement cela correspondra à un import
Attention à ne pas surcharger votre diagramme, vous pouvez par exemple faire un "calque" n'exprimant que les dépendances.

Associations



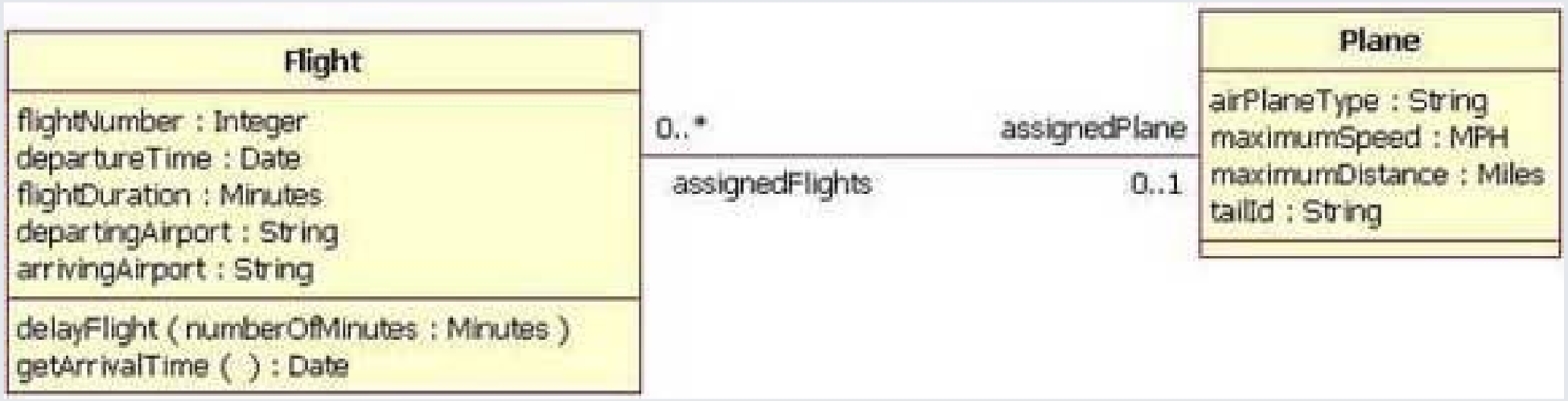
Les associations ternaires doivent rester rares. Les plus fréquentes sont les binaires où on omet le losange

Dans le cas binaire, le nom de l'association peut être orienté pour faciliter la construction de la phrase "l'enseignant a écrit le libre". On aurait pu choisir WrittenBy.

Des rôles facultatifs peuvent être ajoutés pour préciser que l'enseignant est un auteur, et que le livre est un manuel scolaire.

Les multiplicités ...

Multiplicités

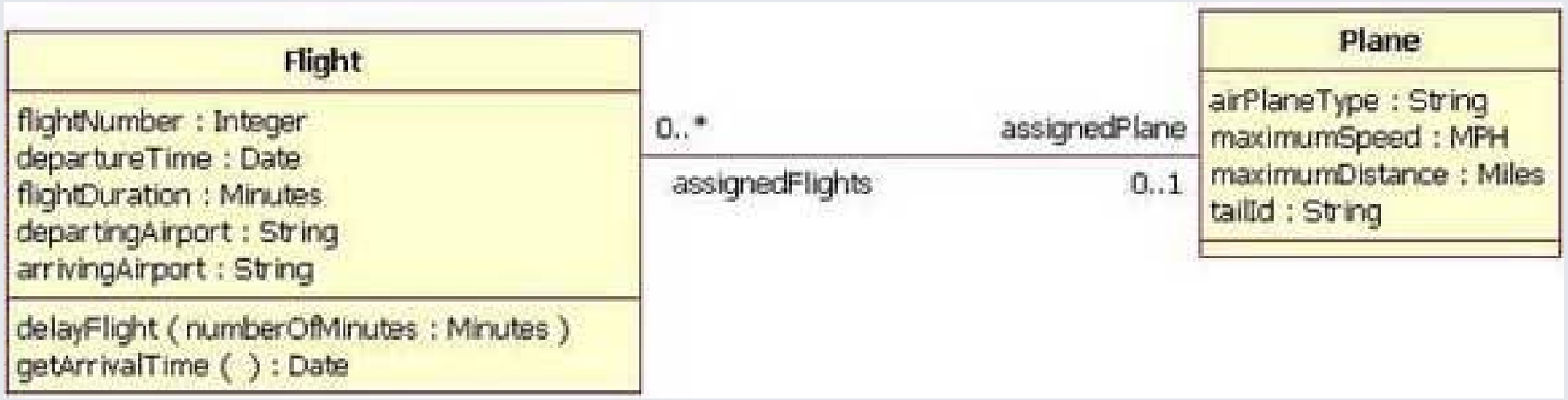


Un sujet de confusion pour les étudiants ... peut être à cause de merise/crowfoot ou simplement parce que ca a été mal expliqué

L'idée est d'exprimer combien de fois tel objet peut être en relation avec d'autres.

La définition officielle est la suivante :
"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Multiplicités



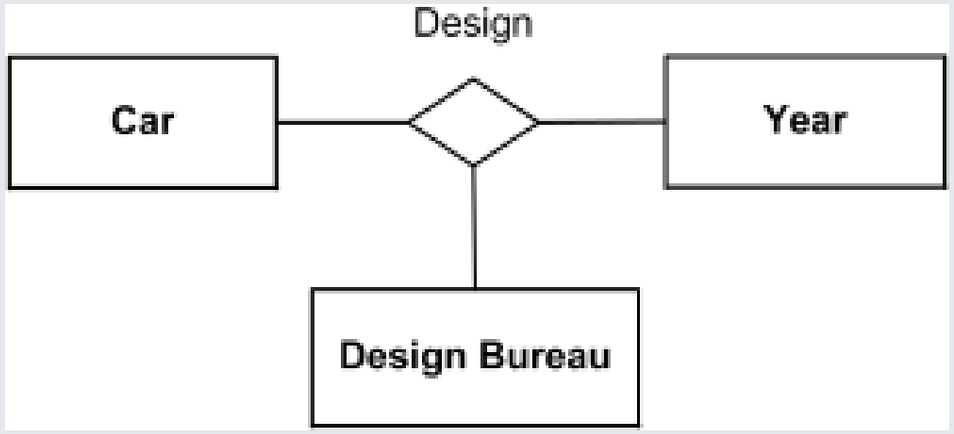
"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Sur cet exemple :

- pour la multiplicité coté Plane : on fixe un vol (Flight) quelconque, on comprend bien qu'alors il y a 0 ou 1 avion (Plane) qui lui sera affecté

- pour la multiplicité coté Flight : si on fixe un avion quelconque, il est clair qu'il sera utilisé dans aucun ou plusieurs vols

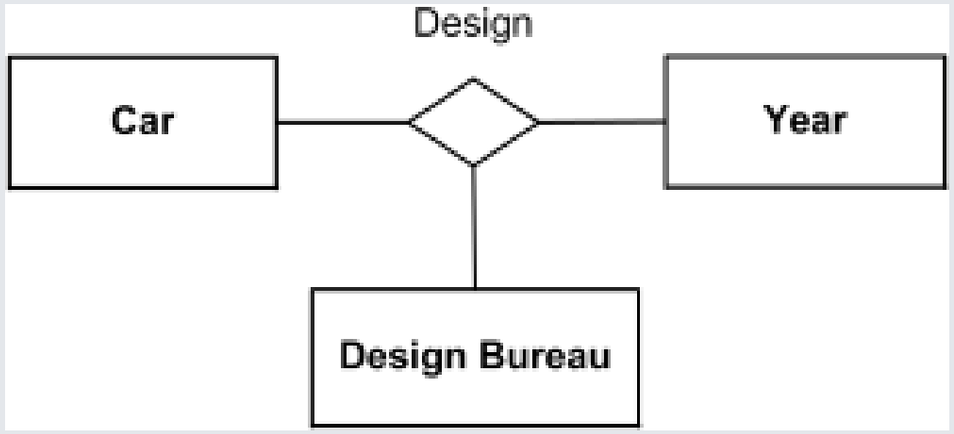
Multiplicités



"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Note : pour une association n-aire, les bornes basses des multiplicités sont typiquement 0. En effet si par exemple on avait 1, cela signifierait qu'un lien au moins devrait exister pour chaque combinaison possible des autres extrémités.

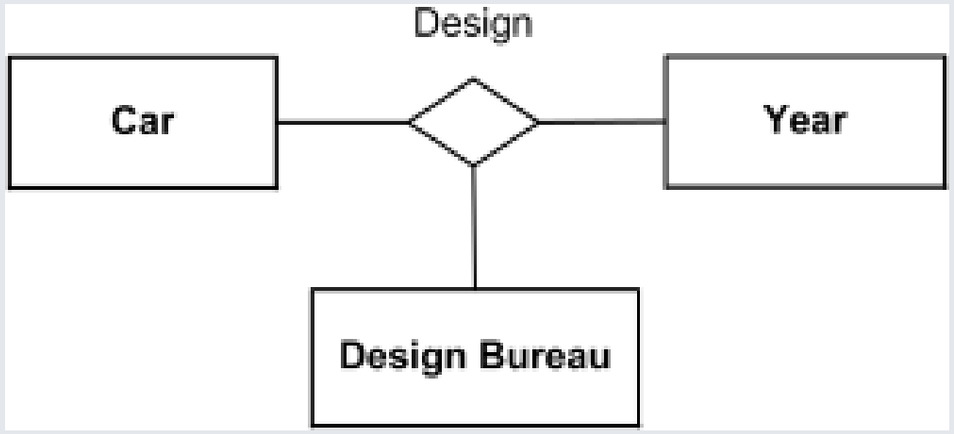
Multiplicités



"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Coté Bureau d'étude, on pourrait avoir :

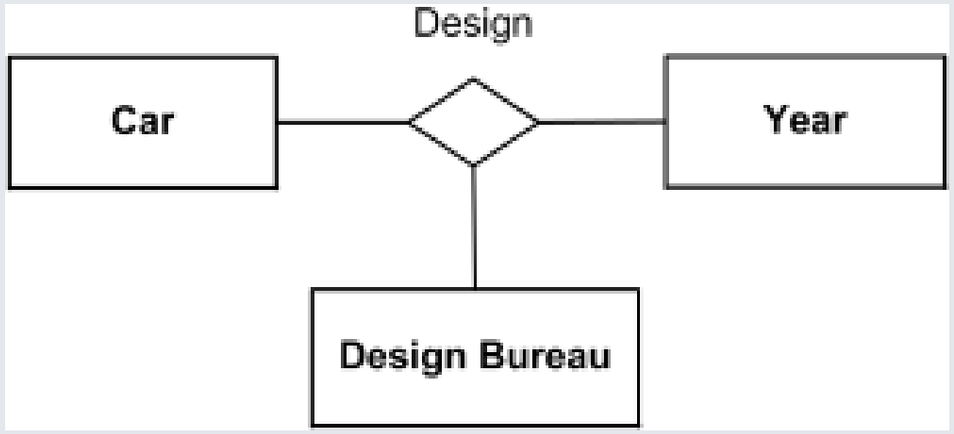
Multiplicités



"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Coté Bureau d'étude, on pourrait avoir : 0..1
Coté Année, on pourrait avoir :

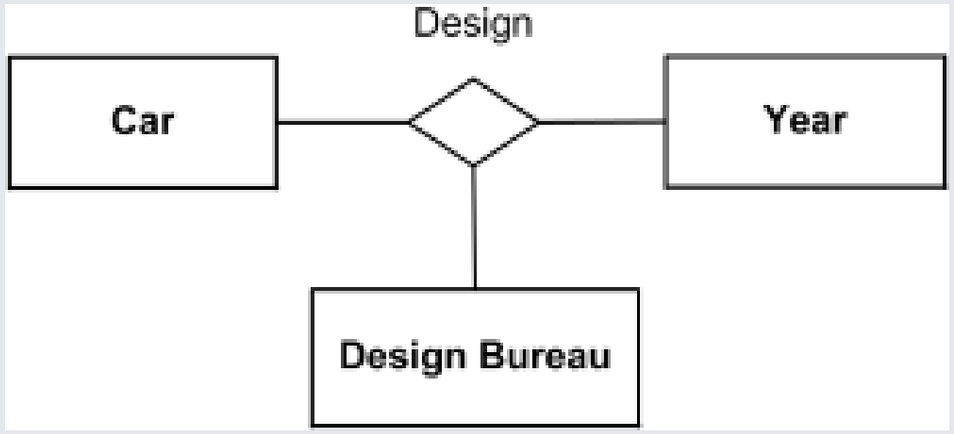
Multiplicités



"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Coté Bureau Etude, on pourrait avoir : 0..1
Coté Année, on pourrait avoir : 0..*
Coté Voiture, on pourrait avoir :

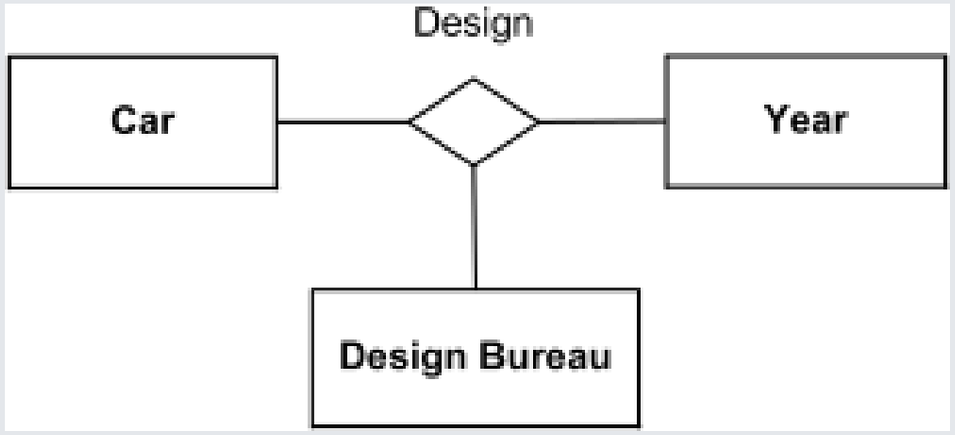
Multiplicités



"For an association with N ends, choose any N-1 ends and associate specific instances with those ends. Then the collection of links of the association that refer to these specific instances will identify a collection of instances at the other end. The multiplicity of the association end constrains the size of this collection."

Coté Bureau Etude, on pourrait avoir : 0..1
Coté Année, on pourrait avoir : 0..*
Coté Voiture, on pourrait avoir : 0..*

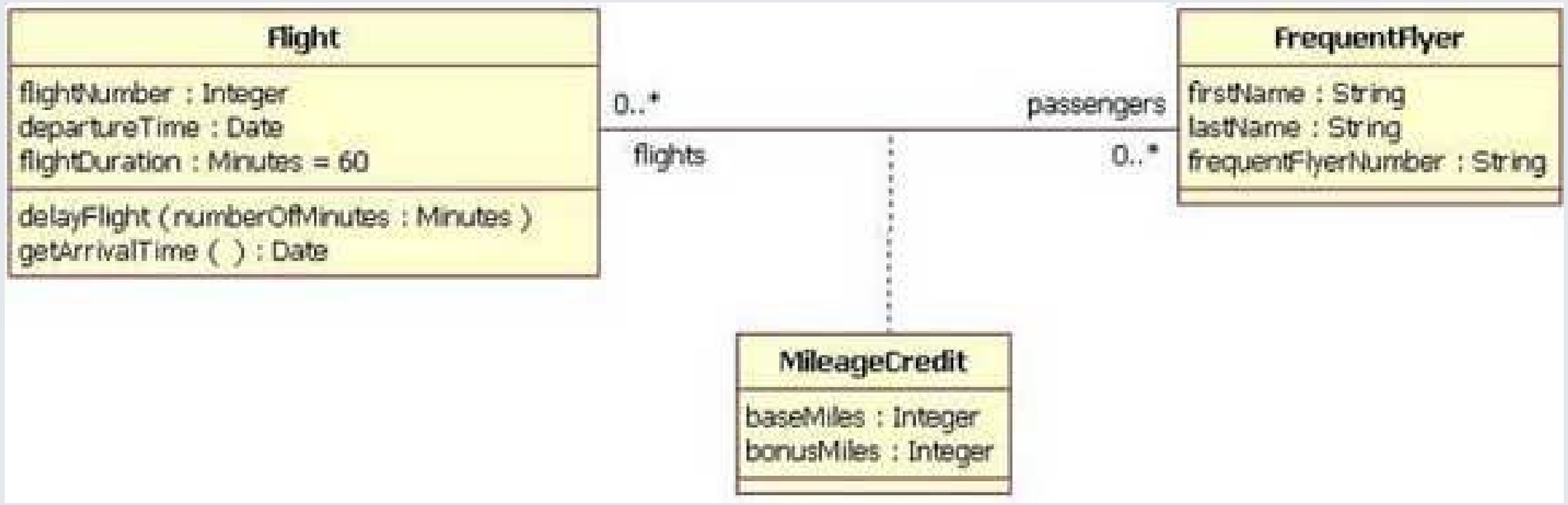
On peut parfois éviter des relations N-aires, en partitionnant autrement les N entités.



Par exemple on pourrait penser qu'une voiture associée à une année défini le concept CarModel, et que ce sont ces modèles qui ont été confiés à des bureaux d'étude, etc ...

.

Notion de Classe d'association.



Dans cette représentation, l'association MileageCredit :

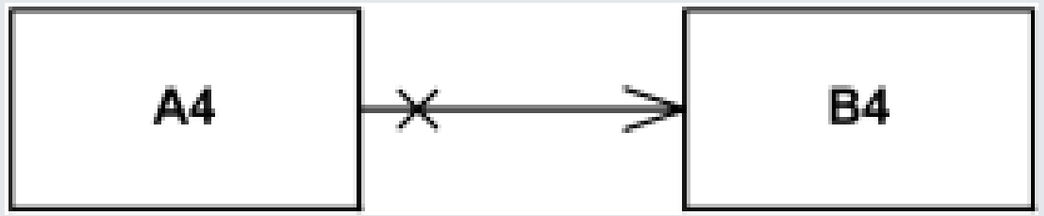
* porte des informations entre le vol et le passager abonné

* elle peut aussi servir de point d'entrée à d'autre association. Ainsi c'est le fait qu'une personne a vraiment effectué un vol qui sera pris en compte (par exemple pour ses remboursements de frais, son bilan carbone, etc)

Notion de Navigabilité

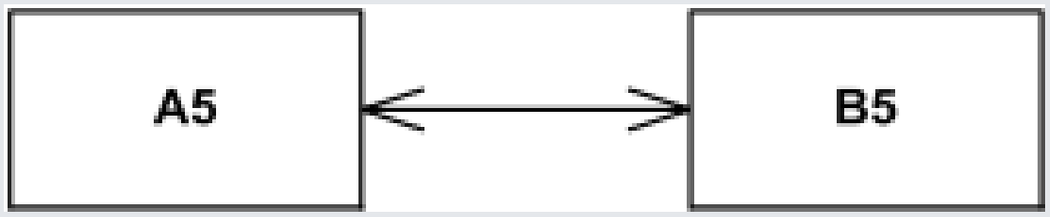
la flèche qui termine une association précise que ces objets peuvent être connus facilement des autres extrémités (sans préciser comment).
Naturellement la façon la plus simple de le faire est que Person possède des attributs qui lui permettent une connaissance directe.

Le contraire (non navigable) est modélisé par une croix interdisant l'arc.



Sous cette forme on expliciterait clairement que Book ne peut pas (facilement) naviguer vers Personne

Si par contre le nom du propriétaire est inscrit sur le livre, alors vous pourriez utiliser cette forme d'association :

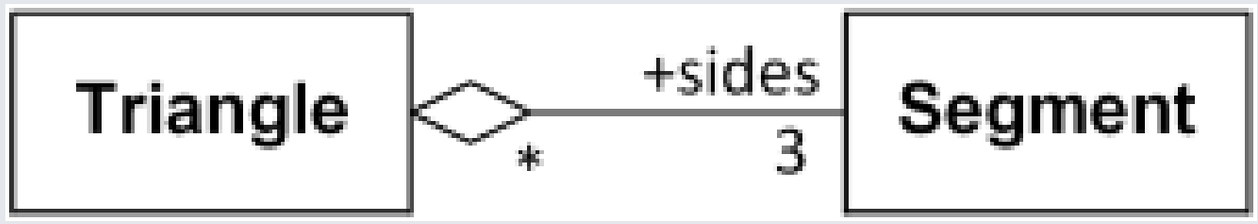


Notez qu'alors Book aurait un attribut owner de type Person (simple, pas de tableau)

Des associations binaires très fréquentes :

* Agrégation
* Composition

L’agrégation :



l’agrégation est une relation binaire reliant des composants à un composé

la vie des éléments est indépendante de celle de l’agrégat

un élément peut appartenir à plusieurs agrégats

ex : ici un triangle agrège 3 segments (qu'il appelle cotés), les segments peuvent servir à définir d'autres choses (des carrés par exemple, mais également d'autres triangles)

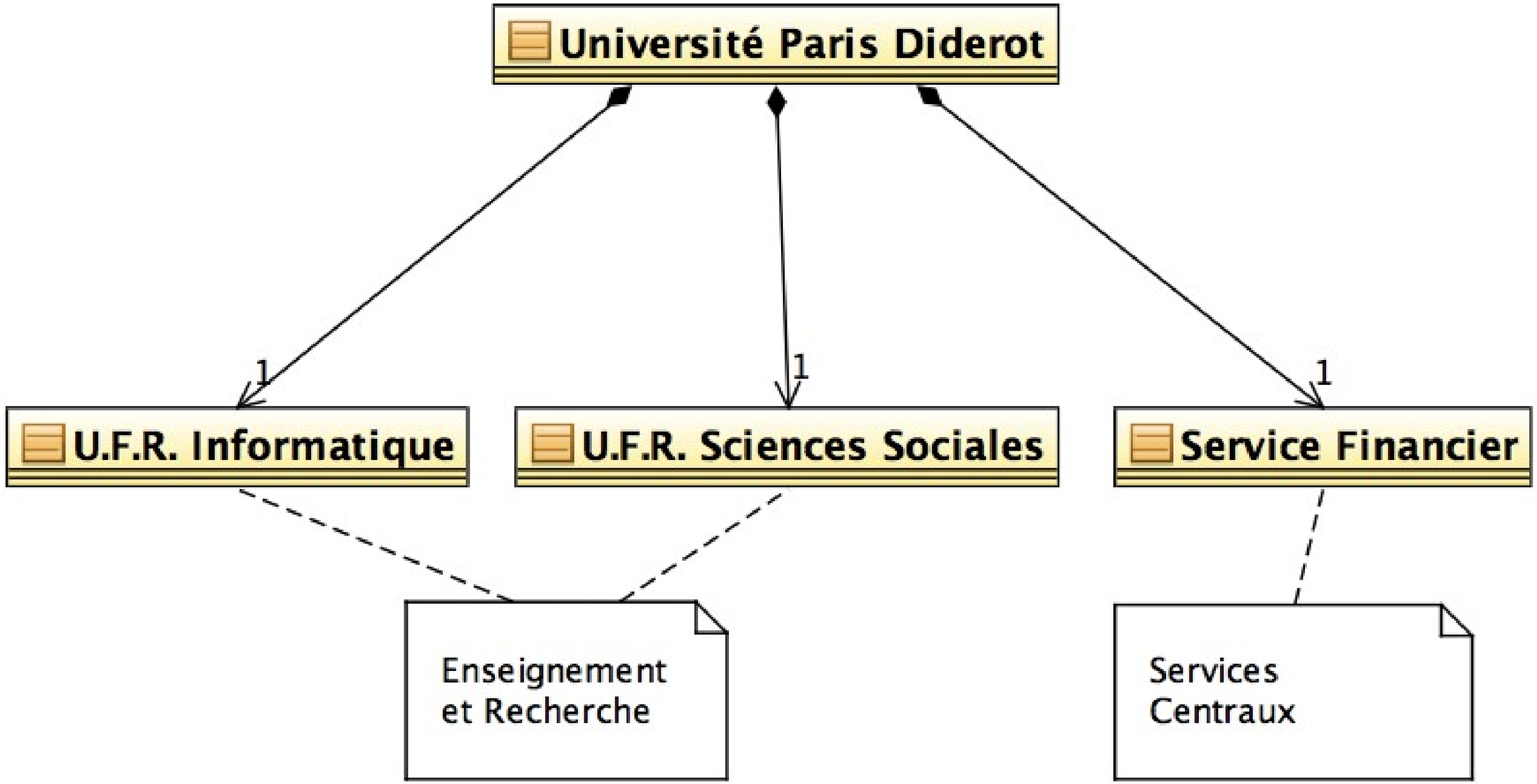
La navigabilité peut théoriquement venir surcharger cette notation (mais j'aurais tendance à la masquer coté triangle et la rendre visible coté segment)

La **composition** :

dépendance forte : une destruction du composé entraîne la destruction des composants

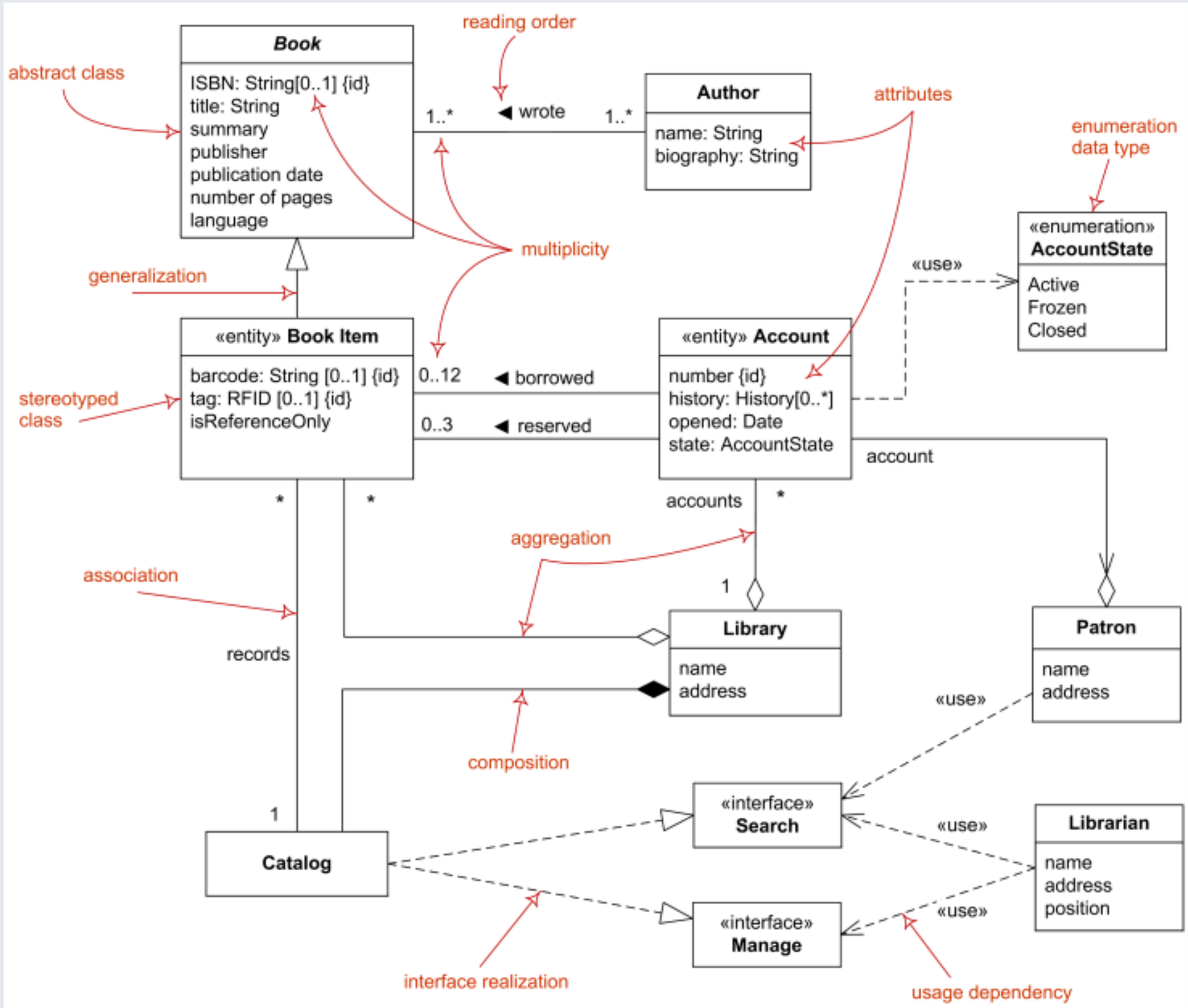
un composant ne peut appartenir qu’à un seul composé

Rq : ici 1..1 n'est intéressant que pour le différencier de 0..1, où un fichier pourrait exister sans répertoire (par exemple temporairement)

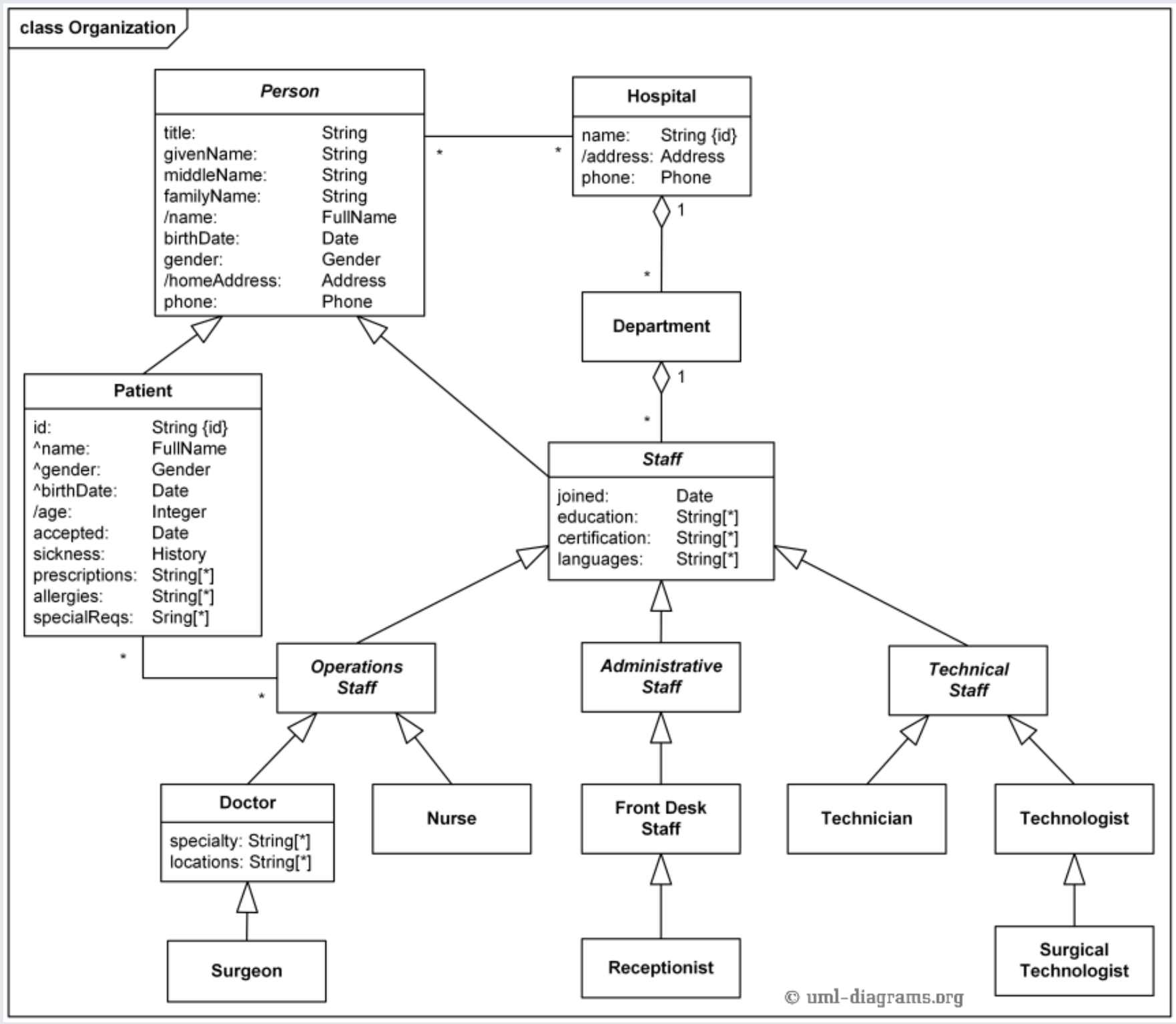

Université Paris Diderot
1
1
1
U.F.R. Informatique
U.F.R. Sciences Sociales
Service Financier
Enseignement
et Recherche
Services
Centraux

discussions ...

History ?
Redondance ?
Multiplicité ?



discussions ...



Person-Hospital ??
Agregation ou Composition pour Department

LES POINTEURS, L'ALLOCATION DYNAMIQUE, LES TABLEAUX []

Les pointeurs - La syntaxe

```
int a{0}, b{0};
int *pa, *pb;
pa = &a; pb = &b;
cout << (a==b) << (pa==pb) << endl;
```

remarquez que :

* ne fait pas vraiment partie du type (sinon on aurait écrit int * pa, pb)

& permet de récupérer l'adresse (il a d'autres usages : expr. logique, type référence)

Le zéro d'un pointeur est nullptr.

Il n'y a pas d'affectation par défaut

Les pointeurs - La syntaxe (2)

```
int a{0}, *pa{&a};
cout << a << *pa << endl;
```

c'est * qui permet de récupérer l'objet pointé

Que fait :

```
int a{0}, *pa{&a};
cout << a << *pa << endl;
*pa++;
cout << a << *pa << endl;
```

... je ne sais pas ...

Les pointeurs - La syntaxe (2)

```
int a{0}, *pa{&a};
cout << a << *pa << endl;
```

c'est * qui permet de récupérer l'objet pointé

Que fait :

```
int a{0}, *pa{&a};
cout << a << *pa << endl;
*pa++;
cout << a << *pa << endl;
```

... je ne sais pas ...

++ est prioritaire sur * ... on voulait ici (*pa)++ on a eu *(pa++)

Allocation dynamique :

```
int *p1 = new int    // allocation d'un espace libre
int *p2 = new int{10}; // allocation + initialisation
```

```
int *q = new int[10]; // 10 entiers consécutifs
```

Qu'on utilise ainsi :

```
for (int i=0;i<10;i++) *(q+i)=i;
for (int i=0;i<10;i++) q[i]=-i;
```

Pensez à libérer l'espace alloué dynamiquement
(sous votre responsabilité)

```
int *p = new int;
delete p;
```

```
int *q = new int[10];
delete [] q;
```

LES PORTÉES DES NOMS

L’opérateur :: permet d’accéder à un nom dans un contexte donné (espace de noms)

```
// une variable globale
int v;
int f(int v) {
    v = 3;
    return ::v;
}
```

un paramètre (var. locale)

accès à la variable locale

accès à la variable contextuelle

```
// dans A.hpp
namespace A {
    double x = 0.123;
}
```

```
// dans B.hpp
namespace B {
   string x = “truc“;
}
```

```
// ailleurs.cpp
#include “A.hpp“
#include “B.hpp“
....
....
if (A::x >0)
    cout << B::x << endl;
```

```
// ailleurs.cpp
#include “A.hpp“
#include “B.hpp“
....
using namespace A; // pas les 2...
if (x >0)
    cout << B::x << endl;
```

```
namespace two {
   namespace one { const int zero = 0; }
}
// qu'on utilisera ainsi
two::one::zero;
```

UN PETIT QUIZZ POUR FINIR

JOUER AVEC CONST ET * LES PRIORITÉS ENTRE * ET []

Quizz 1

```
int *t =new int[10];
int t2 [10];
t=t2; // ok ou non ok ?
t2=t; // ok ou non ok ?
```

Quizz 1

```
int *t =new int[10];
int t2 [10];
t=t2; // ok ou non ok ?
t2=t; // non ok
```

incompatible types in assignment of ‘int*’ to ‘int [10]

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  //
cout << *x << endl; //
cout << y << endl;  //
cout << *(x[0]) << endl;  //
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  //
cout << *x << endl; //
cout << y << endl;  //
cout << *(x[0]) << endl;  //
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; //
cout << y << endl;  //
cout << *(x[0]) << endl;  //
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  //
cout << *(x[0]) << endl;  //
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  //
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; //
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << (*x)[1] << endl; //
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << (*x)[1] << endl; // 8
cout << *(x[1]) << endl; //
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << (*x)[1] << endl; // 8
cout << *(x[1]) << endl; // 4
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << (*x)[1] << endl; // 8
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << *x[1] << endl; // ??
```

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 2

```
int *x[10], y[10], z{4};
// comment décrire le type de x et de y ?

y[0]=123;
x[0]=y;
x[1]= &z;
y[1]=2*z;
cout  << x[0] << endl;  // du genre 0xbfb22154
cout << *x << endl; // idem
cout << y << endl;  // idem
cout << *(x[0]) << endl;  // 123
cout << (*x)[0] << endl; // 123
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << (*x)[1] << endl; // 8
cout << *(x[1]) << endl; // 4
cout << *x[1] << endl; // 4
```

Notez la priorité de [] sur *

(qu'on avait déjà comprise sur les types ...)

y est un(e adresse de) tableau contenant 10 entiers

x est un(e adresse de) tableau contenant 10 pointeurs vers des entiers

Quizz 3

```
int const a {1};
const int b {1};

const int *p {&a};
p = &b; //
*p = 2;  //
```

Règle générale pour const :
il s'applique à ce qui se trouve directement à sa gauche.
Tolérance :
s'il n'y a rien qui le précède, il s'applique au premier type à sa droite.

Quizz 3

```
int const a {1};
const int b {1};

const int *p {&a};
p = &b; // ok
*p = 2;  // interdit

int c {3}, d = 4.5;
int *const q = &c;

*q = 4;  //
q = &d; //
q = &a; //
```

Règle générale pour const :
il s'applique à ce qui se trouve directement à sa gauche.
Tolérance :
s'il n'y a rien qui le précède, il s'applique au premier type à sa droite.

Quizz 3

```
int const a {1};
const int b {1};

const int *p {&a};
p = &b; // ok
*p = 2;  // interdit

int c {3}, d = 4.5;
int *const q = &c;

*q = 4;  // ok
q = &d; // interdit
q = &a; // interdit

const int * const r {&a};
r = &c; //
*r = 5; //
```

Règle générale pour const :
il s'applique à ce qui se trouve directement à sa gauche.
Tolérance :
s'il n'y a rien qui le précède, il s'applique au premier type à sa droite.

Quizz 3

```
int const a {1};
const int b {1};

const int *p {&a};
p = &b; // ok
*p = 2;  // interdit

int c {3}, d = 4.5;
int *const q = &c;

*q = 4;  // ok
q = &d; // interdit
q = &a; // interdit

const int * const r {&a};
r = &c; // interdit
*r = 5; // interdit
```

Règle générale pour const :
il s'applique à ce qui se trouve directement à sa gauche.
Tolérance :
s'il n'y a rien qui le précède, il s'applique au premier type à sa droite.

Quizz 4

```
int b[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
const int * const x[10] {b};  //
```

Quizz 4

```
int b[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
const int * const x[10] {b};  // ok !

cout << *x[0] << endl;  // 0
(*x[0])++;  // ?
```

Quizz 4

```
int b[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
const int * const x[10] {b};  //

cout << *x[0] << endl;  // 0
(*x[0])++;  // erreur
b[0]++;      // ?
```

Quizz 4

```
int b[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
const int * const x[10] {b};  //

cout << *x[0] << endl;  // 0
(*x[0])++;  // erreur
b[0]++;      // ok
cout << *x[0] << endl; // ?
```

Quizz 4

```
int b[10]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
const int * const x[10] {b};  //

cout << *x[0] << endl;  // 0
(*x[0])++;  // erreur
b[0]++;      // ok
cout << *x[0] << endl; // 1
```