Langages Orientés Objet

Langages orientés objet

Sommaire

1. Introduction

1.1 Le Logiciel

- Coût du logiciel
  - 20 / 100 lignes par jour*
  - 100 / 500 lignes par semaine*
  - 5000 / 25000 lignes par an*

100.000 lignes
⇒ 4 / 20 h/a
⇒ 120 / 600 K€

*: efficaces

- Nécessité d'évolution
  - amortissement nécessaire
  - réutilisation et/ou adaptation d'un tel objet
- Complexité
  - de spécification
  - d'implémentation

1.1 Le Logiciel

- Qualité logicielle
  - Aspect externe
    - Reflète le fonctionnement apparent du logiciel
    - Validité par rapport au cahier des charges
    - Usage :
      - Facilité d'emploi

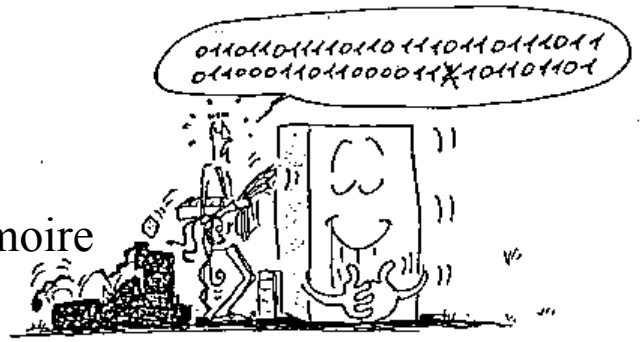
Utilisateur

  - Aspect interne
    - Reflète le fonctionnement effectif du logiciel
    - Maintenance
    - Evolution
    - Portabilité
    - Réutilisabilité

Programmeur

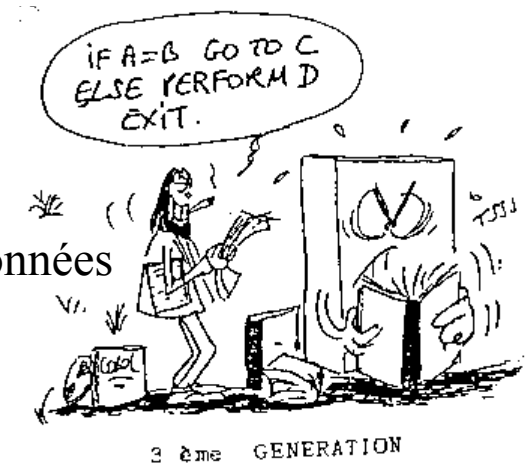
1.2. Historique de la conception (1/2)

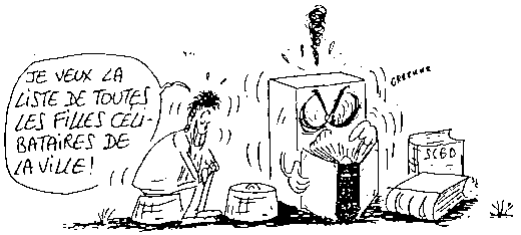
- 1.2.1.Clefs de classement
  - Topologie des données
  - Topologie des traitements
- 1.2.2.Générations de langages
  - 1ère génération (1950)
    - Code binaire dépendant du matériel
    - Structure de données plate
    - Sous programmes pour économiser la mémoire
    - Modification ⇒ réécriture
  - 2ème génération (1960)
    - Assembleur
    - Structure de données évoluée et globale
    - Sous programmes comme éléments d'abstraction
    - Modification ⇒ réécriture



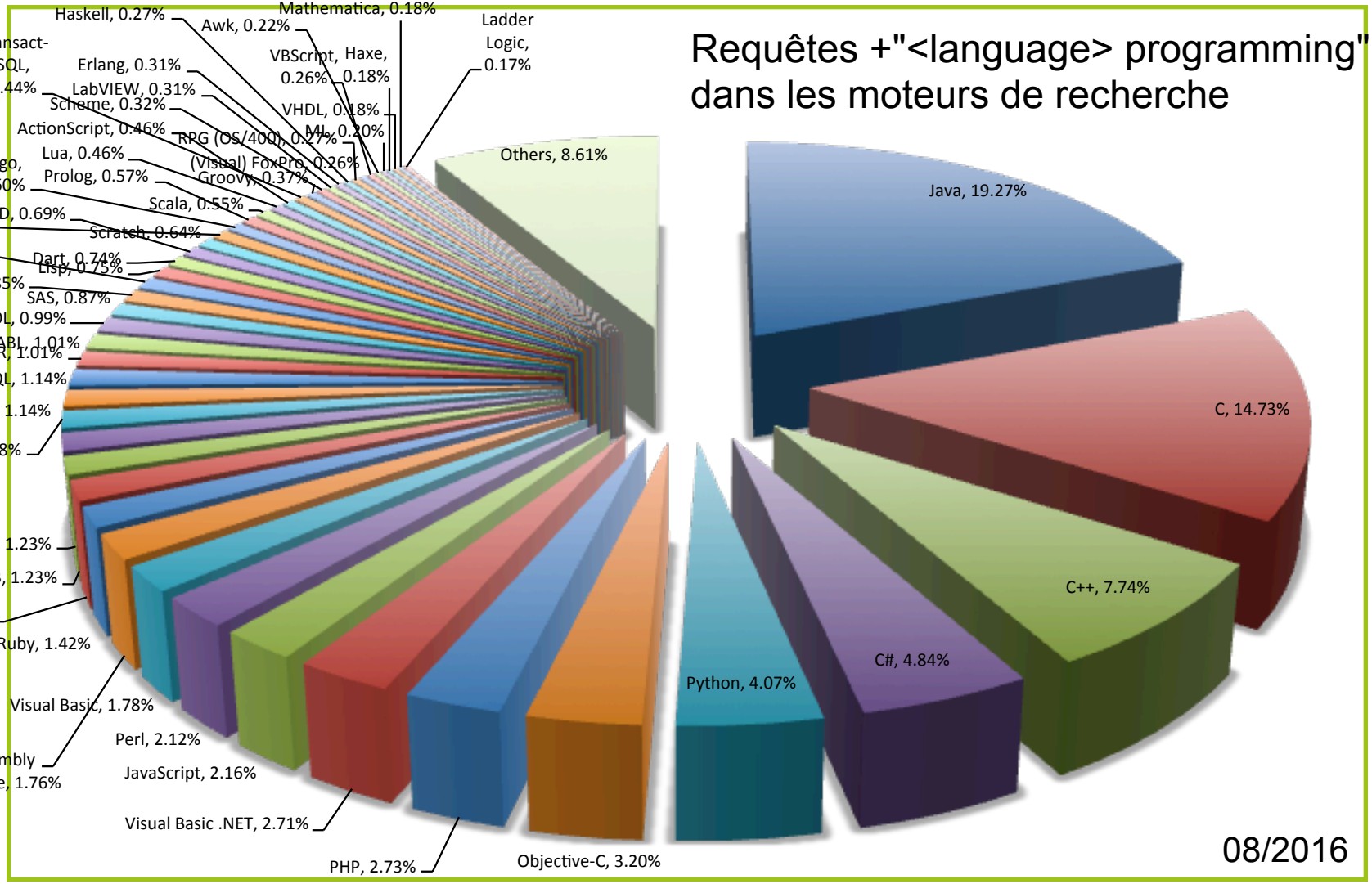
1.2. Historique de la conception (2/2)

- 3ème génération (1970)
  - Langages procéduraux : C, Pascal, Cobol
  - Structure de donnés évoluée et globale
  - Organisation hiérarchique et en modules indépendants avec leur propres structures de données
    - Eléments d'abstraction
    - Modules de traitements
    - Modules utilitaires
  - Modifications
    - Locales aux modules
    - De la structure ⇒ réécriture
- 4ème génération (1985)
  - Langages orientés " Tâches "
  - Les langages objets se situent dans la 3ème ou la 4ème génération
- 5ème génération
  - Programmation en langage naturel ???
    - Exprimer le problème correspond souvent à une bonne partie de sa solution …



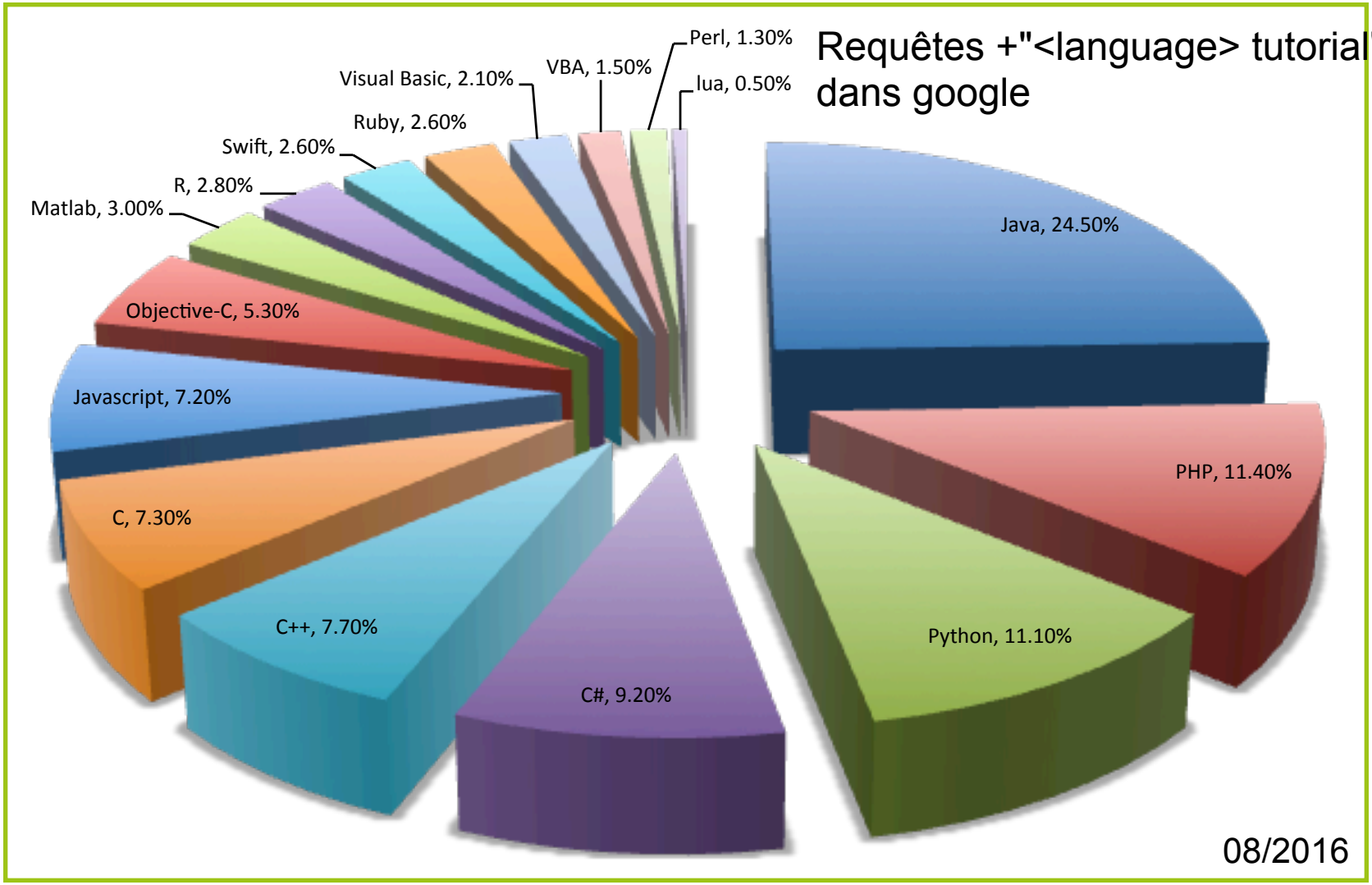


TIOBE Index



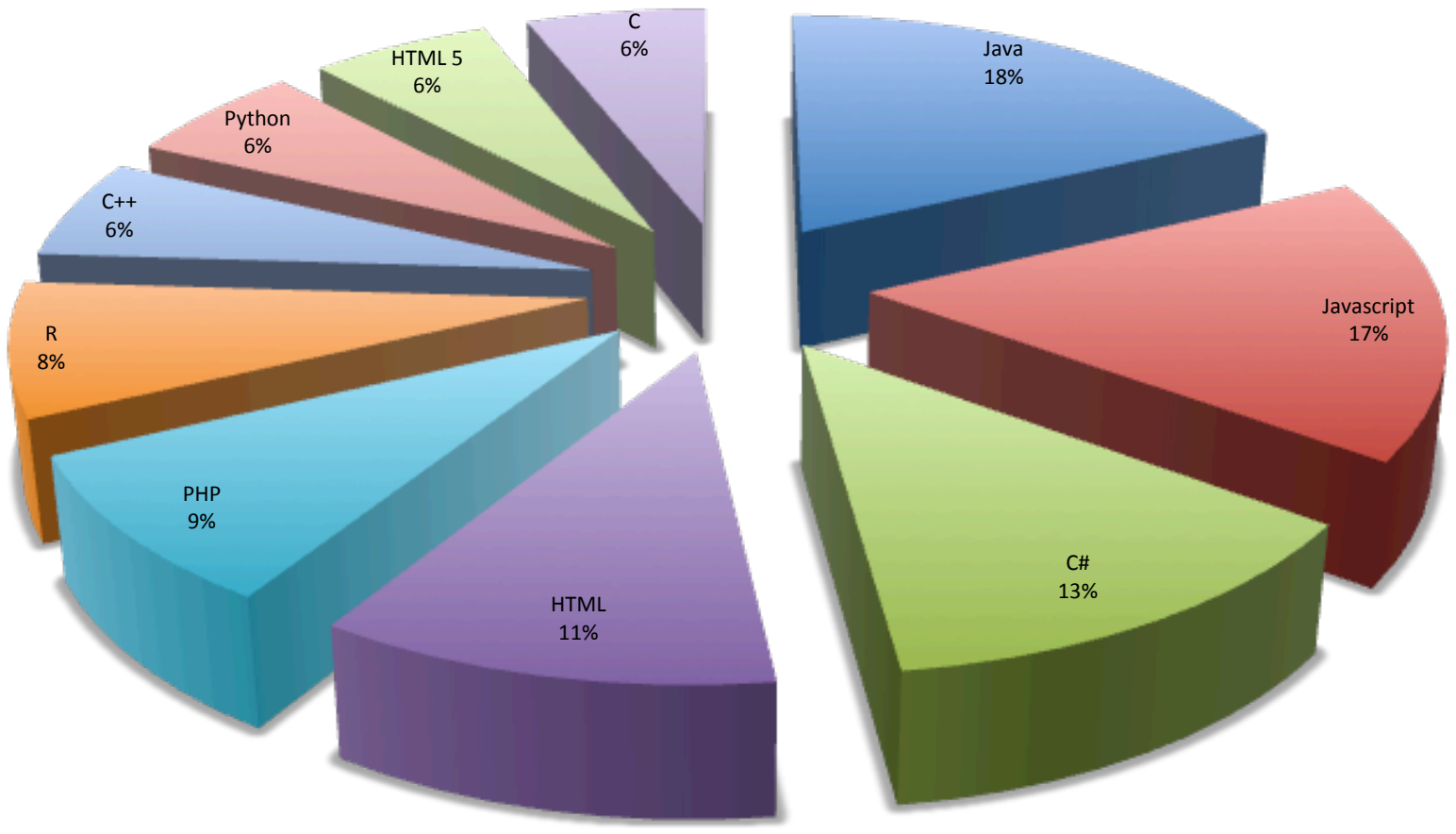
http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html

PopularitY of Programming Language (PYPL)



http://pypl.github.io/PYPL.html

Trendy Skills



http://trendyskills.com/#trends

1.3. Objectifs

- Améliorer la qualité des logiciels à travers :
  - Portabilité : isoler les détails de l'implémentation
    - Vrai pour tous les LOO
  - Compatibilité : avec les langages antérieurs :
    - Langage C ⊂ C++
  - Validité, vérifiabilité :
    - Développement de méthodologies et outils de GL
  - Intégrité : protection des données et du code interne :
    - Données privées
    - Traitements généralement publics
  - Fiabilité : Fonctionnement " dégradé " possible :
    - Non, mais on peut établir un " contrat " de fonctionnement
  - Maintenance, extensibilité : héritage
    - Caractéristique commune à tous les LOO
  - Réutilisabilité :
    - Généricité
  - Efficacité : Proche de la machine
  - Ergonomie :
    - Facilité d'utilisation et d'apprentissage

1.4. La réponse objet

- Structuration :
  - Décomposition, regroupement
- Associer données et traitements :
  - Types abstraits, classes
- Limiter les accès :
  - Masquage : Interface externe publique
- Typer, caractériser :
  - Typage fort
- Gestion dynamique des éléments :
  - Création, destruction, polymorphisme
- Généraliser :
  - Héritage, Généricité

2. Les mécanismes orientés objet

Avant propos

Langages utilisés : Java, C++*, C#, SmallTalk

Attention : les exemples utilisés sont souvent incomplets et ne peuvent être compilés tels quels.

* : voir la fin du cours (p 109)

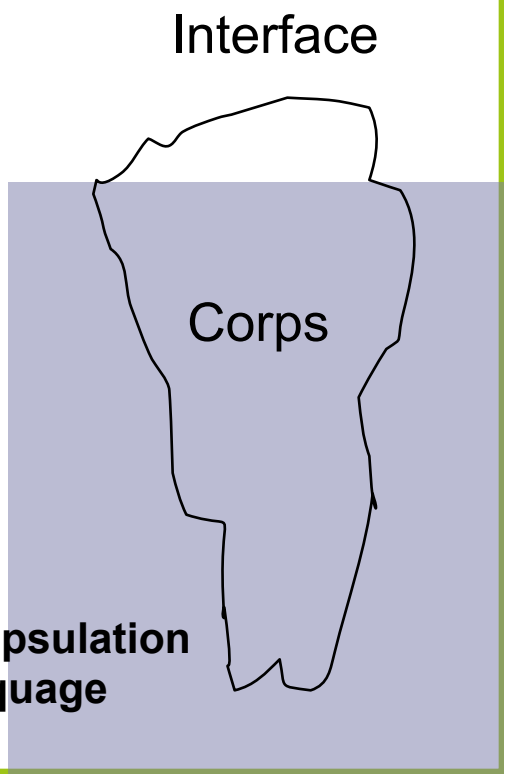
2.1. Caractéristiques des langages-exemples

- Java
  - Orienté objet
  - Structures de contrôle semblables au C
  - Compilé ou compilé au vol (*Just In Time*)
  - Nécessite une machine virtuelle
- C++
  - Orienté objet
  - Structures de contrôle du C : C ⊂ C++
  - Compilé
  - Ne nécessite pas de machine virtuelle
- C#
  - Orienté objet
  - Structures de contrôle semblables au C
  - Compilé
  - Ne nécessite pas de machine virtuelle, mais un framework conséquent
- SmallTalk
  - Objet
  - Les structures de contrôle sont des méthodes des objets
  - Compilé au vol (*Just In Time*)
  - Nécessite une machine virtuelle

2.2. Caractéristiques des objets

- Caractéristiques
  - Pas de structure de données globales (les données restent **dans** l'objet)
  - Communication par messages (méthodes des objets)

- Paradigme de l'iceberg
  - Interface externe accessible
    - des fonctions
    - une fonctionnalité
  - Implémentation interne (Corps) cachée
    - des données (accessibles uniquement par les fonctions ci-dessus)
    - des fonctions internes



2.3. Classe & instance

Classe & instance

Définition de la classe :

Données (informations passives)

\+ *Traitements* liés à ces données (informations actives)

⇨ Type abstrait

Définition de l'instance :

La classe est un type

Les variables de ce type sont des *instances* de la classe

Deux étapes :

1. Définition de la classe ⇔ type
2. Déclaration et création des instances ⇔ variables

→ Au moment de leur utilisation

Types

- Une classe définit un « type » au sens des langages procéduraux (C, Pascal, …).
- Java :
  - Les types simples existent : byte, short, int, char (entiers), float, double (flottants), boolean. Mais ils ne sont pas considérés comme des classes.
  - Les classes peuvent être vues comme des types.
- C++ :
  - Les types simples existent (ceux du C) et sont considérés comme des classes.
  - Les classes forment des types (compatibilité avec le C).
- SmallTalk : langage faiblement typé.
  - Les types simples n'existent pas.
  - Tout est objet, même les structures de contrôle.

Exemple

Objet : *«Compte bancaire»*

Données membres - **Attributs** (variables d'instance) :

numéro et *solde*

Fonctions membres - **Méthodes** (traitements) :

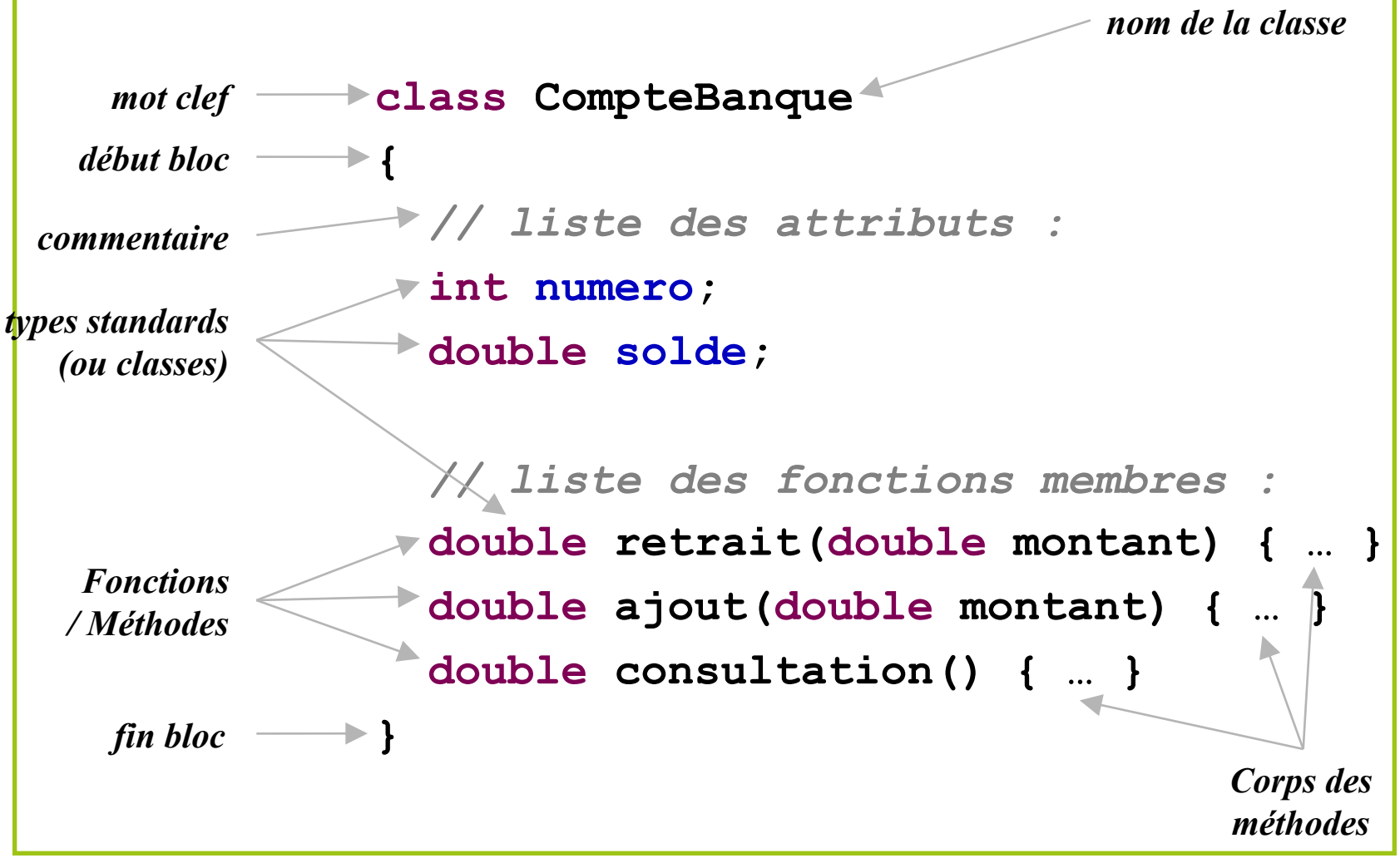
retrait, *ajout* et *consultation*

Définition de la classe :

- Liste des attributs et méthodes
  - *numéro* : entier
  - *solde* : double
  - *retrait* et *ajout* : renvoient une valeur double, 1 argument double
  - *consultation* : renvoie une valeur double, pas d'argument

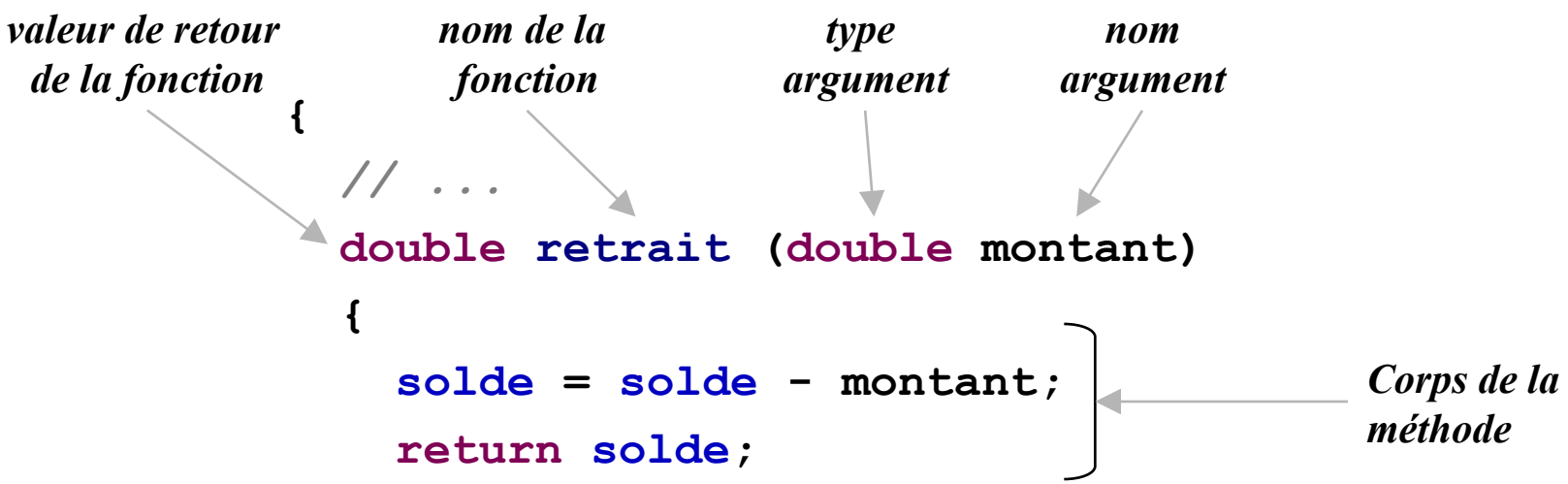
Exemple - *Déclaration*

Java



Exemple - *implémentation*

Java




```
{
  // ...
  double retrait (double montant)
  {
    solde = solde - montant;
    return solde;
  }
  double ajout (double montant)
  { return solde += montant; }
  // équivalent à : solde = solde + val;
   return solde;
  double consultation ()
  { return solde; }
}
```

Exemple - *Instanciation*

Java

Déclaration & création d'une instance :

nom de la classe (type)

nom de l'instance (variable)

déclaration de l'instance

création de l'instance

Opérateur « new »

```
CompteBanque monCompte;
monCompte = new CompteBanque();
```

monCompte est une **référence** vers un CompteBanque

Autres cas :

- Constantes : «final»

```
final Chaine NULLE = new Chaine("");
```

- Tableaux : «[]»

Deux formes de déclaration

```
Point vecteur[] = new Point[10];
Point[][] matrice = new Point[10][100];
for (int i=0;i<5;i++) {vecteur[i]=new Point();}
```

Déclaration/ Création de tableaux

Création des cases du tableau

Exemple - *Accès aux membres*

Java

Accès :

Toujours par rapport à une structure de données existante, réelle, effective, c'est-à-dire une ***instance***

Syntaxe :

Depuis :	*Opérateur :*
• une instance	« . » (point)
• un élément d'un tableau	« . » (point)

Exemples :

```
CompteBanque monCpt = new CompteBanque();
CompteBanque[] tabCpt = new CompteBanque[3];
for (int i=0; i<3; i++) tabCpt[i] = new CompteBanque();
… monCpt.numero = …
… monCpt.ajout(12); …
… tabCpt[1].consultation(); …
CompteBanque.solde
CompteBanque.retrait (23)
```

Faux ! (CompteBanque est un type, **pas** une variable)

Accès à soi même

Java

- Comment faire référence à soi même à l'intérieur d'une classe ?
  - Java & C++ : mot clé « this »
    - en Java / C# : this est une référence à l'instance courante
    - en C++ : this est un pointeur sur l'instance courante
  - SmallTalk : mot clé « self »
- Utilité : résolution de conflits de noms dans les méthodes

```
void init(double solde, int numero)
{
    this.solde = solde;
    this.numero = numero;
}
```

2.4. Accessibilité

Accessibilité

- But : implémenter le paradigme de l'iceberg
  - Masquer au client* le corps de la classe (partie privée)
  - Le client est limité à l'interface (partie publique)

  } **Encapsulation**

- Utilité
  - Modularité & cohérence
    - Les modifications du corps n'entraînent aucune modification dans l'interface présentée au client

  ⇒ Développement
    - 1/ Définition des interfaces
    - 2/ Implémentation du corps des classes <u>en parallèle !</u>

* : utilisateur de la classe

Notions d'accessibilité

- Domaine d'application de l'accessibilité
  - A l'intérieur d'une classe tous les membres sont accessibles
  - Les règles d'accessibilité s'appliquent à l'extérieur de la classe : ⇒ au client.
- En SmallTalk (accessibilité figée)
  - Les attributs sont privés
  - Les méthodes sont publiques ⇒ on n'accède aux attributs qu'à travers les méthodes
- En Java, C++, C# … (accessibilité à la carte)
  - Trois modes d'accès applicables aux membres de classes (attributs & méthodes) :
    - public
    - protégé
    - privé

Modes d'accès (1/2)

Modes d'accès - 3 cas possibles définis par des « modificateurs » d'accès :

- ***Public*** **«`public`»**

  Tout le monde peut utiliser un tel membre

  Emploi du nom du membre autorisé à l'extérieur de la classe

  Exemple Java :

```
…
   CompteBanque monCompte  = new CompteBanque(…);
   monCompte.retrait(100); // autorisé si retrait est déclaré public
…
```

- ***Protégé*** **«`protected`»**

  Seules les instances de la classe ou de ses héritières peuvent l'utiliser

  Emploi du nom du membre interdit en dehors de la classe, sauf héritières

  Exemple Java :

```
…
CompteBanque monCompte = new CompteBanque(…);
monCompte.solde = 100; // refusé si solde est déclaré protected
…
```

  💣 en Java, un membre protégé est malgré tout accessible en dehors de la classe, pour les classes appartenant au même « Package »

Modes d'accès (2/2)

- ***Privé*** **«`private`»**

  Seules les instances de la classe peuvent l'utiliser

  Emploi du nom du membre interdit en dehors de la classe

- Accès interne
  - Les méthodes ont accès à **tous** les membres (attributs, méthodes) de **leur** classe ∀ leur mode d'accès.
- Modes par défaut
  - Lorsque l'on ne spécifie aucun mode d'accès
  - **Java** : le mode implicite est le mode « package » équivalent au mode « public », mais limité aux classes d'un même package
  - **C++** & **C#** : le mode par défaut est le mode « private »
  - **Smalltalk** (les modificateurs n'existent pas)
    - Les méthodes sont toutes publiques
    - Les attributs sont tous protégés

    } Encapsulation forte

Choix du mode d'accès

Il faut classer les membres :

- «Internes» : protégés ou privés
  - typiquement les attributs et les méthodes utilitaires
- «Externes» : publics
  - méthodes d'accès aux attributs (ex : consultation)
  - opérations de la classe (ex : retrait, ajout)

Encapsulation forte

→ Nouvelle définition de la classe CompteBanque :

```java
class CompteBanque
{
  protected int numero ;
  protected double solde ;

  public double consultation(){…}
  public double retrait(double montant){…}
  public double ajout (double montant){…}
}
```

Java

Accès dans les Packages

Java

- Dans un Package Java
  - on peut spécifier la visibilité d'une classe en dehors du package avec le modificateur « public » appliqué cette fois à une classe
  - Mode par défaut : « package »
  - Exemple

```
package monpackage;
public class Visible
{
  protected Cachee cachee;
  public Visible()
  {
    cachee = new Cachee();
  }
}
```

monpackage/Visible.java

```
package monpackage;
class Cachee
{ …
  public Cachee(){…}
}
```

monpackage/Cachee.java

```
import monpackage.*;

public class TestPackageAccess
{
  public static void main(String[] args)
  {
    Visible vis = new Visible();
    Cachee cas = new Cachee();//erreur
    // interdit car "Cachee" n'est pas
    // accessible en dehors du package
  }
}
```

TestPackageAccess.java

Initialisations

- Comment initialiser les membres protégés ou privés ?
  - Avec une méthode d'initialisation (spécifique ou standard → constructeurs)
    - Elle doit être publique pour pouvoir être appelée de l'extérieur.
      ⚠ techniquement possible mais avantageusement remplacée par des constructeurs
  - Lors de la déclaration des attributs

→ Nouvelle définition de la classe CompteBanque :

```
class CompteBanque
{
 public double consultation(){…}
 public double retrait(double montant){…}
 public double ajout (double montant){…}
 public void init (int n, double s)
 {
  numero = n;
  solde  = s;
 }

 protected int numero    = 0;
 protected double solde = 0.0;
}
```

Java

Possible mais pas recommandé

Constructeurs

2.5. Constructeurs / Destructeurs

Constructeurs / Destructeurs

- Méthodes particulières utilisées lors de la création et la destruction d'instances
- Les Constructeurs remplacent avantageusement les méthodes d'initialisation
- Implémentation dans les langages
  - C++
    - Constructeurs (Ctors)
    - Destructeur (Dtor)
  - Java
    - Constructeurs
    - Garbage collecting pour la destruction & méthode de terminaison (finalize) déclenchée **par** le Garbage Collector.
  - C#
    - Constructeurs
    - Le Garbage Collector déclenche les destructeurs qui eux même déclenchent implicitement la méthode finalize.
  - SmallTalk
    - Constructeur : Méthode new (ou tout autre méthode)
    - Garbage collecting pour la destruction

Constructeurs (1/3)

Rôle : membres prédéfinis pour l'initialisation des instances
Nom : celui de la classe
Surchargeable, comme toute méthode (plusieurs définitions possibles)

Exemple :

Java

```java
//déclaration de la classe
public class CompteBanque
{
  public CompteBanque()
  {
    numero = 0; solde = 0.0;
  }

  public CompteBanque(int n, double s)
  {
    numero = n; solde = s;
  }

  public CompteBanque(int n)
  {
    numero = n;
    solde = 0.0;
  }
  /*...*/
}
```

CompteBanque.java

Constructeurs (2/3)

- Vocabulaire
  - Constructeur **par défaut** : constructeur sans arguments initialisant les attributs avec des valeurs par défaut.
    - On verra quelques subtilités supplémentaires à ce sujet.
  - Constructeur **valué** : constructeur possédant un ou plusieurs arguments destinés à initialiser tout ou partie des attributs.
  - Constructeur **de copie** : constructeur possédant un seul argument du type même de la classe et permettant de copier tout ou partie des attributs d'une instance dans une autre.

Constructeurs (3/3)

Retour :

Renvoie une instance de la classe (déclaration du type de retour implicite)

Appel :

Uniquement lors de la création d'une instance (1 seule fois par instance, a priori).

Exemple : déclarations d'instances

Java

```
CompteBanque c1 = new CompteBanque(1, 100.0);
CompteBanque c2 = new CompteBanque(2);
CompteBanque c3 = new CompteBanque();
```

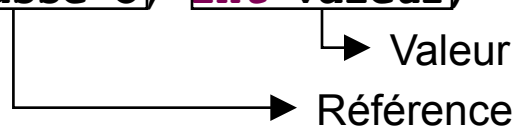
`c1.CompteBanque(1, 100.0)` est **interdit** !

Appels implicites aux constructeurs

Java

- Que se passe t'il lors du passage d'un élément en argument d'une méthode ?
  - Type objet : la **référence** de l'objet est recopiée dans la pile.
  - Type simple : la **valeur** est recopiée dans la pile.
- Aucun appel implicite aux constructeurs en Java :
  - Toutes les instances sont créées à travers l'opérateur **new** qui fait appel aux constructeurs.
  - Exemple :

```
public int maMethode(MaClasse o, int valeur)
```



Constructeur(s) par défaut (1/2)

- Lorsque aucun constructeur n'est défini :
  - en Java : Il ∃ un constructeur par défaut (sans argument)
  - en C++ : Il ∃ un ctor par défaut (sans argument), un ctor de copie, un ctor de déplacement par défaut, des opérateurs de copie/ déplacement par défaut et un dtor par défaut.
- S'il existe au moins un constructeur (Quel qu'il soit : avec ou sans arguments) :
  - en Java : le constructeur par défaut fourni automatiquement n'existe plus (il faut donc l'écrire).
- Lorsqu'il existe un ou plusieurs constructeurs dans une classe :

  ⇒ on continue d'appeler abusivement « Constructeur par défaut » tout constructeur défini sans argument.

Constructeur(s) par défaut (2/2)

Constructeur sans arguments

Exemple :

Java

```
class CompteBanque
{
    public CompteBanque ()
    {
        numero = 0 ; solde = 0 ;
    }
    /*...*/
}
/*...*/
class MainApp
{
    public static void main (String args[])
    {
        CompteBanque cpt = new CompteBanque();
        /*...*/
    }
}
```

Appel explicite

CompteBanque.java

Si **aucun** constructeur n'est défini : il existe « par défaut » un constructeur par défaut

Constructeur de copie

Java

Syntaxe : `NomClasse(NomClasse objet);`

Si ce constructeur n'est pas défini : il faut donc l'écrire !!!

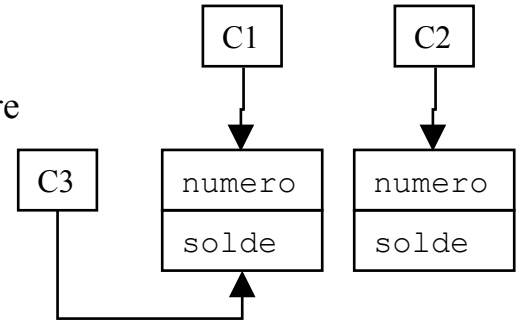
Un seul type d'appel :

- Appel explicite lors d'une initialisation par copie
- Une déclaration suivie d'une affectation ne fait **pas** appel au constructeur de copie.

≠ Copie :

⇒ les deux objets pointerons vers une **même** zone mémoire

⇒ Il ne s'agit donc **pas** de deux instances différentes



Exemple :

```
class CompteBanque {
    …
    public CompteBanque(CompteBanque c) { … } // constructeur de copie
    void afficheAutreCompte(CompteBanque cpt) { cpt.consultation(); }
    public static void main(String args[])
    {
        CompteBanque c1 = new CompteBanque(1, 1000.0);
        CompteBanque c2 = new CompteBanque(c1); // appel explicite au
                                                // constructeur de copie
        CompteBanque c3 = c1; // copie de la référence de c1 dans c3
        c2.AfficheAutreCompte(c1); // passage de la référence de c1
    }
}
```

Gestion mémoire

Java

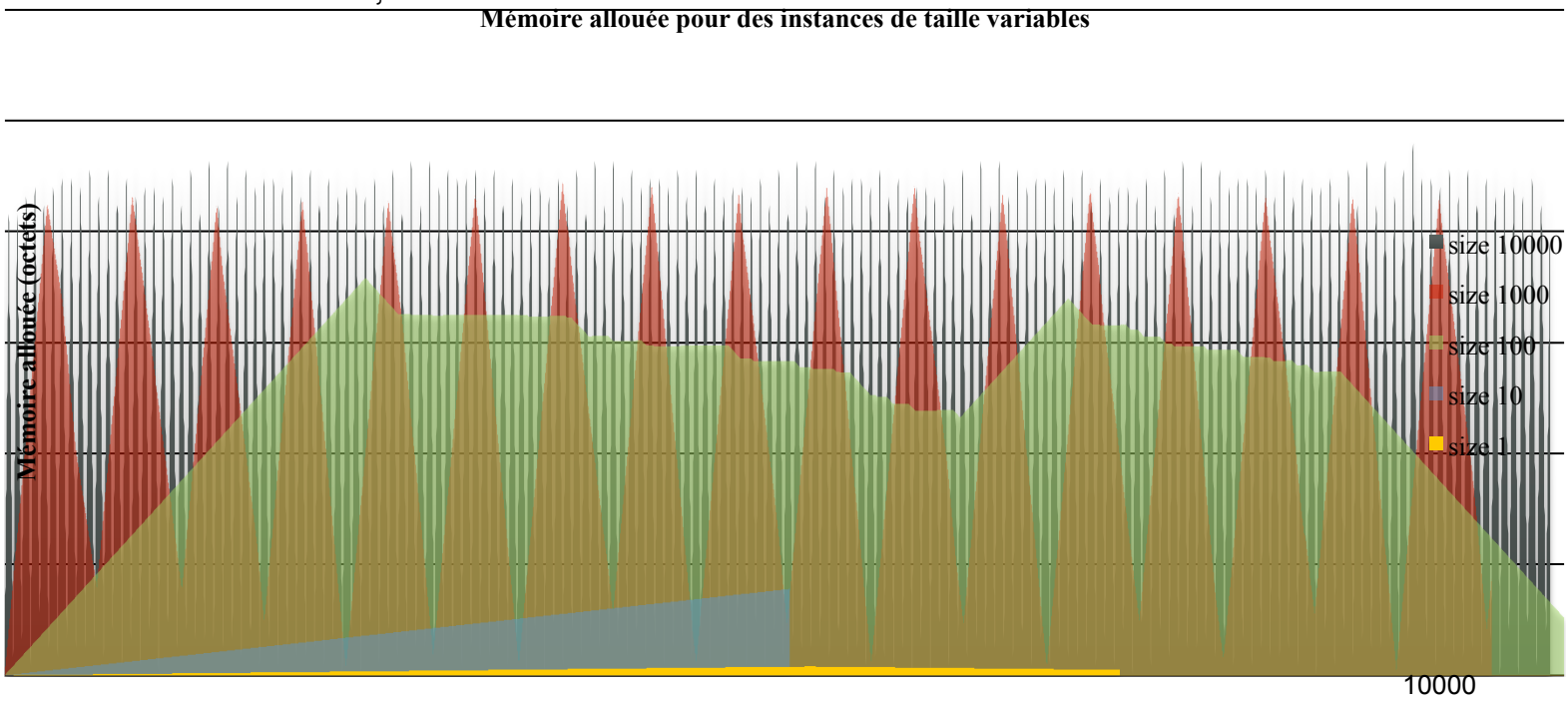
- Gestion implicite de la mémoire : Langages Objets purs (Java, SmallTalk, C#)
  - Création d'instances : **`new`**
    - `MaClasse monObjet = new MaClasse (…);`
  - Destruction d'instances :
    - Automatique, dès qu'il n'y a plus aucune référence vers ces instances : **Garbage Collecting**
    - On peut néanmoins, implémenter la méthode « `finalize` » en Java
      - Appelée par le Garbage Collector avant le nettoyage des instances.
      - `protected void finalize() throws Throwable { … }`
- Gestion explicite de la mémoire : C++
  - Toute instance dynamiquement allouée par l'utilisateur doit être explicitement détruite par l'utilisateur (pas de Garbage Collecting).

Garbage Collector

Java

- Tâche : allocation de n doubles m fois sans conserver de références :

```
while (loopCount < maxLoop)
{
  double[] dt = new double[size];
  loopCount++;
}
```



Construction / Destruction

Java

- Construction
  - Les constructeurs doivent être appelés explicitement avec le mot clé **`new`**.
  - Pour les tableaux :
    - Les constructeurs doivent être appelés explicitement pour chacun des éléments. (voir Exemple - *Instanciation* en Java page 28)

- Destruction
  - Par le Garbage Collector dès qu'une instance n'est plus référencée.
  - Le Garbage Collector peut éventuellement déclencher la méthode **`protected void`** `finalize()` **`throws`** `Throwable` de l'instance à détruire.

variable ≠ instance

Java

```
A a0;
{
    /*...*/
    A a1;
    A a2;
    a1 = new A();
    a2 = new A();
    a0 = a2;
}
/*
 * à la fin du bloc les variables a1 et a2 disparaissent : l'instance
 * référencée par a1 n'est plus référencée, mais l'instance référencée
 * par a2 est encore référencée par a0. Seules les instances non
 * référencées sont destructibles par le Gargabe Collector
 */
```

2.6. Membres de classe

Membres de classes

- Eléments globaux à une classe : indépendants des instances
- Attributs de classes
  - Une seule valeur, partagée par toutes les instances de la classe
  - Mêmes limitations d'accès que pour les autres membres
  - variable de classe ≠ variable d'instance (attribut ordinaire)
    - Les variables de classes sont stockées dans la classe elle même
    - Alors que les variables d'instances sont stockées dans les instances de cette classe (les objets).
- Méthodes de classes
  - Les méthodes de classe ne peuvent accéder qu'aux **attributs** de classe de la classe.
  - On utilise les méthodes de classes
    - Pour manipuler les variables de classes
    - Pour les opérations concernant plusieurs instances de la classe
      - Exemple : distance entre deux Points (voir exemple suivant)

Membres de classe - *Java*

- mot clé `static`
- Exemple : nombre d'instances & opération sur 2 instances

```
class Point2D
{
  protected double x, y;
  protected static int nbPoints = 0;
  …
  public Point2D (double x,
                  double y)
  {
    this.x = x; this.y = y;
    nbPoints++;
  }
  public static double distance
   (Point2D p1, Point2D p2)
  {
    double dx = p2.x - p1.x;
    double dy = p2.y - p1.y;
    return(Math.sqrt( (dx*dx) +
                      (dy*dy) );
  }
}
```

```
class testPoint2D
{
  // test de la classe Point2D (méthode main)
  public static void main (String args[])
  {
    Point2D p1, p2;
    p1 = new Point2D(0.0, 0.0);
    p2 = new Point2D(1.1, 2.0);

    double dist1 = p1.distance(p1, p2);

    double dist2 = Point2D.distance(p1, p2);

    System.out.println(
      "Nombre de points : " +
      Point2D.nbPoints);
  }
}
```

Pas de sens mais syntaxiquement correct

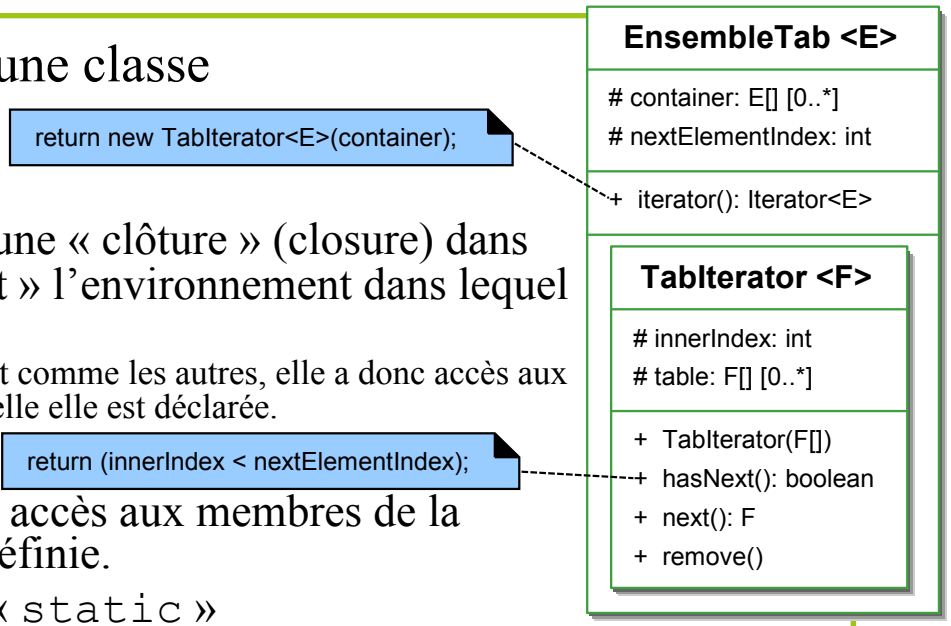
Membres de classe – *SmallTalk / Python*

- Metaclasse
  - Chaque classe est une instance de sa métaclasse
  - Les variables de classes sont des variables d'instance de la metaclasse.
  - Les membres de classe sont donc des membres d'instance de la metaclasse.

2.7 Classes Internes et Imbriquées

Inner / Nested / Local classes

- Classes déclarées à l'intérieur d'une classe
- Java
  - Classes internes
    - Les classes internes forment une « clôture » (closure) dans la mesure où elles « capturent » l'environnement dans lequel elles sont définies :
      - Une classe interne est un attribut comme les autres, elle a donc accès aux membres de la classe dans laquelle elle est déclarée.
  - Classes imbriquées
    - Une classe imbriquée n'a pas accès aux membres de la classe dans laquelle elle est définie.
    - Déclaration avec le mot clé « `static` »
  - Classes locales (anonymes)
    - Classes déclarées dans un bloc (i.e. un méthode par exemple), forment une clôture comme les classes internes : capturent l'environnement de la classe dans laquelle elles sont déclarées.
- C++
  - Classes imbriquées seulement
  - Déclaration sans mot clé « `static` »



Classes anonymes

Java

- Classes implémentant une interface directement dans une variable ou un argument nécessitant cette interface:
  - Exemple : `EventQueue.invokeLater` attends une instance d'une classe implémentant l'interface `Runnable`

```
// Création d'une fenêtre
final ClientFrame frame = new ClientFrame(…);

// Insertion de la frame dans la file des évènements GUI : Runnable anonyme
EventQueue.invokeLater(new Runnable()
{
    public void run()
    {
        try
        {
          frame.pack();
          frame.setVisible(true);
        }
        catch (Exception e)
        {
            …
        }
    }
});
```

- Les classes anonymes (au même titre que les classes internes ont accès aux membres de la classe dans laquelle elles sont déclarées.
- Toutefois, les classes anonymes ne peuvent accéder qu'aux variables « final » de leur environnement (scope)

Note : Runnable ne définit qu'une seule méthode abstraite « run », c'est donc une « functional interface »

2.8. Polymorphisme

Polymorphisme - *La surcharge*

- Capacité de donner le même nom à des méthodes «similaires» ayant des listes d'arguments distinctes par le **nombre** et/ou le **type** des arguments.

1. Identification par le **nombre** des arguments

Exemple Java : *moyenne de 2 ou 3 valeurs*

```
…
static double moyenne (double v1, double v2) { … }
static double moyenne (double v1, double v2, double v3){ … }
…
public static void main (String args[])
{
  double m1 = moyenne(2.1, 4.8);
  double m2 = moyenne(2.1, 4.8, 6.3);
}
```

Valable pour Java, C++, Smalltalk, ...

Polymorphisme - *La surcharge*

2. Identification par le **type** des arguments

Exemple Java : *moyenne de 2 valeurs entières ou réelles*

```
…
static int moyenne (int v1, int v2) { … }
static double moyenne (double v1, double v2)
{ … }
…
public static void main (String args[])
{
  int m1 = moyenne(2, 4);
  double m2 = moyenne(2.1, 4.8);
}
```

Valable pour Java, C++

Smalltalk est non typé

Polymorphisme - *La surcharge*

- **Pas** de prise en compte du type de la valeur de retour pour l'identification de l'appel
  - Valable pour Java, C++, Smalltalk
- Exemple Java : *moyenne de 2 valeurs entières ou réelles*

```
…
static double moyenne (double v1, double v2){…}
static int moyenne (int v1, int v2) {…}
static double moyenne (int v1, int v2) {…}
// Erreur de compilation
…
```

- Respecter autant que possible la sémantique du nom de la fonction

Polymorphisme - *Conversion de types*

Stats.java

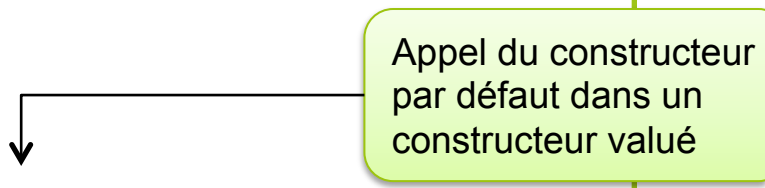
```
public class Stats
{
    public double moyenne(double v1, double v2) {…}
    public double moyenne(int v1, int v2) {…}
    public double moyenne(double v1, double v2, double v3) {…}
    public double moyenne(double... values) {…}
    // Erreur de compilation : duplicate method moyenne(double, double)
    public int moyenne(double v1, double v2) {…}
}
```

TestStats.java

```
…
public static void main(String[] args)
{
   Stats stats = new Stats();
   double r1 = stats.moyenne(2, 5);          // moyenne(int, int)
   double r2 = stats.moyenne(r1, 5);         // moyenne(double, double)
   double r3 = stats.moyenne(5, r1);         // moyenne(double, double)
   double r4 = stats.moyenne(5, (int)r1);// moyenne(int, int)
   double r5 = stats.moyenne(5, r2, r1); // moyenne(double, double, double)
   double r6 = stats.moyenne(r1, r2, r3, r4, r5, 5);// moyenne(double... )
}
…
```

Polymorphisme - *Les constructeurs*

- Les constructeurs sont soumis aux mêmes règles que les autres méthodes pour la surcharge
- Comment appeler un constructeur d'une même classe dans un autre constructeur ?
  - Java
    - avec le mot clé `this`
    - `Compte(String titulaire) { this(); …}`
      Rq : l'appel à l'autre constructeur doit alors être la première instruction du constructeur
  - C++ (11+ uniquement)
    - grâce aux constructeurs délégués (utilisation d'un constructeur dans un autre constructeur) :
  - Smalltalk: Il n'y a pas vraiment de constructeurs, seulement la réimplémentation de la méthode new.



Polymorphisme – *liste d'arguments variable*

Java

- Nombre variable d'arguments de même type dans une méthode.

```
public class VarArgs
{
    public static void vaTest(String msg, int... v)
    {
        System.out.print(msg +" (" + v.length + "): ");

        for (int x : v)     // Java Generics foreach
            System.out.print(x + " ");

        System.out.println();
    }

    public static void main(String[] args)
    {
        vaTest("One vararg", 10);
        vaTest("Three varargs", 1, 2, 3);
        vaTest("No varargs");
    }
}
```

sortie

```
One vararg (1): 10
Three varargs (3): 1 2 3
No varargs (0):
```

2.9. L’Héritage

Concept et réalisation

Concept

Définir une classe par spécialisation et/ou extension d'une autre classe

Attribution de manière automatique des propriétés (spécifications) d'une classe dite «*mère*» à une classe dite «*héritière*»

Caractéristique des vrais langages orientés objet

Réalisation

Tous les membres d'une classe *mère* sont dans la classe *héritière*

Des **SPÉCIALISATIONS** sont possibles :

- sur la réalisation des traitements : redéfinition, surcharge
- sur les propriétés d'accessibilité

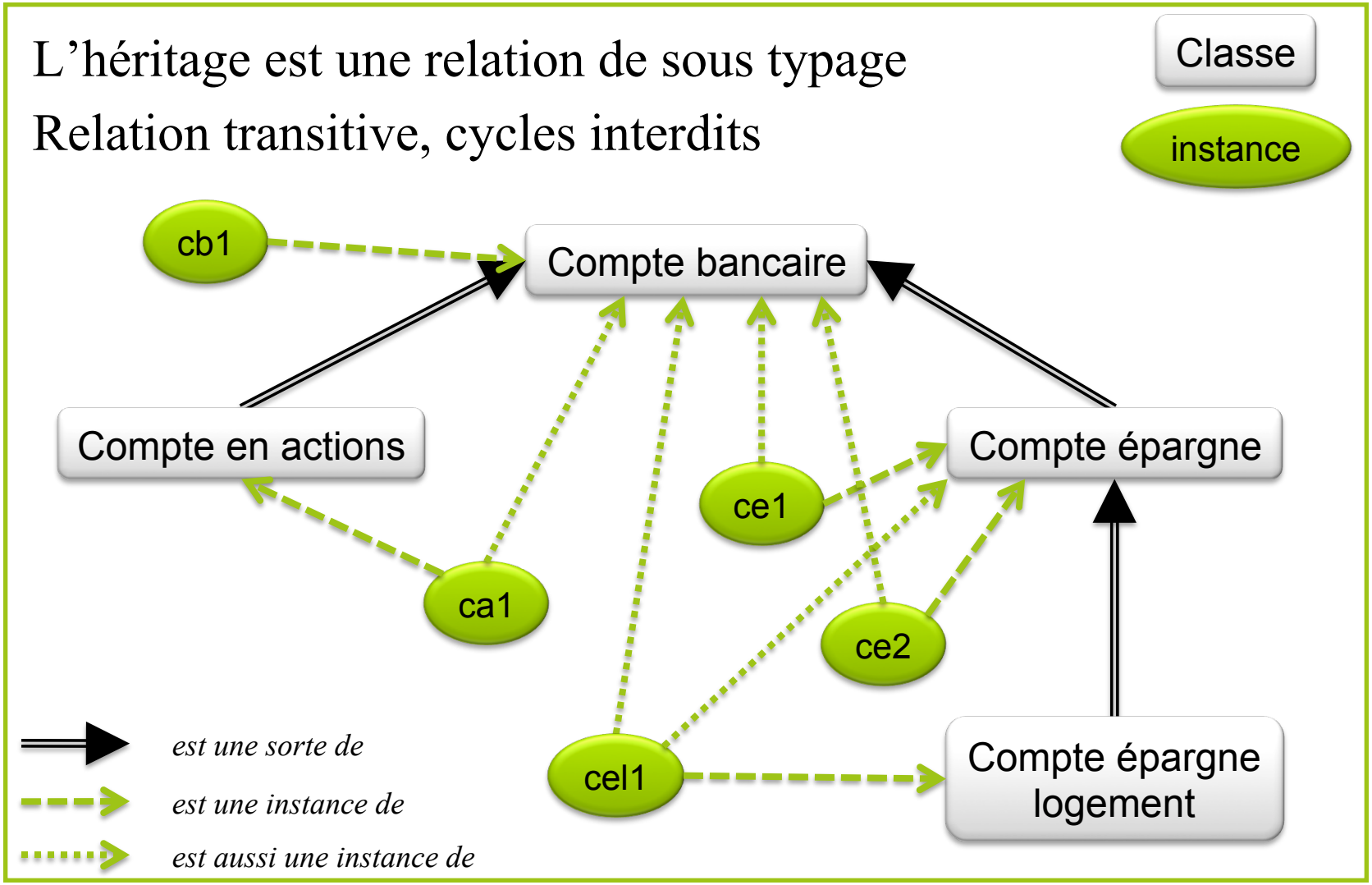
Des **EXTENSIONS** peuvent se faire

- par ajout de nouveaux membres

Abstraction : sous typage

L'héritage est une relation de sous typage

Relation transitive, cycles interdits



Terminologie

- Héritage (1 niveau ou plus) :
  - «mère», «ancêtre», «parente», «super-classe»
  - «héritière», «fille», «dérivée», «sous-classe»
- Arbre d'héritage :
  - Toutes les classes descendent **implicitement** d'une superclasse « Object » (Java, C#, Smalltalk)
  - Sans arbre d'héritage : Une classe peut ne pas avoir d'ancêtre (C++)
- Héritage simple : (Java, C#, Smalltalk)
  - Une et une seule classe mère
  - Java, C# : Une classe hérite d'une seule autre mais peut implémenter plusieurs interfaces (voir page 120)
- Héritage multiple : (C++)
  - Une classe peut avoir plusieurs classes mères
  - Difficultés pour l'héritage «répété» de membres :
    - Membres de même nom
    - Même classe héritée plusieurs fois

Exemples d'héritage

Compte

valeur du solde *(accès protégé)*

consultation(), retrait (const double), ajout (const double)

→ Compte banque Toto

valeur du solde *(accès protégé)*

consultation(), **retrait (double)** ***(interdit si négatif)***, ajout (double)

Redéfinition : surcharge

→ Compte en actions

compte avec un tableau de 10 numéros d'actions et leur vente

int tabAct[10] ***(accès protégé)*****, vente (int)** ← Extensions

→ Compte bloqué

compte avec retrait interdit ← Restriction

Accessibilité

- Accès entre classes (rappel)
  - Par défaut :
    - Java : `public` mais limité au package (mode implicite « package »)
    - C++ / C# : `private` par défaut ⇒ accès à l'intérieur de la même classe à l'exclusion des descendantes
    - SmallTalk : méthodes publiques mais limitées au DomainName
- Accès entre classes (lors de l'héritage)
  - Java, SmallTalk : inchangée ⇒ héritage public
  - Héritage à la carte
    - C++ : dépend du mode d'héritage (`public`, `protected`, `private`)
    - Java : On peut changer l'accessibilité d'une méthode en la redéfinissant dans une classe héritière, mais cette accessibilité ne peut **pas** être **plus** restrictive que dans la classe ancêtre.

Accès entre classes

Java

Instances d'une même classe

Accès à tous les membres (publics, protégés, privés)

Membres d'une classe définie par héritage

Accès à tous les nouveaux membres et aux membres **publics** ou **protégés** qui sont hérités

```
public class Mere
{
  public int mpub;
  protected int mprot;
  private int mpriv;
}
class Heritiere extends Mere
{
  public int hpub;
  protected int hprot;
  private int hpriv;
  public void testM(Mere mere)
  {
    mere.mpub  = 11; // OK
    mere.mprot = 22; // devrait être interdit mais on est
                     // implicitement dans le même package
    mere.mpriv = 33; // interdit
  }
  public void testH(Heritiere fille)
  {
    fille.hpub  = 11; // OK
    fille.hprot = 22; // OK
    fille.hpriv = 33; // OK
    fille.mpub  = 11; // OK
    fille.mprot = 22; // OK
    fille.mpriv = 33; // interdit
    mpub  = 11;       // OK
    mprot = 22;       // OK
    mpriv = 33;       // interdit
  }
}
```

Finalisation

Java

- Mot clé « final » : permet de figer l'implémentation d'une classe, d'une méthode, ou d'une variable
- De classe
  - Il ne pourra pas y avoir d'héritières à cette classe
  - exemple : `public final class AFinalClass { … }`
- De méthode
  - Une telle méthode ne pourra pas être redéfinie dans les classes héritières (protection du code)
  - exemple : `public final static void main (String args[])`
- De variable
  - Une telle variable est une constante (on l'avait déjà vu !)
  - exemple : `final float PI = 3.1415927`

Surcharge lors de l'héritage

Java

- Recouvrement ou remplacement ?
  - Java : remplacement uniquement des méthodes possédant des signatures* identiques. * : nom + nombre & types des arguments

```
class Compte
{
  protected double solde;
  public void ouvrir()
  {
    solde = 0.0;
  } // surcharge OK
  public void ouvrir(double montant)
  {
    solde = montant;
  }
}

class CompteToto extends Compte
{
  double decouvert;
  public void ouvrir(double montant,
                     double decouvert)
  {
    ouvrir();                  // OK forme héritée
    ouvrir(0.0);               // OK forme héritée
    super.ouvrir(montant);     // OK appel explicite
    ouvrir(montant,100.0);     // OK nouvelle forme
    this.decouvert = decouvert;
  }
}
```

  - C++ : La redéfinition recouvre toutes les surcharges héritées

Héritage/Hiérarchie des constructeurs

- Constructeurs : Ancêtres → Descendants
- Destructeurs : Descendants → Ancêtres
- Les constructeurs ne sont pas hérités, toutefois ∃ un constructeur par défaut lorsqu'il n'existe aucun constructeur dans la classe héritière*.
  - Exemple 1 : On peut malgré tout utiliser les constructeurs des classes ancêtres dans les constructeurs des classes héritières.
    - Java : Dans le corps des constructeurs (1ère instruction) : `super(…);`
    - C++ : Dans la liste d'initialisation
  - Exemple 2 : S'il existe un ou des constructeurs valués mais pas de constructeurs par défaut dans les classes ancêtres, les constructeurs valués devront être appelés explicitement dans les classes héritières.

* : ce constructeur par défaut appellera le constructeur par défaut de la classe mère qui appellera …

Hiérarchie des constructeurs (1/2)

Java

```
class A
{
  private int a;
  public A(int val)
  {
    System.out.println("Création A("
                       + val + ")");
    a = val;
  }
}

class B extends A
{
  private int b;
  public B(int val)
  {
    super(2);
    System.out.println("Création B("
                       + val + ")");
    b = val;
  }
}

final class testHeritageConstruct
{
  static void main (String args[])
  {
    A a = new A(1);
    B b = new B(3);
  }
}
```

Première instruction « implicite » : **`super();`**

Appel explicite du constructeur **`A(int val)`**

Hiérarchie des constructeurs (2/2)

Java

- Exemple Java

```
class Compte
{
  protected double solde;
  protected int numero;

  // la classe Compte ne possède
  // QU'UN constructeur valué
  public Compte(double solde, int numero)
  {
    this.solde = solde;
    this.numero = numero;
  }

  public double retrait (double montant)
  {
    return solde -= montant;
  }

  public double ajout (double montant)
  {
    return solde += montant;
  }
}
```

```
class CompteDecouvert extends Compte
{
  double decouvert;
  CompteDecouvert()
  {
    // erreur tentative de déclenchement
    // de Compte() à travers super() implicite
    decouvert = 0;
  }
}

class testComptes
{
  public static void main (String args[])
  {
    Compte c1 = new Compte();
    // erreur ce constructeur n'existe pas
    Compte c2 = new Compte(1000.0, 1);

    CompteDecouvert c3 =
      new CompteDecouvert();
    CompteDecouvert c4 =
      new CompteDecouvert(1000.0, 3);
    // erreur ce constructeur n'existe pas :
    // On n'hérite pas de constructeurs !
  }
}
```

Polymorphisme d'héritage

- Une instance héritière peut toujours être vue comme (restreinte à) une instance d'une de ses classes ancêtre
- Exemple Java :

```
class Compte
{
  public Compte()
  { numero = 0; solde = 0.0; }
  public double retrait (double
montant)
  { return solde -= montant; }
  public double ajout (double montant)
  { return solde += montant; }
  public double virer (Compte c,
                       double montant)
  {
    retrait(montant);
    c.ajout(montant);
    return montant;
  }
  protected double solde ;
  protected int numero;
}
```

```
class CompteToto extends Compte
{ }
class testComptes
{
  public static void affiche (Compte c)
  {  System.out.println("Solde Compte  : "
                        + c.virer (c, 0)); }
  public static void main (String args[])
  {
    Compte c;
    CompteToto ct1, ct2 ;
    c = new Compte();
    ct1 = new CompteToto();
    ct2 = new CompteToto();
    c.virer(ct1, 10.0); // ct1 est converti
    ct1.virer(c, 10.0); // ct1 est converti
    ct1.virer (ct2, 10.0) ;
    // ct1 et ct2 sont convertis implicitement
    affiche (ct1) ;
    // ct1 est converti implicitement
  }
}
```

Lien dynamique (Dynamic/Late Binding*)

- Problème
  - Choix dynamique de la réalisation des fonctions membres exécutées ≠ (surcharge = résolution à la compilation, statique)
  - Résolution/Lien statique : détermination lors de la **compilation**
  - Résolution/Lien dynamique : détermination lors de l'**exécution**, ce qui revient à toujours exécuter la méthode de l'objet effectivement instancié en mémoire.
  - Pas de lien dynamique sans polymorphisme d'héritage
- Dans les langages
  - C++ :
    - Par défaut : Résolution statique (Early Binding)
    - Résolution dynamique si la méthode concernée est déclarée virtuelle (mot clé **virtual**) dans la classe mère, sauf dans les constructeurs
  - Java : Résolution dynamique
  - Smalltalk : Résolution dynamique

* ≠ Dynamic Link[age]

Lien dynamique – *Exemples (1/2)*

Java

A.java

```
public class A {
  protected int a;
  public A(int value) {
    a = value;
    printInstance("Construction de A");
  }
  public void printInstance(String msg){
    out.println(msg +" : "+ toString());
    //            ou bien  + this
  }
  public String toString(){
    return new String("A::a = " + a);
  }
}
```

B.java

```
public class B extends A {
  protected int b;
  public B(int value1, int value2) {
    // appel du constructeur de A qui
    // appellera toString
    super(value1);
    b = value2;
    printInstance("Construction de B");
  }
  // redéfinition de toString
  public String toString() {
    return new String("B::a = " + a +
                      ", B::b= " + b);
  }
}
```

TestAB.java

```
public class TestAB {
 public static void main(…) {
  ①A aInstance = new A(1);
  ②A bInstance = new B(2,3);
  // Appels implicites à toString
  ③ aInstance.printInstance("instance de
A");
  ④ bInstance.printInstance("instance de
B");
 }
}
```

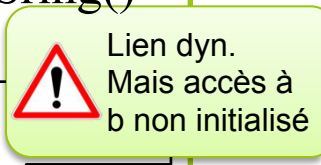
résultats

```
① Construction de A : A::a = 1

② Construction de A : B::a = 2, B::b= 0
  Construction de B : B::a = 2, B::b= 3

③ instance de A : A::a = 1

④ instance de B : B::a = 2, B::b= 3
```

Lien dynamique – *Exemples (2/2)*

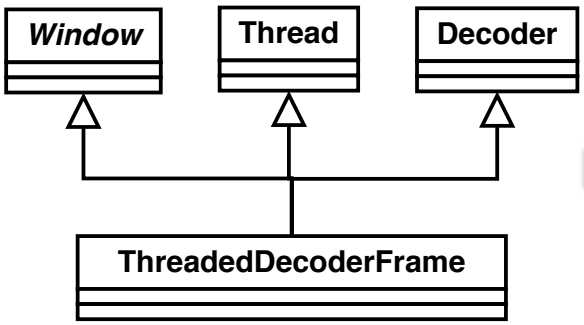
Java

1. `A aInstance = new A(1);`
   - A::A(int) ⇨ printInstance(…) ⇨ println(…) ⇨A::toSring()
     - `Construction de A : A::a = 1`
2. `A bInstance = new B(2,3);`
   - A::A(int) ⇨ printInstance(…) ⇨println(…) ⇨B::toString()
     - `Construction de A : B::a = 2, B::b= 0`
   - B::B(int, int) ⇨ printInstance(…) ⇨println(…) ⇨B::toString()
     - `Construction de B : B::a = 2, B::b= 3`
3. `aInstance.printInstance("instance de A");`
   - println(…) ⇨ A::toString()
     - `instance de A : A::a = 1`
4. `bInstance.printInstance("instance de B");`
   - println(…) ⇨ B::toString()
     - `instance de B : B::a = 2, B::b= 3`

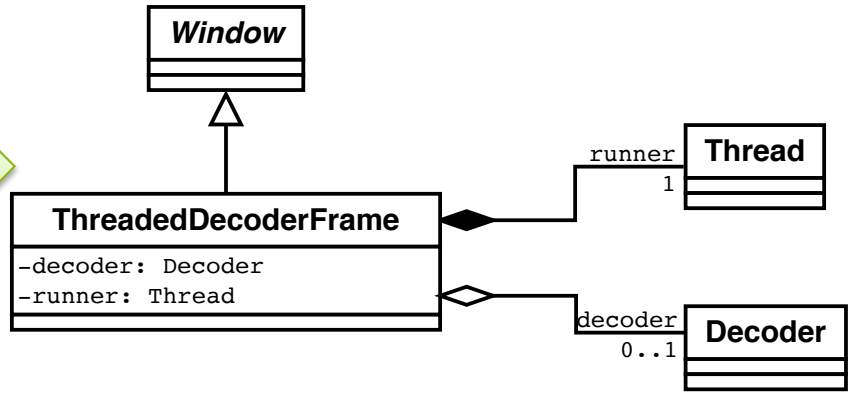


L'héritage multiple

- Capacité d'une classe à hériter de plusieurs classes mères
  - Polymorphisme d'héritage préservé.
  - (mauvais) Exemple : ThreadedDecoderFrame une sorte de fenêtre destinée à afficher la progression d'un décodeur fonctionnant de manière indépendante au reste de l'application.



Solution par héritage : T…D…F est une Window mais aussi un Thread et aussi un Decoder alors qu'il ne spécialise ni Thread, ni Decoder



Solution par composition : T…D…F est une Window qui lancera un Decoder dans un Thread.

- Implémentations
  - Java : Une classe ne peut hériter que d'une seule classe mère, mais peut implémenter plusieurs « interfaces » (voir classes abstraites)
  - C++ : Une classe peut hériter de plusieurs classes mères.

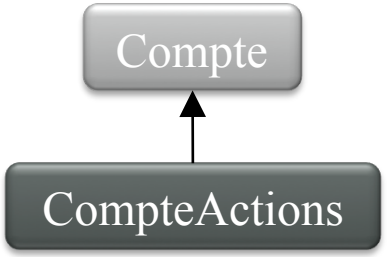
2.10 L’introspection

Introspection (Reflection) (1/2)

Java

- Capacité que possède une classe à se décrire elle-même.
  - Introspection au travers de la classe « Class » dont les instances représentent une « signature » propre à chaque classe.
  - Utilisation du polymorphisme d'héritage : toute classe descend de la classe Object qui possède la méthode d'introspection:
    - `Class getClass()` qui permet de déterminer le type (effectif) d'une instance.
  - Les méthodes de la classe « Class » permettent :
    - D'interroger la classe sur son contenu (constructeurs, méthodes, attributs, etc.)
    - Mais aussi sur son ascendance : superclasse, interfaces, et polymorphisme d'héritage.

```
Compte c = new Compte(…);
CompteActions ca = new CompteActions(…);
ca.getClass().isInstance(c);   → false
c.getClass().isInstance(ca);   → true
```



Introspection (2/2)

Java

- Class literal : **`.class`** appliqué aux types

```
A a = new A();
if (a.getClass().equals(A.class))
 ou (a.getClass() == A.class)
{...}
```

⇨ true

- Opérateur de comparaison de types : **`instanceof`**

```
System.out.print("a[" +
                 a.getClass().getSimpleName() +
                 "]");
if (a instanceof A) ⇨ true
{
  System.out.println(" est bien une instance de A");
}
```

2.11 Classes Abstraites

Classes abstraites

Définition : Classes non entièrement implémentées

- Fonctions membres non réalisées : méthodes dites «pures»
- Ne peut pas avoir d'instances
- On peut en parler par référence ou par pointeur
- On peut en hériter
- Ce sont les héritières finales qui fournissent la réalisation des méthodes abstraites/pures de la classe abstraite

C++ : fonctions/méthodes pures

- Syntaxe : «**=0**» après le prototype de ces méthodes

Java :

- **Abstract** : Classes et méthodes
- **Interfaces** : « Classes » entièrement* non implémentées,

* : Mais pouvant malgré tout proposer des implémentations par défaut en Java 8

Smalltalk : méthodes abstraites → Subclass responsability

Séparer la conception de l'implémentation !

Classes abstraites

Java

- On peut regrouper dans une classe abstraite des membres communs aux sous classes sans connaître encore le détail de l'implémentation.
- Exemple

```
//classe abstraite
abstract class MyFirstAbstractClass
{
  protected int anInstanceVariable;
  // méthode abstraite
  public abstract int
   subclassesImplementsMe();
  // une méthode ordinaire
  public void doSomething()
  {anInstanceVariable = 0; }
}

// classe concrète
class AConcreteClass extends
MyFirstAbstractClass
{
  public int subclassesImplementsMe()
  {return anInstanceVariable++;}
}
```

```
class testAbstractClass
{
  protected static int aNumber;

  // ok car il s'agit d'une référence
  public static void
   uneMethode(MyFirstAbstractClass ac)
  {aNumber = ac.subclassesImplementsMe(); }

  public static void main (String args[])
  {
    MyFirstAbstractClass a =
        new MyFirstAbstractClass();// illégal
    AConcreteClass b = new AConcreteClass();// Ok
    MyFirstAbstractClass ab = b;// Ok
    uneMethode(b); // Ok
    uneMethode(ab); // Ok grâce au lien dynamique
  }
}
```

Classes interfaces

Java

- Interfaces : pseudo-classes non implémentées*, ne contiennent que des :
  - Méthodes d'instance abstraites : *public abstract*
  - Méthodes de classe : *public static*
  - Constantes de classe : *public static final*
  - * Des méthodes (implémentées) par défaut : *public default* (Java 8)
  - Les Interfaces représentent des « comportements » à implémenter
- On peut considérer la hiérarchie des interfaces comme // à la hiérarchie des classes.
- Une classe concrète « implémente » une ou des interfaces
  - Exemple :

```
public class Neko extends java.applet.Applet
                  implements Runnable {…}
```

    - Neko hérite de Applet c'est donc une sorte d'applet
    - Neko implémente aussi Runnable, elle **doit** donc implémenter un comportement (méthode `void run()`) qui lui permet de s'exécuter dans un thread (unité d'exécution concurrente).
  - une classe Java peut « implémenter » plusieurs interfaces
    - Héritage multiple de « comportements »

Classes abstraites / interfaces : exemple

Java

- Exemple

```
interface Figure
{
  public abstract void dessine();
  public abstract void echelle(double
          facteur);
  // public abstract est déjà le mode par défaut
  // pour les méthodes dans une interface
}

class Point
{ … }

abstract class Polygone
{
 protected int nbPoints;
 protected Point[] points;
 public Polygone(int nbPoints)
 {
   this.nbPoints = nbPoints;
   points = new Point[nbPoints];
 }
 public abstract double aire();
}
```

```
class Triangle extends Polygone
implements Figure
{
 // constructeur : propre à Triangle
 Triangle()
{
  super(3);
  for (int i=1; i < nbPoints; i++)
  {points[i] = new Point(); }
 }
 // dessin : comportement de figure
 public void dessine() {…}
 // echelle : comportement de figure
 public void echelle(double facteur)
 { … }

 //aire : implémentation méthode abstraite
 //       Polygone
 public double aire()
 { … }
}
```

Interface : exemple

Java 8

```
public interface AnswerComputer
{
  // Une constante de classe
  public static final int TheAnswer = 42;

  // méthodes abstraites
  public abstract int nextAnswer();
  public abstract int currentAnswer();
  @Override
  public abstract String toString();

  // Une méthode de classe publique
  public static int randomAnswer()
  {
    return TheAnswer +
           new Random().nextInt();
  }

  // méthodes avec une
  // implémentation par défaut
  public default int assessTheAnswer()
  {
    int answer = currentAnswer();
    if (answer > TheAnswer)
    {
      return 1; // plus grand
    }
    else if (answer < TheAnswer)
    {
      return -1; // plus petit
    }
    return 0; // égal
  }
  public default boolean found()
  {
    return assessTheAnswer() == 0;
  }
}
```

Pb : comment appeler ce « found » dans une implémentation fille si elle est redéfinie ?

Interfaces fonctionnelles (1/3)

Java 8

- Un grand nombre d'interfaces du JDK ne déclarent qu'une seule méthode abstraite : Single Abstract Method interfaces. Exemples (les mots clé `public abstract` sont implicites) :
  - Runnable ➜ `void run();` ✓ ✓
  - Comparator ➜ `int compare(T o1, T o2);` ✓ ✓
  - ActionListener ➜ `void actionPerformed(ActionEvent e);` ✓ ✗
  - Ces interfaces sont souvent implémentées par des classes anonymes (voir page 74) : 1 seule méthode à écrire.
- Java 8 introduit la notion d'Interfaces Fonctionnelles : Interfaces ne déclarant qu'une seule méthode abstraite **sauf**
  - des redéfinitions de méthodes déjà définies dans la superclasse Object ou dans les interfaces parentes,
  - des implémentations par défaut,
  - des méthodes de classe.
  - l'annotation `@FunctionalInterface` force le compilateur à vérifier ces conditions.

SAM

`@FunctionalInterface`

Interfaces fonctionnelles (2/3)

Java 8

```
@FunctionalInterface
public interface SimpleFuncInterface
{
  public void doWork();
  @Override
  public String toString();
  @Override
  public boolean equals(Object o);
}
```

Seule méthode d'instance abstraite

Méthodes définies dans la superclasse **Object**

```
@FunctionalInterface
public interface ComplexFuncInterface extends SimpleFuncInterface
{
  default public void doSomeWork()
  {
    System.out.println("Working in interface default imp...");
  }
  default public void doSomeOtherWork()
  {
    System.out.println("Working in other interface default imp...");
  }
}
```

- Aucune nouvelle méthode d'instance abstraite
- 2 implémentations par défaut

Toujours une interface fonctionnelle

```
public class ComplexFuncClass implements ComplexFuncInterface
{
  @Override
  public void doWork()
  {
    System.out.println("Working in class impl ...");
    ComplexFuncInterface.super.doSomeOtherWork();
  }
}
```

ComplexFuncClass utilisera les implémentations de **toString** et **equals** fournies par la superclasse **Object**

Forme particulière de l'appel explicite des méthodes par défaut de l'interface mère

Interfaces fonctionnelles (3/3)

Java 8

```
public class SimpleFuncInterfaceTest
{
  public static void carryOutWork(SimpleFuncInterface sfi)
  {
    sfi.doWork();
  }

  public static void main(String[] args)
  {
    // Instance d'une classe implémentant l'interface SimpleFuncInterface
    carryOutWork(new ComplexFuncClass());

    // Instance anonyme de l'interface SimpleFuncInterface
    carryOutWork(new SimpleFuncInterface() {
      @Override
      public void doWork()
      {
        System.out.println("Doing some work in anon. interface impl...");
      }
    });

    // Lambda expression remplaçant l'interface SimpleFuncInterface
    carryOutWork(() -> System.out.println("Doing some work in lambda expr..."));
  }
}
```

La signature de cette lambda expression (**`void()`**) correspond à la signature de la seule méthode d'instance abstraite (**`void doWork()`**) de l'interface fonctionnelle **`SimpleFuncInterface`**

Lambda Expressions

Java 8

- Nécessité
  - Java : Remplacer* les instanciations anonymes des SAM (Single Abstract Method Interfaces) par des expressions plus simples.
- Usage
  - Les lambda expressions peuvent être considérées comme des « fonctions anonymes et locales » pouvant être utilisées là où l'on en a besoin
    - Elles peuvent donc se substituer à des SAM dans d'autres expressions sans avoir à déclarer explicitement ces SAM.

* : Sans toutefois exclure

Lambda Expression

Java 8

- Syntaxe
  - `(arguments) -> {corps}`

Parenthèses optionnelles s'il n'y a qu'un argument

Accolades optionnelles s'il n'y a qu'une instruction

- Type : La signature de l'expression doit correspondre à une interface fonctionnelle.
- Exemples

```
public interface Runnable
{
  public abstract void run();
}
```

```
Runnable runner =
    () -> System.out.println("Running ...");

Thread t = new Thread(runner);
t.start();
```

```
public void printPersons(List<Person> roster,
                         PersonChecker tester)
{
  for (Person p : roster)
  {
    if (tester.test(p))
    {
      p.printPerson();
    }
  }
}
```

```
interface PersonChecker
{
  public abstract boolean test(Person p);
}
```

```
printPersons(roster,
             p -> (p.getGender() == Person.Sex.MALE) &&
                  (p.getAge() >= 18) &&
                  (p.getAge() <= 25));
```

Lambda Expression

Java 8

- Exemples (suite)

Modification

```
public class Calculator
{
  interface IntegerMath
  {
    int operation(int a, int b);
  }

  public int operateBinary(int a, int b, IntegerMath op)
  {
    return op.operation(a, b);
  }

  public static void main(String... args)
  {
    int epsilon = 1;
    Calculator myCalc = new Calculator();
    IntegerMath addition = (a, b) -> a + b + epsilon;
    IntegerMath subtraction = (a, b) -> {return a - b};
    System.out.println("40 + 2 = " +
                       myCalc.operateBinary(40, 2, addition));
    System.out.println("20 - 10 = " +
                       myCalc.operateBinary(20, 10, subtraction));
  }
}
```

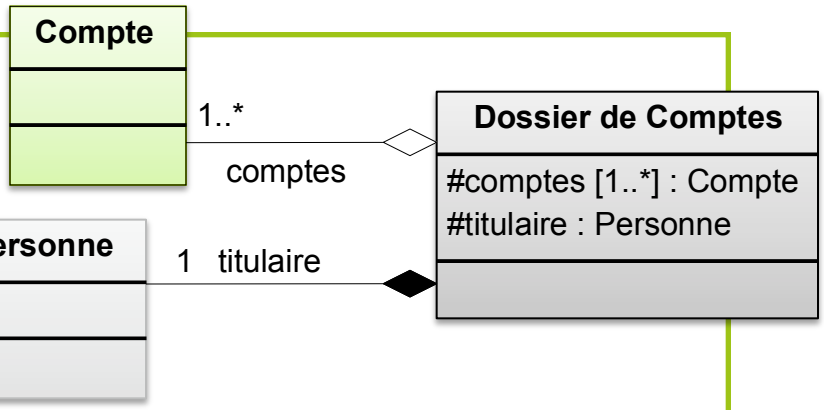
Corps sans accolades (pas de return)

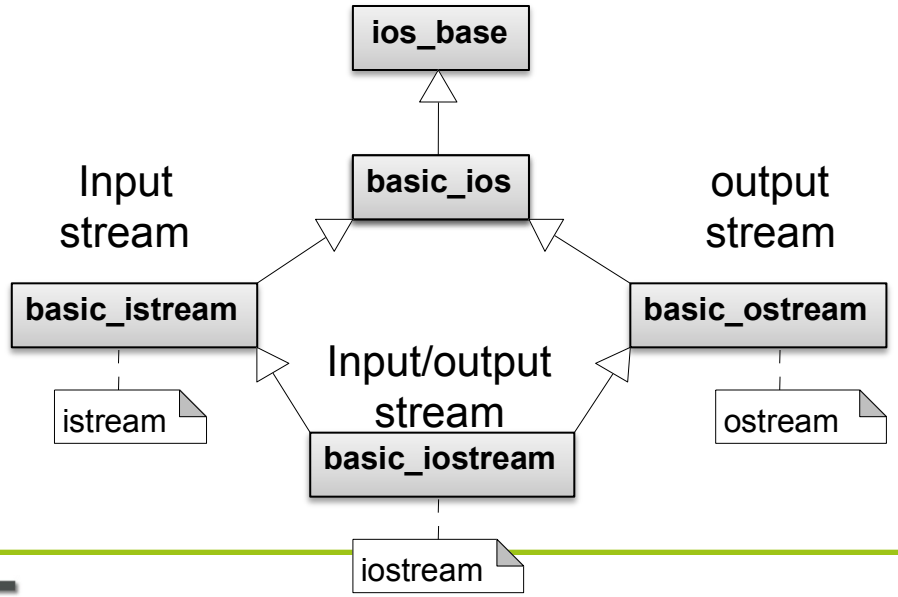
Type de retour implicite

Les lambdas capturent leur environnement (comme les classes internes), elles n'ont accès qu'aux variables finales (ou effectivement finales) : on peut accéder à **epsilon** mais pas le modifier.

2.12 Composition

- Composition : Est composé de
  - Exemple
    - Dossier de comptes
- Composition par héritage
  - Nécessite l'héritage multiple
  - Exemple : Les flux d'entrée sortie en C++





2.13 Généricité

Généricité

- Définition
  - Capacité d'une classe à manipuler des entités non-*(encore)*-typées
  - Exemples : Tableau de …, Listes de … ⇨ Collections
- Implémentation dans les différents langages
  - Smalltalk : implicite grâce au typage faible du langage.
  - Java :
    - En quelque sorte (implémentation sur des " Object ", Arbre d'héritage & utilisation du polymorphisme d'héritage)
      - Exemples : `Array` et `Vector` de « `Object` » etc …
    - Ou bien utilisation d'un **paramètre de type** avec « Java Generics »
      - Exemples : `Array<T>`, `Vector<T>` etc…
  - C++ : patrons de classes : mot clé « template »
    - Mécanismes :
      - Instanciation / proto-instanciation pour instancier un **patron de classe** en **classe**.
    - Exemple : instanciation d'un tableau d'entiers à partir d'un tableau générique : `Tableau<int> tab;` instanciation de la classe générique `Tableau<T>` avec des `int`

Obsolète

Java Generics

Java

- Problème : L'utilisation du polymorphisme d'héritage dans les collections (comme Vector) ne garantit pas l'unicité des types dans une collection :

```
Vector soupeAuxChoux = new Vector();
soupeAuxChoux.addElement(new Chou());
soupeAuxChoux.addElement(new Carotte()); // PB ceci n'est pas un chou
soupeAuxChoux.addElement(new Chaise());  // Hum, …
```

- Solution : JDK 1.5 a introduit la notion de classes génériques (*generics*) en rajoutant des **paramètres de type** aux classes dites génériques.

```
Vector<Chou> soupeAuChou = new Vector<Chou>();
soupeAuChou.addElement(new Chou());
soupeAuChou.addElement(new Carotte()); // erreur de
   compilation
```

- Apport principal : Meilleur contrôle du typage dans la généricité
- Inconvénient : Existence à la compilation seulement (Type Erasure à l'exécution)

Polymorphisme d'héritage vs Java Generics

Java

- Exemple sur une collection
  - Généricité par Polymorphisme d'héritage

```
public class MaCollection implements Collection {
   …
   public boolean add(Object e) {…}
   public Iterator iterator(){…} …
}
…
MaCollection col = new MaCollection();
col.add(new Integer(5));
Integer x = (Integer)col.iterator().next();
```

Collection de « Object »

Cast explicite

  - Généricité avec Java Generics

```
public class MaCollection<E> implements Collection<E> {
   …
   public boolean add(E e) {…}
   public Iterator<E> iterator(){…}
…
MaCollection<Integer> col = new MaCollection<Integer>();
col.add(new Integer(5));
Integer x = col.iterator().next();
```

Collection de « E »

Variable de type

Paramètre de type

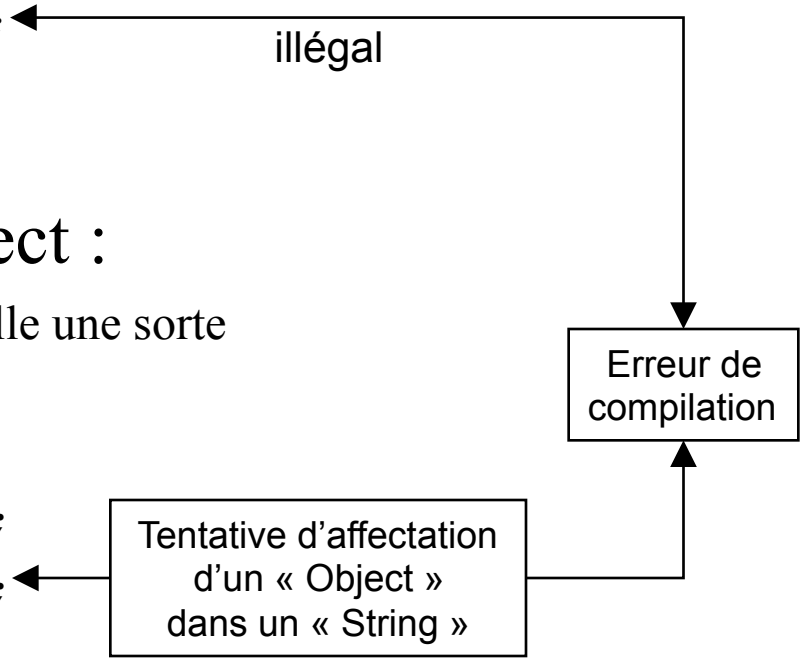
Collection de « Integer »

Généricité : Sous typage

Java

- Sous typage
  - Exemple

```
List<String> ls = new ArrayList<String>();
List<Object> lo = ls;
```

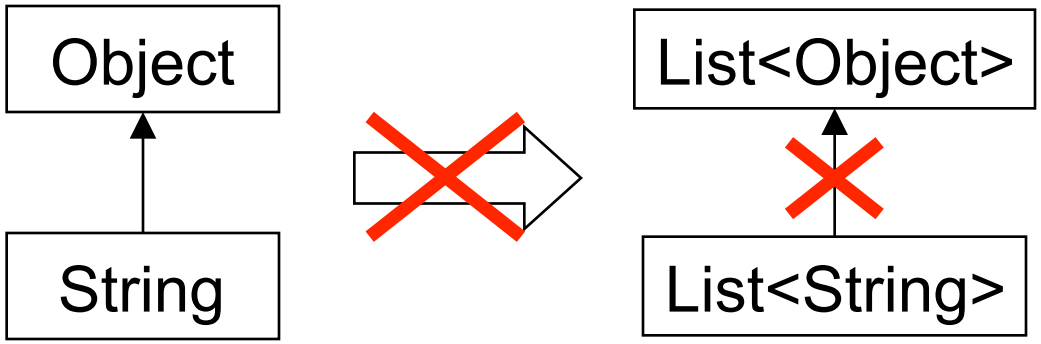


  - String hérite de Object :
    - Une liste de `String` est elle une sorte de liste de `Object` ?

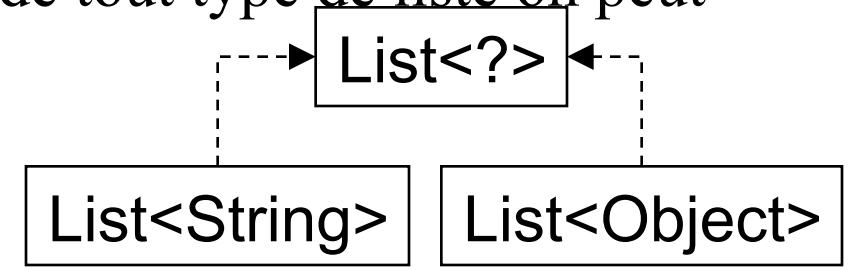
```
lo.add(new Object());
String s = ls.get(0);
```

Généricité : Wildcards

Java



- Sous typage : une liste de `String` n'est PAS une sorte de liste d'`Object`.
- On a néanmoins besoin de définir la notion de liste de « n'importe quoi » pour assurer l'ancienne forme de généricité.
  → Type générique plutôt car ce n'est pas un héritage
- Pour désigner le supertype de tout type de liste on peut utiliser le « wildcard » : **?**
  - **`List<?>`**



Généricité : utilisation de ?

Java

- Exemple : écrire une méthode suffisamment générique pour afficher les éléments de listes de tout type

- Ancienne version

```
void printList(List l) {
  for (Iterator i = l.iterator();
       i.hasNext(); ) {
    System.out.println(i.next());
  }
}
```

- Nouvelle version

???

```
void printList(List <?> l) {
 for (Object e : l) {
  System.out.println(e);}
}
```

–Sûr car ∀ le type des éléments de la liste, ils dérivent de la classe `Object`: Arbre d'héritage.

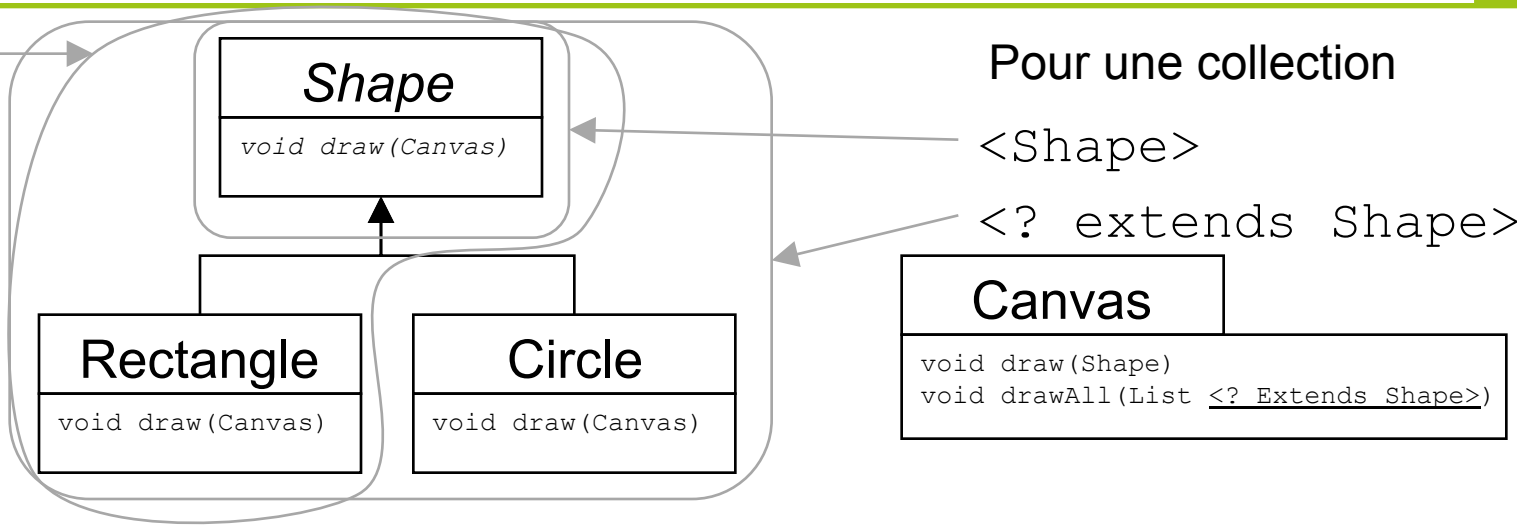
- Ecriture dans une Liste Générique

```
List<?> l = new ArrayList<String>();
l.add(new Object());
```

Erreur de Compilation :
Le compilateur ne peut pas inférer le type de <?>

Généricité : Wildcards bornés

Java



- Dessiner une liste de « `Shape` » peut se faire avec `<Shape>` mais dessiner une liste de (`Circle` | `Rectangle`) nécessite le type générique `<? extends Shape>`
  - « `Shape` » est ici la borne supérieure du wildcard « `? extends Shape` »
  - ☠ La non inférence du type de `<? extends Shape>` par le compilateur subsiste ⇒ pas d'accès en écriture

- Il existe aussi des bornes inférieures : `<? super Rectangle>`

Tableaux génériques

Java

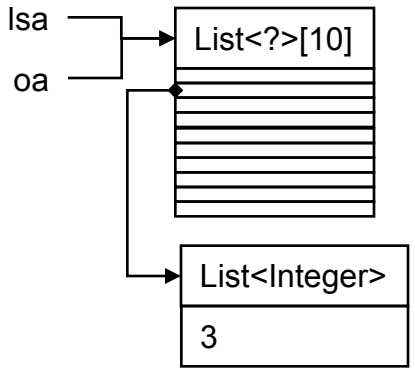
- Le type des éléments d'un tableau effectif ne doit pas être une variable de type ou un paramètre de type, sauf un wildcard non borné.

```
T[] t = new T[10]; // non autorisé si T est un paramètre de
                   // type ou une variable de type
new List<String>[10]; // Non autorisé
new List<?>[10]; // Autorisé
```

new T(...)
new T[...]
interdits

- Toutefois, on peut déclarer des tableaux dont le type est une variable de type ou un type paramétrisé.

```
List<String>[] lsa = (List<String>[]) new List<?>[10];
// Type safety warning
Object[] oa = lsa;
List<Integer> li = new ArrayList<Integer>();
li.add(new Integer(3));
oa[1] = li; // correct
String s = lsa[1].get(0); // Run time error
                          // Mais on a été prévenu !
```



Méthodes génériques

Java

- Classe générique : Classe possédant un ou plusieurs paramètres de type : p. ex. Map <K,V>
- Méthode Générique : Méthode possédant un ou plusieurs paramètres de type (~ patrons de fonctions C++).
  - Exemple : Méthode permettant de copier les éléments d'un tableau dans une collection.
  - Mauvais exemple :

```
static void fromArrayToCollection(Object[] array, Collection<?> col) {
 for (Object o : array) {
  col.add(o);}
}
```

Erreur de Compilation :
Le compilateur ne peut pas inférer le type de <?>

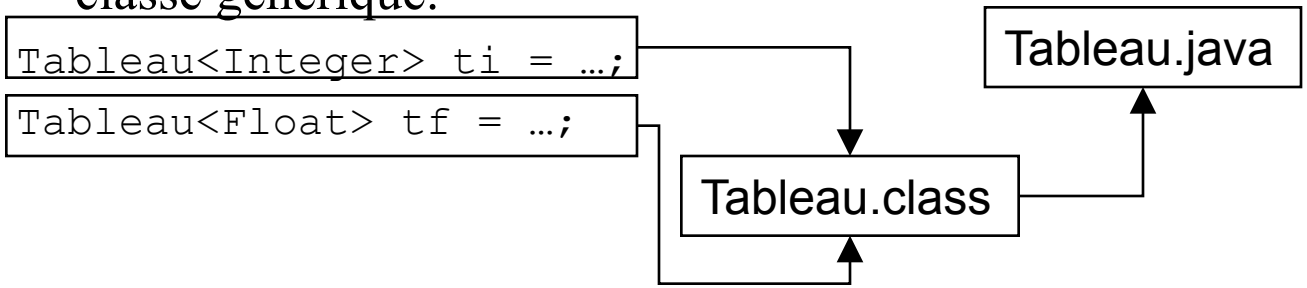
  - Méthode Générique :

```
static <T> void fromArrayToCollection(T[] array, Collection<T> col) {
 for (T o : array) {
  col.add(o);}
}
```

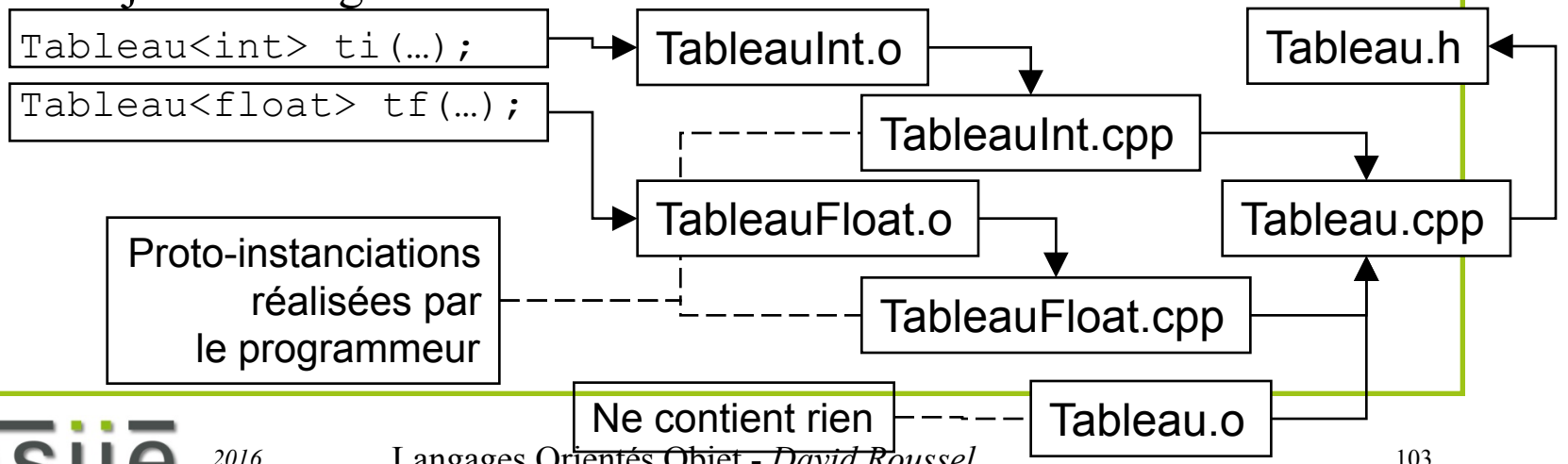
Paramètre de type

Généricité : *Java vs C++*

- Différence entre Java Generics et les Templates C++
  - Java : un seul fichier .class est généré lors de la compilation d'une classe générique.



  - C++ : Chaque proto-instanciation doit générer son propre fichier objet afin de générer du code exécutable.



Java Generics : introspection

Java

- Une classe générique est partagée par toutes ses instances
- Cela n'a donc pas de sens d'interroger une classe générique sur la nature de ses instances :
  - `Collection cs = new ArrayList<String>();`
    `if (cs instanceof Collection<String>) {…}`
  - `Collection<String> cstr = (Collection<String>) cs;`
  - `public static`
    `<T> T mauvaisCast(T t, Object o){ return (T) o; }`

Erreur de Compilation

Unchecked Warning

- Les variables de type n'existent pas lors de l'exécution, elles doivent être résolues à la compilation.
  - Type erasure
  - On ne peut donc pas les « introspecter » ou les caster.

2.14 Robustesse

Robustesse

- Définition
  - Garantir le bon fonctionnement quel que soit l'état du programme
- Notion de contrat
  - Préconditions : partie à remplir par le client avant l'appel d'un traitement.
  - Postconditions (axiomes) : partie à remplir par le fournisseur à la fin d'un traitement.

    ⇒ Uniquement défini dans les langages Eiffel et C# : require(s) / ensure(s)
- Gestions des erreurs
  - Exceptions : anomalies susceptibles de se produire dans un programme
    - Lorsqu'un problème survient, une exception est levée : « thrown »
    - On traite le problème en capturant l'exception : « catch »
    - Problème : Qui lève, et qui capture les exceptions ???

Exceptions

- Caractéristiques
  - Les exceptions sont des objets
- Soulèvement d'une exception :
  - clause « throw »
  - les méthodes susceptibles de lever une exception doivent le signaler : clause « throws » suivant l'entête de la méthode.
- Capture d'une exception : bloc « try … catch »

  try { *bloc d'instructions pouvant soulever une ou plusieurs exceptions* }

  catch *type d'exception* { *bloc de traitement de l'exception* }

  catch *autre type d'exception* {*bloc de traitement de l'exception* }

  etc ...
- Règles d'utilisation
  - Une clause throw implique la présence d'une clause catch : une exception **doit** être traitée
  - Ne pas utiliser les exceptions sur des erreurs prévisibles !

Exceptions - *Exemple*

Java

```
class DivideByZeroException extends
Exception
{
 public DivideByZeroException () {}
 public DivideByZeroException (String
msg)
 {
  super(msg);
 }
}

class Fraction {
 protected double numerator;
 protected double denominator;

 Fraction()
 { numerator = 0.0; denominator = 0.0;}

 Fraction(double numerator, double
denominator)
 {
  this.numerator = numerator;
  this.denominator = denominator;
 }

 double divide() throws
DivideByZeroException
 {
  if (denominator == 0.0)
   throw new DivideByZeroException("It
happend, I can't believe it!");
  else
   return numerator / denominator;
 }
}
```

```
class testDivision
{
 public static double
tryToDivide(Fraction frac)
 {
  double result = Double.MAX_VALUE;
  try
  {
   result =  frac.divide();
  }
  catch (DivideByZeroException dze)
  {
   System.out.println("Sorry: " +
dze.toString());
  }
  return result;
 }

 public static void main (String args[])
 {
  Fraction frac1 = new Fraction();
  Fraction frac2 = new Fraction(1.0,
2.0);

  // essaye de calculer les fraction
  System.out.println("Dividing frac1");
  tryToDivide(frac1);
  System.out.println("Dividing frac2");
  tryToDivide(frac2);
 }
}
```

C++

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C

- Modules (.h/.c) ➜ Classes (.h/.cpp)
  - Compilation séparée des classes comme des modules
- Passage d'arguments (1/3)
  - par valeur :

```
int f(int val)
{
    val++;
    return val;
}
```

main

```
int i = 15;
int r = f(i);
// i == 15
// r == 16
```

    - une copie de la « valeur » val est réalisée dans pile d'appel
    - cette copie est incrémentée, puis copiée dans la valeur de retour
      - La valeur de la variable passée en argument n'est jamais modifiée

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C

- Passage d'arguments (2/3)
  - par adresse :

```
int f(int * ptr)
{
    (*ptr)++;
    return *ptr;
}
```

main

```
int i = 15;
int r = f(&i);
```

    - une copie de la « valeur » ***ptr*** est réalisée dans pile d'appel ⇒ une copie de l'adresse ***ptr***
    - Cette adresse est déréférencée (***ptr**) puis la valeur ainsi obtenue est incrémentée (**++**) ★
    - la valeur de l'adresse déréférencée est copiée dans la valeur de retour
      - la valeur pointée par l'adresse passée en argument a été modifiée

★: notez les parenthèses et consultez les priorités des opérateurs en C/C++ page 83

(*ptr)++ ≠ *ptr++

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C++

- Passage d'arguments (3/3)
  - ➜ par référence :

```
int f(int & ref)
{
    ref++;
    return ref;
}
```

main

```
int i = 15;
int r = f(i);
```

    - une copie de l'**adresse** référencée par ***ref*** est réalisée dans pile d'appel
    - la valeur référencée par ***ref*** est incrémentée
    - la valeur référencée par ***ref*** copiée dans la valeur de retour
      - la valeur référencée par la référence passée en argument a été modifiée
  - Rq : il ne peut y avoir de référence vers void ni de référence de référence.

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C

- Lvalues et Rvalues (1/2)
  - Première approche :
    - lvalue : à gauche (ou à droite) d'une affectation
    - rvalue : à droite d'une affectation

main

```
int i = 15;
int r = f(i);
```

lvalues rvalues

  - deuxième approche :
    - lvalue : « locator value » toute valeur possédant un emplacement mémoire
      - On peut toujours obtenir l'adresse d'une lvalue : opérateur &lvalue
    - rvalue : Tout ce qui n'est pas une lvalue
      - Valeur constante
      - Résultat d'une expression ou d'une fonction renvoyant une valeur (mais pas une référence)
      - On ne peut pas obtenir l'adresse d'une rvalue

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C

- Lvalues et Rvalues : exemples (2/2)

```
int & retRef() {return …;}
int retVal(){return …;}
int main(int argc, char** argv)
{
    // lvalues:
    int i = 42;
    i = 43; // ok, i is an lvalue
    int* p = &i; // ok, i is an lvalue and &i is an rvalue
    retRef() = 42; // ok, retRef() is an lvalue
    int* p1 = &retRef(); // ok, retRef() is an lvalue

    // rvalues:
    int j = 0;
    j = retVal(); // ok, retVal() is an rvalue
    int* p2 = &retVal(); // error, cannot take the address of an rvalue
    j = 42; // ok, 42 is an rvalue
    return 0;
}
```

1.5 Rappels C ➜ spécificités de C++

C++11

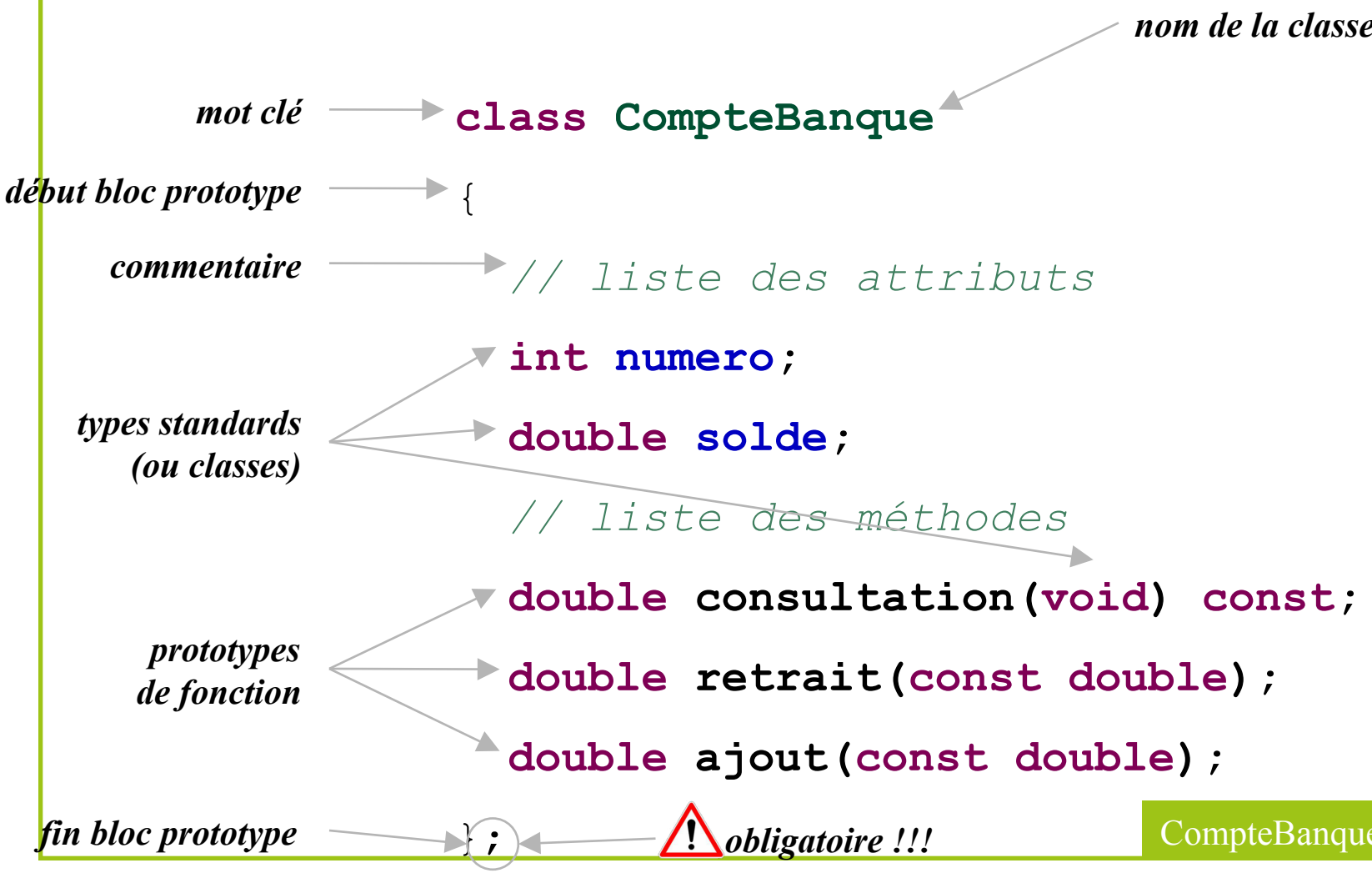
- Lvalues & rvalues references
  - lvalue reference : référence à un emplacement mémoire définit par une lvalue :
    - `Type a = 3;` `// Ok: a is an lvalue`
    - `Type & lvra = a;` `// Ok: lvalue reference to lvalue`
    - ~~`Type & lvrb = 15;`~~ `// Error: non const lvalue reference to an rvalue`
    - `const Type & clvrc = 15;` `// Ok: const lvalue reference to an rvalue`
    - `Type * pa = &a;` `// Ok: address of an lvalue`
    - `Type * plvra = &lvra;` `// Ok: address of an lvalue reference`
  - rvalue reference : référence (temporaire) à une rvalue
    - ~~`Type && prvra = a;`~~ `// Error: rvalue reference to an lvalue`
    - `Type && rvrb = 15;` `// Ok : rvalue reference to rvalue`
    - `Type * prvr = &rvrb;` `// Ok: address of an rvalue reference (ahem!)`
    - Utilisé dans la sémantique de déplacement

Voir sémantique de déplacement page 61

2.3. Classe & instance

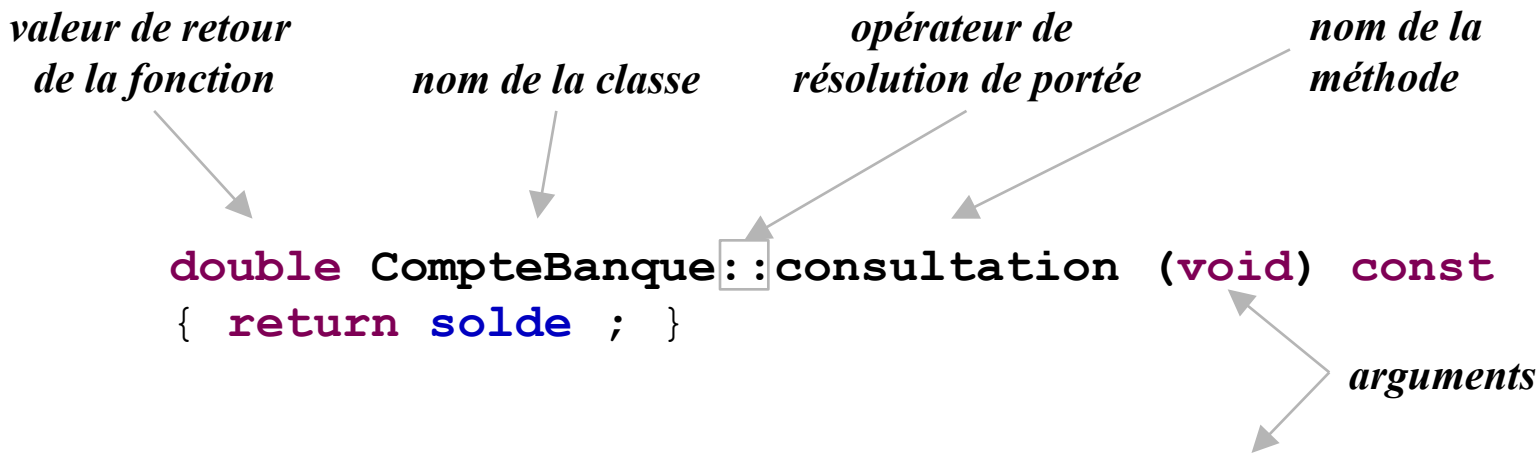
Exemple - *Déclaration*

C++



Exemple - *Implémentation*

C++




```
double CompteBanque::consultation (void) const
{ return solde ; }


double CompteBanque::retrait (const double val)
{
    solde = solde - val ;
    return solde ;
}

double CompteBanque::ajout (const double val)
{ return solde += val ; }
// équivalent à : solde = solde + val ; return
   solde ;
```

CompteBanque.cpp

Exemple - *Instanciation*

C++

Déclaration d'une instance :

nom de la classe (type) — *nom de l'instance (variable)* — *déclaration et création d'une instance statique**

```
CompteBanque monCompte;
```

Autres cas :

- Constantes : «const»

```
const Chaine NULLE ("");
```

- Tableaux : «[]»

```
Point matrice [10][100] ; // pas de Point[] en C/C++
```

- Pointeurs : «*»

```
Liste * ptr ;
```

Déclaration instance

```
ptr = new Liste(...);
```

Création instance dynamique

* : ***statique*** (≠ `static`) par opposition à ***dynamique***

Qualificateurs de types

C++

- « const »
  - Attributs, paramètres, variables : `const int intVal;`
    - `intVal` ne peut pas changer de valeur (permet l'optimisation par le compilateur)
    - Pointeurs

Déclaration	Description
`const int * ptr;`	Pointeur vers un entier constant
`int * const ptr2;`	Pointeur constant vers un entier
`const int * const prt3;`	Pointeur constant vers un entier constant

  - Méthodes : `void maMethode(T arg) const;`
    - Une telle méthode de modifie pas l'état interne de l'objet qui la déclenche
- Autres qualificateurs : « `volatile` », « `restrict` »
  - « `volatile` » existe aussi en Java

Différents types d'instances (1/2)

C++

MaClass.h

```
class MaClass {

  int a;

  MaClass(const int value);
  ~MaClass(void);
  int valeur(void) const;
};
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "MaClass.h"
MaClass::MaClass(const int value) : a(value) {
  cout << "Création  : " << a << endl;
}
MaClass::~MaClass(void) {
  cout << "Destruction : "
       << a << endl;}
int MaClass::valeur(void) const {
  return a;
}
```

MaClass.cpp

```
#include <iostream>
#include "MaClass.h"
using namespace std;
MaClass * creeInstance(int valeur)
{
  // Instance dynamique
  MaClass * nouvelle = new MaClass(valeur);
  return nouvelle;
  // A la fin de ce bloc « nouvelle »
  // disparait mais le pointeur
  // qu'elle contient est copié dans la valeur de retour
  // dans la pile et peut donc
  // être transmis à un autre pointeur
}
```

TestMaClass.cpp

Différents types d'instances (2/2)

C++

```
…
int main (int argc, char** argv)
{
  for (int i=1; i < argc; i++)
  {
    int val;
    sscanf(argv[i],"%d", &val);
    // Instance statique, la variable c n'a d'existence que dans ce bloc
    MaClass c(val);

    cout << "Valeur = " << c.valeur() << endl;
    // A la fin de ce bloc c est détruit
    // à chaque tour de boucle.
  }

  // Instance dynamique
  MaClass * pa = creeInstance(7);
  cout << "Valeur de pa : " << pa->valeur() << endl;

  // Si on ne détruit pas explicitement pa,
  // la mémoire allouée dans la fonction
  // "creeInstance" ne sera jamais libérée (sauf à la fin du programme)
  delete pa;

  …

  return 0;
}
```

TestMaClass.cpp

Exemple - *Accès aux membres*

C++

Accès :

Toujours par rapport à une structure de données existante, réelle, effective, c'est-à-dire une ***instance***

Syntaxe :

Depuis :	*Opérateur :*
• une instance	«.» (point)
• un élément d'un tableau	«.» (point)
• un pointeur	«->» (moins supérieur)

Exemples :

```
CompteBanque monCpt, tabCpt[3], * unCpt, * unTabCpt ;
… monCpt.numero ; … monCpt.ajout(12); …
… tabCpt[1].consultation(); …
… unCpt = new CompteBanque(); … unCpt->ajout(10);
… unTabCpt = new CompteBanque [10]; … unTabCpt[7].ajout(35);
CompteBanque.solde
CompteBanque.retrait(23)
```

} Faux ! (CompteBanque est un type, **pas** une variable)

Accès à soi même

C++

- Comment faire référence à soi même à l'intérieur d'une classe ?
  - Java & C++ : mot clé « this »
    - en C++ : this est un pointeur sur l'instance courante
    - en Java / C# : this est une référence à l'instance courante
  - SmallTalk : mot clé « self »
- Utilité : résolution de conflits de noms dans les méthodes

```
void CompteBanque::init(double solde, int numero)
{
    this->solde = solde;
    this->numero = numero;
}
```

2.4. Accessibilité

Choix du mode d'accès

Il faut classer les membres :

- «Internes» : protégés ou privés
  - typiquement les attributs et les méthodes utilitaires
- «Externes» : publics
  - méthodes d'accès aux attributs (ex : consultation)
  - opérations de la classe (ex : retrait, ajout)

} Encapsulation forte

→ Nouvelle définition de la classe CompteBanque :

```
class CompteBanque
{
  protected:
    int numero;
    double solde;
  public:
    double consultation(void)const;
    double retrait(const double);
    double ajout(const double);
};
```

C++

Fonctions amies : « `friend` »

C++

- Les fonctions amies ont accès aux membres protégés et privés de la classe dans laquelle elles sont déclarées.
- Exemple : surcharge des opérateurs d'entrée (<<) et sortie (>>) standards pour une classe particulière.

```
class CompteBanque
{
  public:
    …
    friend ostream & operator <<(ostream & out, const CompteBanque & cpt);
    friend istream & operator >>(istream & in, CompteBanque & cpt);
  protected:
    int numero;
    double solde;
};
ostream & CompteBanque::operator <<(ostream & out, const CompteBanque & cpt)
{
  out << "Compte n° " << cpt.numero << … << endl;
  return out;
}
```

operator << n'est **pas** membre

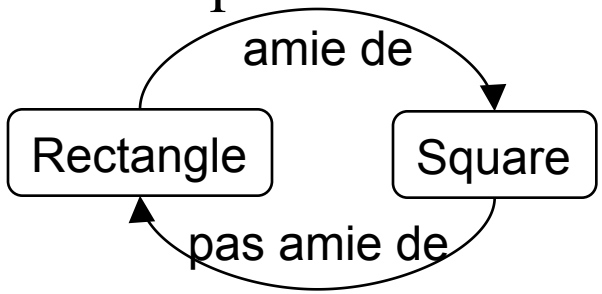
Accès à l'attribut protégé « numero »

```
Compte c(…);
cout << c;
```

Classes amies : « `friend` »

C++

- Les classes amies ont accès aux membres privés et protégés de la classe dans laquelle elles sont déclarées amies.
- Exemple :




```
// forward declaration
class Square;

class Rectangle {
    int width, height;
  public:
    int area(void);
    void convert(Square s);
};
```

```
class Square
{
  friend class Rectangle;
  private:
    int side;
  public:
    void set_side(int a);
};

void Square::set_side(int a){
  side = a;
}

void Rectangle::convert(Square s) {
  width  = s.side;
  height = s.side;
}
```

Accès au membre privé

Initialisations

- Comment initialiser les membres protégés ou privés ?
  - Avec une méthode d'initialisation (spécifique ou standard → constructeurs)
    - Elle doit être publique pour pouvoir être appelée de l'extérieur.
      ⚠ techniquement possible mais avantageusement remplacée par des constructeurs
  - Lors de la déclaration des attributs

→ Nouvelle définition de la classe CompteBanque :

C++ 11

```
class CompteBanque
{
 public :
  double consultation (void) const;
  double retrait (const double);
  double ajout (const double);
  void init (const int, const double);
 protected :
  int numero    = 0;
  double solde  = 0.0;
};
...
void CompteBanque::init(const int n, const double s)
{ numero = n; solde = s; }
```

Possible mais pas recommandé

Constructeurs

2.5. Constructeurs / Destructeurs

Constructeurs (1/3)

Rôle : membres prédéfinis pour l'initialisation des instances
Nom : celui de la classe
Surchargeable, comme toute méthode (plusieurs définitions possibles)

Exemple :

C++

```
// Prototype :
class CompteBanque
{
  public :
   CompteBanque (void) ;
   CompteBanque (const int n,
                 const double s);
   CompteBanque (const int n);
   /*...*/
};
```

CompteBanque.h

```
// Implémentation :
CompteBanque::CompteBanque (void)
{ numero = 0; solde = 0.0;}

CompteBanque::CompteBanque (const int n,  const double s)
{ numero = n; solde = s;}

CompteBanque::CompteBanque (const int n)
{ numero = n ; solde = 0.0;}
```

CompteBanque.cpp

Attention :
« bad practice » en C++
→ Utiliser les Listes d'initialisation

Constructeurs (2/3)

- Vocabulaire
  - Constructeur **par défaut** : constructeur sans arguments initialisant les attributs avec des valeurs par défaut.
    - On verra quelques subtilités supplémentaires à ce sujet.
  - Constructeur **valué** : constructeur possédant un ou plusieurs arguments destinés à initialiser tout ou partie des attributs.
  - Constructeur **de copie** : constructeur possédant un seul argument du type même de la classe et permettant de copier tout ou partie des attributs d'une instance dans une autre.
    - Variante en C++11 : Constructeur **de déplacement** : constructeur possédant un seul argument du type même de la classe et permettant de « transférer » tout ou partie des valeurs des attributs d'une instance (vouée à disparaître) dans une autre. Accroit les performances lorsque les objets détiennent des ressources importantes : évite la copie explicite de ces ressources.

Voir sémantique de déplacement page 61

Constructeurs (3/3)

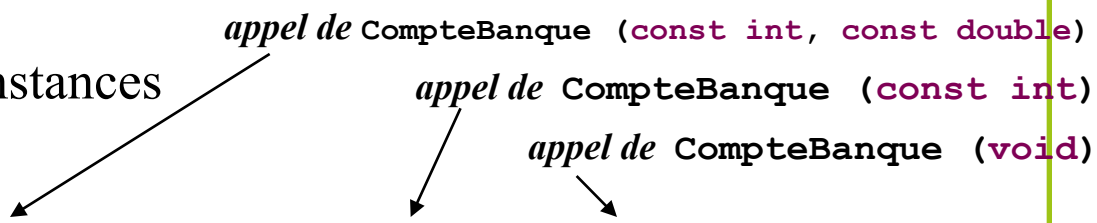
Retour :

Renvoie une instance de la classe (déclaration du type de retour implicite)

Appel :

Uniquement lors de la création d'une instance (1 seule fois par instance, a priori), au moment de la déclaration (C++), lors d'une allocation dynamique de mémoire ou d'une recopie dans la pile (C++ : argument ou valeur de retour)

Exemple : déclarations d'instances



C++

```
CompteBanque c1(1, 100.0), c2(2), c3 ;...
```

💣 `c1.CompteBanque(1, 100.0)` est **interdit** !

En C++ généralisé aux types standards. Exemple : `int i(3);`

Appels implicites aux constructeurs

C++

- Que se passe t'il lors du passage d'un élément en argument d'une méthode ? Cela dépend du mode de passage de l'argument
  - Par valeur (Type) : La **valeur** de l'objet est recopiée dans la pile d'appel : Il y a donc un appel implicite au constructeur de copie.
  - Par adresse (Type *) ou par référence (Type &) : l'**adresse** de l'objet est recopiée dans la pile.
- Appels implicites au constructeurs en C++ :
  - Déclaration d'une instance statique : `MaClasse o1;`
  - Déclaration suivie d'une affectation: `MaClasse o2 = o1;`
  - Passage d'arguments : lors de passages d'arguments par valeurs :
    - `int maMethode(MaClasse o, int valeur);`
  - Valeur de retour d'une méthode :
    - `MaClasse UneClasse::maMethode(void){MaClasse o;… return o; }`

Appel implicite au constructeur de copie

Recopie dans la pile

Valeurs

Constructeur(s) par défaut (1/2)

- Lorsque aucun constructeur n'est défini :
  - en Java : Il ∃ un constructeur par défaut (sans argument)
  - en C++ : Il ∃
    - un ctor par défaut (sans argument),
    - un ctor de copie,
    - un ctor de déplacement par défaut,
    - un opérateur de copie
    - un opérateur de déplacement par défaut
    - un dtor par défaut.
- S'il existe au moins un constructeur (Quel qu'il soit : avec ou sans arguments) :
  - en java et en C++: le(s) constructeur(s) par défaut fourni(s) automatiquement n'existe(nt) plus (il faut donc les écrire).

Voir transparent Membres par défaut (ex 109)

Constructeur(s) par défaut (2/2)

Constructeur sans arguments

Exemple :

C++

```
class CompteBanque
{
    public :
        CompteBanque (void);
        /*...*/
} ;
```

CompteBanque.h

```
CompteBanque::CompteBanque (void)
{
    numero = 0;
    solde = 0;
}

int main ()
{
    CompteBanque cpt;
    /*...*/
    return 0 ;
}
```

Appel implicite

CompteBanque.cpp

Si **aucun** constructeur n'est défini : il existe « par défaut » un constructeur par défaut

Initialisation des attributs

C++

Si opération complexe → affectation explicite dans le corps du constructeur
Si opération simple → liste d'initialisation des attributs (qui contient la liste des constructeurs des attributs)
Exemple :

```
class CompteBanque
{
   public :
      CompteBanque (const int n, const double val, const String & nom);
   protected :
      int numero ;
      String titulaire ;
      double solde ;
} ;

CompteBanque::CompteBanque (const int n, const double val,
                            const String & nom)
: numero (n), titulaire (nom), solde (0)
{
   if (val >= 500)
      { solde = val ; }
   else
   { cerr << "Versement initial trop faible" << endl ; }
}
```

Liste d'initialisation*

Corps du constructeur

* : dans l'ordre des déclarations des attributs

Constructeur de copie

C++

Syntaxe : `NomClasse (const NomClasse & objet);`

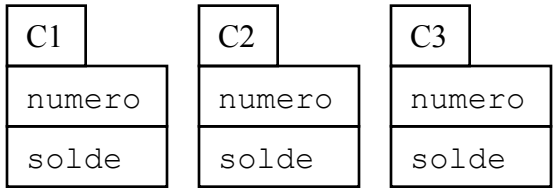
Si ce constructeur n'est pas défini : il y a recopie bit à bit par le def. copy ctor.

Deux types d'appels :

- Appel explicite lors d'une initialisation par copie
- Appel implicite lors de la recopie dans la pile d'un argument par valeur ou valeur de retour (voir « Appels implicites aux constructeurs » page 53)

Exemple :

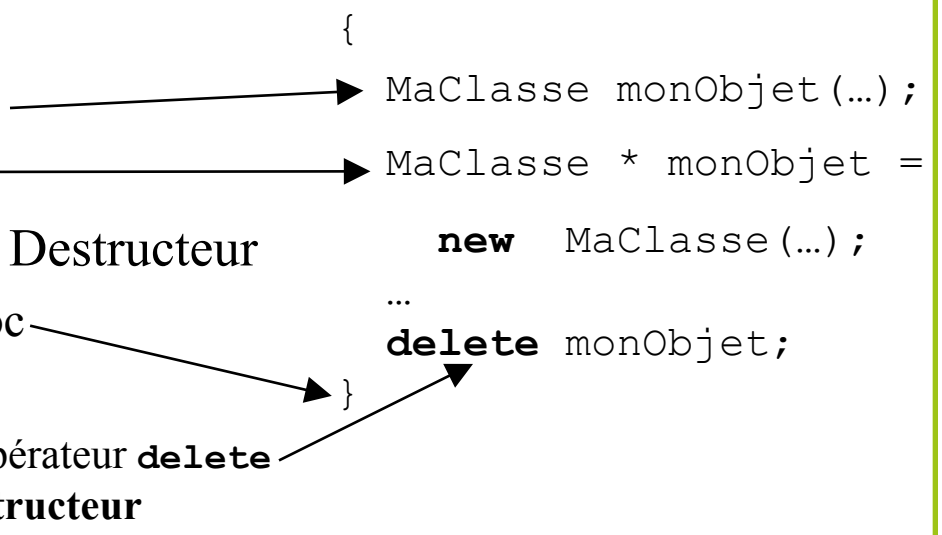
```
class CompteBanque{ … } ;
void AfficheCompte (CompteBanque cpt) { … }


int main ()
{
    CompteBanque c1;       // appel implicite constructeur par défaut
    CompteBanque c2(c1);   // appel explicite constructeur de copie
    CompteBanque c3 = c1; // appel implicite constructeur copie
                           // différent de CompteBanque c3;
                           // suivi de c3 = c1;
   AfficheCompte(c1) ; // appel implicite, par recopie d'un argument
                       // (passage par valeur ⇒ en gal bad practice)
}
```



Gestion mémoire

C++

- Gestion explicite de la mémoire : C++
  - Création d'instances
    - Statiques : déclaration
    - Dynamiques : **new**
  - Destruction d'instances : Destructeur
    - Statiques : en fin de bloc
    - Dynamiques :
      - Appel explicite à l'opérateur **delete** qui fait appel au **Destructeur**



- Gestion implicite de la mémoire : Langages Objets purs (Java, SmallTalk, C#)
  - Destruction automatique des instances non référencées par le Garbage Collector.

Sémantique de déplacement

C++03

- Problème

```
MyObject o0;

MyObject o1(input);

MyObject o2(o1);
MyObject o3 = o1;

MyObject o4 = MyObject(input);

MyObject o5;

o5 = MyObject(input);
```

Constructeur par défaut

Constructeur valué

Constructeur de copie

Constructeur valué
Constructeur de copie
Destructeur

Rvalues

Constructeur valué
Opérateur de copie
Destructeur

- Comment éviter les créations / copie / destructions inutiles (surtout si celles-ci sont coûteuses en espace mémoire et/ou en temps d'exécution)
  - Idée : « déplacer » les rvalues dans les lvalues, ⇔ les lvalues subtilisent les ressources contenues dans les rvalues lorsque cela est possible grâce à des opérations spécifiques.

Sémantique de déplacement

C++11

- Solutions
  - Elision de copie par le compilateur (copy elision)
    - Lorsqu'un objet temporaire est censé être (copié | déplacé) vers un objet du même type (la copie | le déplacement) est omise : l'objet temporaire est alors directement créé dans l'espace mémoire censé le recueillir.

```
MyObject o4 = MyObject(input);
 ⋮
o5 = MyObject(input);
```

Constructeur valué

Constructeur valué
Constructeur de déplacement
Destructeur

Constructeur valué
Opérateur de déplacement
Destructeur

  - Utilisation du constructeur de déplacement et de l'opérateur de déplacement (s'ils existent)
    - Le déplacement est alors considéré comme une copie destructive (vol des ressources des rvalues, contrairement à la copie ordinaire qui laisse les rvalues dans leur état initial).

Destructeurs

C++

Rôle :

Fonction membre dédiée au «démontage» des instances

Syntaxe :

```
virtual ~NomClasse () ;
```

Appel :

Appel implicite automatique :

lorsque l'instance n'est plus définie

(sort de sa zone de portée, qui est le bloc dans lequel l'instance a été déclarée)

Appelé aussi pour chacun des attributs de la classe

Appel explicite avec le mot clé **`delete ...`** pour une instance créée dynamiquement (`delete [] …` pour les tableaux créés dynamiquement)

Non surchargeables (prototype figé)

Destructeurs - *Exemple*

C++

```
class Toto
{
   public :
      Toto () ;  // constructeur par défaut
      ~Toto () ; // destructeur
};

Toto::Toto () { cout << "construction" << endl ; }
Toto::~Toto () { cout << "destruction" << endl ; }

void f () { Toto tin ; cout << "appel de f" << endl ; }

int main ()
{
   f () ;
   Toto tex ;
   return 0 ;
}

// résultat de l'exécution :
construction    Toto tin
appel de f      cout << "appel …   } f () ;
destruction     }
construction    Toto tex ;
destruction     }
```

Destruction de `tin`

Destruction de `tex`

Construction / Destruction

C++

- Instances statiques
  - Créées lors de leur déclaration
  - Détruites à la fin du bloc dans lequel elles sont déclarées
- Instances dynamiquement allouées
  - Constructeurs et Destructeurs ne sont pas appelés pour les attributs de type pointeur[1]
    ⇒ Nécessite un appel explicite avec les opérateurs **new** & **delete**.
- Tableaux :
  - Le constructeur par défaut est appelé implicitement pour chacun des éléments
  - idem pour le destructeur

```
{
    Type t1(...);
    Type t2{...};
    Type t3 = ...;

    Type * pt = new Type(...);

    const size_t size = 5;
    Type tab1[size];
    Type tab2[size] = {t1, ...}

    Type * dyntab = new Type[size];

    ...

    delete pt;
    delete[] dyntab;
}
```

[1] : Plus exactement seuls les constructeurs des pointeurs sont appelés

variable ≠ instance

C++

```
{
    A * pa1;
    {
        A a; // instance statique*
        A * pa2;

        pa1 = new A(); // instance dynamique
        pa2 = new A(); // instance dynamique
        /*...*/
    }

    /*
     * à la fin de ce bloc les variables a et *pa2 disparaissent.
     * Le destructeur est appelé pour a ce qui détruit l'objet et pour
     * pa2 ce qui détruit le pointeur mais pas l'objet pointé :
     * fuite mémoire
     */

    delete pa1;
    /* l'objet pointé par pa1 est détruit */
}

/* la variable *pa1 disparait */
```

* : statique ≠ `static`

2.6. Membres de classe

Membres de classe - *C++*

- mot clé `static`
- Initialisé à l'extérieur du prototype de la classe quel que soit le mode d'accès.
- Exemple : modification d'une variable de classe

```
class A
{
   public :  static int st ;
} ;

int A::st = 10 ;// initialisation à l'extérieur du prototype de la
   classe
int main ()
{
   A a1, a2 ;
   cout << "a2.st = " << a2.st << endl ;// affichage :  a2.st  = 10 ;
   a1.st = 33 ;
   cout << "a2.st = " << a2.st << endl ;// affichage :  a2.st  = 33 ;
   return 0 ;
}
```

2.7 Classes Imbriquées

- C++
  - Classes imbriquées seulement
  - Déclaration sans mot clé « `static` »

2.8. Polymorphisme

Polymorphisme - *La surcharge*

- Prise en compte du nombre et du type d'argument pour distinguer les méthodes entre elles.
- **Pas** de prise en compte du type de la valeur de retour pour l'identification de l'appel
  - Valable pour Java, C++, Smalltalk
- Exemple C++: *moyenne de 2 valeurs entières ou réelles*

```
…
double moyenne (const double v1, const double v2) ;
int moyenne (const int v1, const int v2) ;
double moyenne (const int v1, const int v2) ;
// Erreur de compilation
…
```

Polymorphisme - *La surcharge*

C++

- Prise en compte du type et du nombre d'arguments.
- **Pas** de prise en compte du type de la valeur de retour pour l'identification de l'appel
- Prise en compte des qualificateurs de type const / volatile / mutable des arguments : const int & ≠ int & ≠ int &&
- Prise en compte du qualificateur des méthodes :
  - int foo(…) const; ≠ int foo(…);
  - Typiquement utilisé dans les accesseurs / mutateurs en C++
    - int val() const { return _val; }: accesseur en lecture seul de la propriété « val » : retourne une **copie de la valeur** de _val.
    - int & val () { return _val; } : accesseur en lecture/écriture de la propriété « val » : retourne une **référence** vers _val.

Polymorphisme - *Conversion de types*

Attention aux conversions de types implicites

Exemple C++: *moyenne de 2 valeurs entières ou réelles*

```
double moyenne (const double v1, const double v2) ;
int moyenne (const int v1, const int v2) ;

int main()
{
   float f(2);       // Conversion automatique de l'entier en réel
                     // Dans ce sens, il n'y a aucun risque de perte
                     // d'information
   char c('x');
   moyenne(f, f);    // Appel de double moyenne (const double v1,
                     //                          const double v2) ;
   moyenne(c, c);    // Appel de int moyenne (const int v1, const int v2)
   moyenne(f, 2);    // Erreur de compilation :
                     // Ambiguïté, ne sait pas lequel appeler
   return 0;
}
```

Valable pour C++ & Java
Smalltalk est non typé

Polymorphisme - *Les constructeurs*

- Les constructeurs sont soumis aux mêmes règles que les autres méthodes pour la surcharge
- Comment appeler un constructeur d'une même classe dans un autre constructeur ?
  - C++
    - C++ 03 : Impossible
    - C++ 11+ : grâce aux constructeurs délégués (utilisation d'un constructeur dans un autre constructeur) : dans la liste d'initialisation uniquement.
      - `Compte(const string & titulaire) : Compte() {…}`
  - Java
    - avec le mot clé `this`
      - `Compte(String titulaire) { this(); …}`
  - Smalltalk: Il n'y a pas vraiment de constructeurs, seulement la réimplémentation de la méthode new.

Appel du constructeur par défaut dans un constructeur valué

Polymorphisme - *Les opérateurs*

C++

Fonctions et opérateurs (membres ou pas) sont surchargeables

Surcharge d'opérateurs :

- L'arité et la priorité sont imposés

  Exemples :

  opérateur ~ : arité 1 et priorité 16

  opérateur / : arité 2 et priorité 13

- Se définit comme pour une fonction dont le nom est :

  ```
  TRetour operator nomOperateur (liste arguments)
  ```

  Exemple d'implémentation d'un opérateur membre d'une classe :

  ```
  NomClasse & NomClasse::operator + (type mode arg) { … }
  ```

- L'argument gauche (le premier) doit toujours être une instance :

  ```
  A a(3);
  a + 2; // <==> a.operator+(2);
  ```

- Pour un opérateur membre d'une classe, il s'agit de l'instance courante, qui est alors implicite

Polymorphisme - *Les opérateurs*

C++

```
class Compte {
  public:
    double consultation() const;
    Compte & operator +(const double);
    double operator -(const double);
  protected:
    double solde;
};
Compte & Compte::operator +(const double v) {
  solde += v;
  return *this;
}
double Compte::operator -(const double v) {
  return solde -= v;
}

int main() {
  Compte cpt;

  cpt + 10;       /*<==>*/ cpt.operator+(10);

  cpt - 2 + 10;   /*<==>*/ (cpt.operator-(2)).operator+(10);

  cpt + 2 - 10;   /*<==>*/ (cpt.operator+(2)).operator-(10);

  cpt + 2 + 10;   /*<==>*/ (cpt.operator+(2)).operator+(10);

  return 0;
}
```

Renvoie une référence vers lui-même : Compte

Renvoie la valeur du solde : double

Compte

double

Polymorphisme - *Les opérateurs*

C++

Priorité	Opérateur	Description	Associativité	usage	Surcharge membre / *non membre (global)*	Note
18	::	Opérateur de résolution de portée	gauche à droite	NameSpace::Classe::membre		
17	()	Parenthèses	gauche à droite	instance(…)	T & MaClasse::operator() (const unsigned int,…)	
	[]	Tableau (subscript)		instance[…]	T & MaClasse::operator[](unsigned i)	
	.	Sélection d'un membre par un identificateur (structures et objets)		instance.membre		
	->	Sélection d'un membre par un pointeur (structures et objets)		pointeur->membre	T* MaClasse::operator->(void)	smart pointers
	++ --	Incrémentation post-fixée (1)		instance++	void MaClasse::operator++(int) ← dummy int	
16	++ --	Incrémentation pré-fixée	droite à gauche	++instance	void MaClasse::operator++(void)	
	+ -	Opérateurs + et - unaires		-instance	MaClasse & MaClasse::operator-(void) *friend MaClasse operator-(const MaClasse &);*	
	! ~	Opérateurs unaires négation logique et bit à bit		!instance	MaClasse & MaClasse::operator!(void) const; *friend MaClasse operator!(const MaClasse &);*	
	*	Déréférencement		*instance	T& MaClasse::operator* (void)	smart pointers
	&	Adresse		&instance	T* MaClasse::operator&(void); *friend MaClasse* operator&(MaClasse &);*	smart pointers
	sizeof	Opérateur de taille (d'objet ou de type)		sizeof(Type ou instance)		
	new new[]	Allocation mémoire et mémoire tableau		Type * ptr = new(user args) Type(…) Type[] tab = new[nbElements]	void *MaClasse::operator new(size_t s, user args); void* MaClasse::operator new[ ] (size_t);	implicitement déclarés en tant que méthodes de classe
	delete delete[]	Libération mémoire et mémoire tableau		Type * ptr; … ; delete ptr; Type[] ptr; … ; delete[] ptr;	void MaClasse::operator delete (void *); void MaClasse::operator delete[ ] (void*);	
15	(type)	Cast	droite à gauche	(Type)instanceDeMaClasse	MaClasse::operator Type(void)	plusieurs
14	.*	Déréfencement d'un pointeur de membre d'un objet	gauche à droite	instance.*membre		
	->*	Déréfencement d'un pointeur de membre d'un objet pointé		(pointeur->*membre)()		pointeur de fonction membre

Polymorphisme - *Les opérateurs*

C++

Priorité	Opérateur	Description	Associativité	usage	Surcharge membre / *non membre (global)*	Note
13	* / %	Multiplication, Division et Modulo	gauche à droite	instance1 * instance 2	MaClasse & MaClasse::operator*(const MaClasse &) const	
12	+ -	Addition, Soustraction	gauche à droite	instance1 + instance 2	MaClasse & MaClasse::operator+(const MaClasse &) const	
11	<< >>	Décalages de bits à gauche ou à droite	gauche à droite	instance << 1 cout << Instance cin >> instance	void MaClasse::operator<<(unsigned) *friend ostream & operator << <> (ostream &, const MaClasse &);* *friend istream & operator >> <> (istream &, MaClasse &);*	
10	< <=	Opérateurs relationnels "strictement inférieur" et "inférieur ou égal"	gauche à droite	instance1 < instance2	bool MaClasse::operator<(const MaClasse &) const	
	> >=	Opérateurs relationnels "strictement supérieur" et "supérieur ou égal"		instance1 > instance2	bool MaClasse::operator>(const MaClasse &) const	
9	== !=	Opérateurs relationnels "égal" et "différent de"	gauche à droite	instance1 == instance2	bool MaClasse::operator==(const MaClasse &) const	
8	&	ET bit à bit	gauche à droite	instance1 & instance2	MaClasse & MaClasse::operator&(const MaClasse &) const	
7	^	OU exclusif bit à bit	gauche à droite	instance1 ^ instance2	"	
6	|	OU bit à bit	gauche à droite	instance1 | instance2	"	
5	&&	ET logique	gauche à droite	instance1 && instance2	bool MaClasse::operator&&(const MaClasse &) const	
4	||	OU logique	gauche à droite	instance1 || instance2	"	
3	c?t:f	Opérateur de condition ternaire	droite à gauche	(expression)?instrTrue:instFalse		
2	=	Affectation	droite à gauche	instance1 = instance2	MaClasse & operator = (const MaClasse & m)	
	+= -=	Affectation avec somme ou soustraction		instance += valeur instance1 += instance2	void operator+=(const Type &) MaClasse & operator+=(const MaClasse &)	
	*= /= %=	Affectation avec multiplication, division ou modulo		instance *= valeur ou instance	"	
	<<= >>=	Affectation avec décalages de bits		instance <<= valeur ou instance	"	
	&= ^= |=	Affectation avec ET, OU exclusif ou OU inclusif bit à bit		instance &= valeur ou instance	"	
1	,	Séquence d'expressions	gauche à droite	e=a, b, c, d ⇔ (((e=a),b),c),d	MaClasse & operator,(const Maclasse &)	concat

Polymorphisme - *Valeurs par défaut*

C++

- Permet de donner une valeur par défaut aux arguments d'une méthode
  - Permet donc implicitement de représenter plusieurs surcharges d'une même méthode simultanément.
- Exemple :

Définition

```
class Forme
{
 private:
  int x_pos;
  int y_pos;
  int color;
 public:
  Forme (int x, int y, int c = 1);
  void deplace(int dx = 0, int dy = 0);
};
Forme::Forme(int x, int y, int c)
: x_pos(x), y_pos(y), color(c)
{}
void Forme::deplace(int dx, int dy)
{x_pos+=dx; y_pos+=dy;}
```

Valeurs par défaut

Utilisation

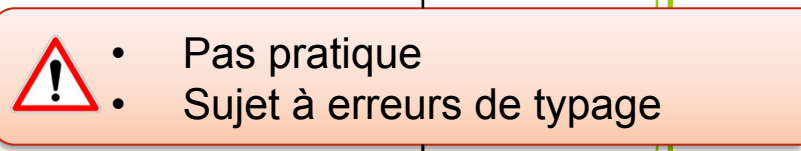
```
int main(void)
{
    Forme maForme2(10,10);
    Forme maForme3(10,10,2);
    maForme2.deplace();
    maForme2.deplace(3);
    maForme3.deplace(3,4);

    return 0;
}
```

Polymorphisme – *liste d'arguments variable*

C/C++

- Nombre variable d'arguments de même type dans une méthode ou fonction :

```
void vaTest(const string & msg, const int nbArgs, ...)
{
    cout << msg << " (" << nbArgs << "): ";
    va_list args;
    va_start(args, nbArgs);
    for (int i = 0; i < nbArgs; i++)
        cout << va_arg(args, int) << " ";
    va_end(args);
    cout << endl;
}

int main()
{
    vaTest("One vararg", 1, 10);
    vaTest("Three varargs", 3, 1, 2, 3);
    vaTest("No varargs", 0);

    return EXIT_SUCCESS;
}
```



- Pas pratique
- Sujet à erreurs de typage

et pourtant …

```
int printf(const char * __fmt, ...);
```

Polymorphisme – *liste d'arguments variable*

C++11

- Nombre variable d'arguments [de même type] dans une méthode ou une fonction : templates variadiques

```
void vaTest() { cout << endl; }

template <class T, class ...R>
void vaTest(const T & head, R... tail)
{
    cout << head << " ";
    vaTest(tail...);
}

template<class ...T>
void vaTest(const string & msg, T... args)
{
    cout << msg << ": ";
    vaTest(args...);
}
```

Quand tail… n'est pas vide

Quand tail… est vide

Template parameter pack

Function parameter pack

Pack expansion

Voir Variadic Templates page 185

sortie

```
One vararg: 10
Three varargs: 1 2 3
No varargs:
```

```
int main()
{
    vaTest("One vararg", 10);
    vaTest("Three varargs", 1, 2, 3);
    vaTest("No varargs");

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

2.9. L’Héritage

Héritage à carte

C++

Restriction d'accès uniquement

Héritage global de l'accessibilité :

Tous les membres hérités prennent «au moins» la protection du mode d'héritage

Exemples :

```
class CompteToto : public Compte {...} ;
class CompteBloque : protected Compte {...} ;
```

Trois modes d'héritage : public, protected, private

`Public` - L'accessibilité ne change pas :

membres privés : pas d'accès externe
membres protégés : pas d'accès externe, accès dans les héritières
membres publiques : accès externe

`Protected :`

Tous les membres publics hérités deviennent protégés,
les autres ne changent pas

`Private :` (mode par défaut)

Tous les membres hérités deviennent privés

Héritage / Membre	Public	Protégé	Privé
Public	Public	Protégé	Privé
Protégé	Protégé	Protégé	Privé
Privé	Inaccessible	Inaccessible	Inaccessible

Héritage à la carte - *Exemple*

C++

Héritage à la carte :

Seuls certains membres sont hérités sans changements

Exemples :

Mode pour la classe

```
class CompteBloque1 : protected Compte
{
  public:
    Compte::consultation; Compte::ajout;
  /* ... */
}; // seul retrait est modifié et devient protégé
```

Mode spécifiques pour ces membres

```
class CompteBloque2: private Compte
{
  public:
    Compte::consultation; Compte::ajout;
  /* ... */
  protected:
    Compte::solde;
}; // seul retrait est modifié et devient privé
```

Mode pour la classe

Modes spécifiques pour ces membres

`Compte' is an inaccessible base of

Surcharge lors de l'héritage

C++

- Recouvrement et/ou remplacement
  - C++ : La redéfinition recouvre toutes les surcharges héritées

```
class Compte
{
  public :
    void ouvrir (void) ;
    void ouvrir (const double); // surcharge OK
  protected :
    double solde;
};

class CompteToto : public Compte
{
  public :
    void ouvrir (const double, const  double) ;
    // redéfinition : remplace les 2 formes héritées !
  protected :
    double decouvert ;
} ;
```

```
void CompteToto::ouvrir (const double dec,
                         const double sol)
{
   Compte::ouvrir(sol);// OK
   ouvrir(sol);        // Erreur de compilation : non défini
   ouvrir(sol,dec);    // OK nouvelle forme
}
```

Appel récursif

  - Java : remplacement uniquement des méthodes possédant des signatures* identiques. * : nom + nombre & types des arguments

Hiérarchie des constructeurs

C++

```
class A
{
    private :
        int a;
    public :
        A(int val);
};

class B : public A
{
    private :
        int b;
    public :
        B(int val);
        B(int val);
};

A::A(int val) : a(val)
{
    cout << "Creation A( "
         << val << ")"  << endl;
}

B::B(int val) : b(val) // A(0), b(val)
{
    cout << "Creation B()" << endl;
}

B::B(int val) : A(2), b(val)
{
    cout << "Creation B("
         << val << ")" << endl;
}
```

```
int main(void)
{
    A a(1);
    B b(3);

    return 0;
}
```

Appel implicite du constructeur par défaut **`A()`** inexistant : Erreur !

Correction

Appel explicite du constructeur **`A(int val)`**

Constructeur(s) par défaut (3/3) C++11

- Rappel : S'il existe au moins un constructeur (Quel qu'il soit : avec ou sans arguments), les constructeurs par défaut fournis automatiquement n'existent plus.
- On peut toutefois réutiliser explicitement un constructeur par défaut grâce au mot clé **= default;**

```
class C
{
  private:
     int a;
  public:
     // Constructeur valué ==> les autres constructeurs par défaut n'existent plus
     C(int a) : a(a) {}
     C() = default; // Réutilisation du ctor par défaut (⚠ warning a non init.)
     C(const C & c) = default; // Réutilisation du ctor de copie par défaut
     C(C && c) = default; // Réutilisation du ctor de déplacement par défaut
};
```

Voire sémantique de déplacement page 61

Membres par défaut

C++11

- Membres par défaut (générés automatiquement si absents*)
  - Constructeur par défaut : `MaClasse()`
  - Constructeur de copie : `MaClasse(const MaClasse & mc)`
  - Constructeur de déplacement : `MaClasse(MaClasse && mc)`
  - Opérateur de copie : `MaClasse & operator =(const MaClasse & mc)`
  - Opérateur de déplacement : `MaClasse & operator =(MaClasse && mc)`
  - Destructeur : `virtual ~MaClasse()`
- *: Règles (X = not generated, O = Obsolete) ⇔ à déclarer explicitement

	Default Ctor	Default Copy Ctor	Default Move Ctor	Default Copy Operator	Default Move Operator	Default Dtor
Any Ctor	X	X	X			
Copy Ctor		X	X	O	X	
Move Ctor		X	X	X	X	
Copy Operator		O	X	X	X	
Move Operator		X	X	X	X	
[Virtual] Dtor		O	X	O	X	X

Contrôle des membres par défaut

C++11

- Defaulted member : **= default**
  - Réutilisation explicite d'un membre par défaut lorsque celui ci n'est plus généré automatiquement (voir les règles précédentes)
- Deleted member : **= delete**
  - Suppression explicite de la génération automatique d'un tel membre

```
class C
{
  private:
    int a;
  public:
    C(int a) : a(a){}
    C() = default;
    C(const C & c) = default;
    C(C && c) = delete;
    C& operator =(const C & c) = default;
};
```

```
int main(…)
{
  C c0; // Default ctor : Ok
  C c1(3); // Valued ctor : Ok
  C c2 = c1; // Default copy ctor : Ok
  c0 = c1; // Default copy op. : Ok
  C c3 = C(4); // No Move ctor : Ko

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Polymorphisme d'héritage

- Une instance héritière peut toujours être vue comme (restreinte à) une instance d'une de ses classes ancêtre
- Exemple C++ :

```
void affiche(const Compte & c) {…}
…
const size_t nbComptes = 4;
Compte * comptes[nbComptes];
comptes[0] = new Compte(100);
comptes[1] = new CompteActions(200);
comptes[2] = new Compte(300);
comptes[3] = new CompteBloque(400);
Action action(453, 10.5);
static_cast<CompteActions *>(comptes[1])->achatAction(&action, 15);
double virement = 50.0;

for (size_t i = 0; i < nbComptes; i++)
{
    affiche(*comptes[i]);
    size_t j = (i + 1) % nbComptes;
    cout << "virement de " << virement << " du compte n°  " << comptes[i]->id()
         << " vers le compte n°" << comptes[j]->id() << endl;
    comptes[i]->virer(*comptes[j], virement);
}
```

Conversions implicites en `Compte`

Lien dynamique – *Exemples (1/3)*

C++

```
#include <iostream.h>  // pour le cout

// Classe Compte de base
class Compte
{
  protected :
    double solde;
    int numero;
    virtual void affiche(void);
  public :
   …
    void printInfo(const char *);
}
void Compte::printInfo (const char *
    textInfo)
{
  cout << textInfo;
  affiche();
}
void Compte::affiche (void)
{
  cout << "numero : " << numero;
  cout << " solde : " << solde <<
    endl;
}
```

```
class CompteDecouvert : public Compte
{
  protected :
    double decouvert;
    void affiche(void);
}

void CompteDecouvert::affiche(void)
{
  cout << "numero : " << numero <<
  " solde : " << solde << " decouvert : "
    << decouvert << endl;
}

int main (void)
{
  Compte c1(0);
  CompteDecouvert c2(1) ;
  c1.printInfo("Compte 1: ");
  c2.printInfo("Compte 2: ");
}
```

Quelle méthode « affiche » sera utilisée dans « printInfo » ?

Lien dynamique – *Exemples (2/3)*

C++

A.h|cpp

```
class A {
 protected:
  int a;
 public:
  A(const int value);
  virtual string toString(void) const;
  friend ostream & operator <<(ostream
           & out, const A & aInstance);
};
A::A(const int value) : a(value) {
 cout << "Construction de A : "
      << *this << endl;
}
string A::toString(void) const {
 ostringstream oss;
 oss << "A::a = " << a;
 return oss.str();
}
ostream & operator << (ostream & out,
                const A & aInstance) {
 out << aInstance.toString();
 return out;
}
```

B.h|cpp

```
class B : public A {
 protected:
  int b;
 public:
  B(const int value1, const int value2);
  // redéfinition de toString pour B
  string toString(void) const;
};
B::B(const int value1, const int
value2) : A(value1), b(value2) {
 cout << "Construction de B : "
      << *this << endl;
}

string B::toString(void) const {
 ostringstream oss;
 oss << "B::a = " << a
     << ", B::b = " << b;
 return oss.str();
}
```

TestAB.cpp

```
int main(void) {
 ①A aInstance(1);
 ②B bInstance(2,3);
 ③cout << "instance de A : "
       << aInstance << endl;
 ④cout << "instance de B : "
       << bInstance << endl;
 return 0;
}
```

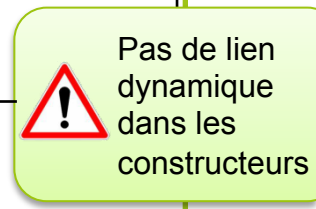
résultats

```
① Construction de A : A::a = 1
② Construction de A : A::a = 2
  Construction de B : B::a = 2, B::b = 3
③ instance de A : A::a = 1
④ instance de B : B::a = 2, B::b = 3
```

Lien dynamique – *Exemples (3/3)*

C++

1. `A aInstance(1);`
   - A::A(int) ⇨ operator <<() ⇨A::toSring()
     - `Construction de A : A::a = 1`
2. `B bInstance(2,3);`
   - A::A(int) ⇨ operator << () ⇨A::toString()
     - `Construction de A : A::a = 2`
   - B::B(int, int) ⇨ operator <<() ⇨B::toString()
     - `Construction de B : B::a = 2, B::b= 3`
3. `cout << "instance de A : " << aInstance << endl;`
   - operator << (…) ⇨ A::toString()
     - `instance de A : A::a = 1`
4. `cout << "instance de B : " << bInstance << endl;`
   - operator <<(…) ⇨ B::toString()
     - `instance de B : B::a = 2, B::b= 3`



Lien Dynamique – *Destructeurs virtuels*

C++

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base {
  public:
    Base() { cout << "Constructor: Base" << endl; }
    virtual ~Base() { cout << "Destructor : Base" << endl; }
};

class Derivee : public Base {
  // Spécialisation de la classe de base
  public:
    Derivee() { cout << "Constructor: Derivee" << endl; }
    virtual ~Derivee() { cout << "Destructor : Derivee" << endl; }
};

int main(void) {
  Base *var = new Derivee();
  delete var;
  return 0;
}
```

Optionnel si pas d'héritières

Exécution avec destructeurs virtuels

```
Constructor: Base
Constructor: Derivee
Destructor : Derivee
Destructor : Base
```

Exécution avec destructeurs non-virtuels

```
Constructor: Base
Constructor: Derivee
Destructor : Base
```

L'héritage multiple (1/2)

C++

- Déclaration : Liste de plusieurs classes mères
- Construction : Liste des différents constructeurs à appeler pour chaque classe
- Tous les destructeurs sont appelés
- Problèmes de conflits :

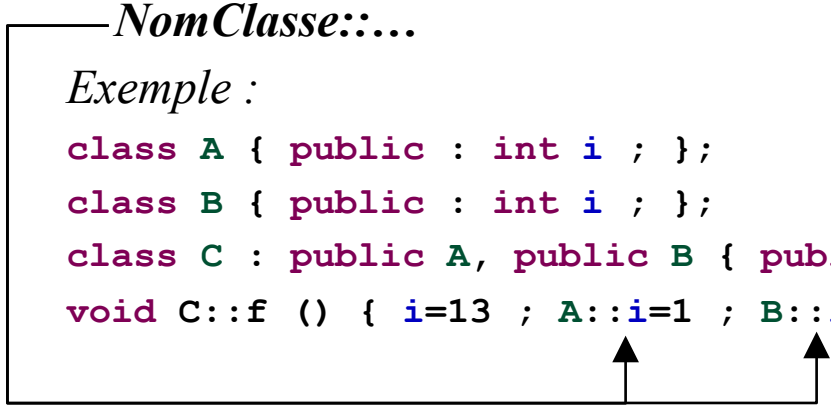
1. Héritage de membres de même nom

Préciser lequel on veut en ajoutant le préfixe de la classe ancêtre

NomClasse::…

Exemple :

```
class A { public : int i ; };
class B { public : int i ; };
class C : public A, public B { public : int i ; void f () ; };
void C::f () { i=13 ; A::i=1 ; B::i=7 ; }
```



L'héritage multiple (2/2)

C++

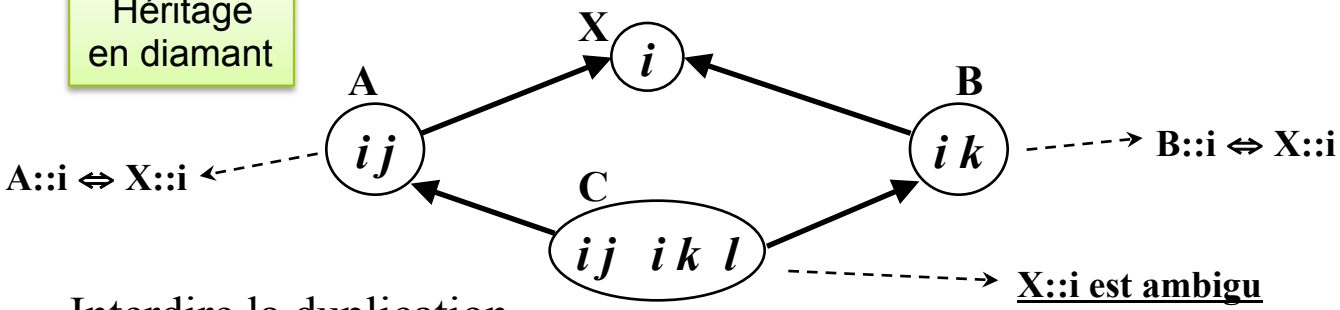
2. Héritage répété de membres

Préciser lors de l'accès *NomClasse::*

Exemple :

```
class X { public : int i ; } ;
class A : public X { public : int j ; } ;
class B : public X { public : int k ; } ;
class C : public A, public B { public : int l ; } ;
```

Héritage en diamant



Interdire la duplication

```
class A : virtual public X { … }
class B : virtual public X { … }
class C : public A, public B {public : int l;};
```

2.10 L’introspection

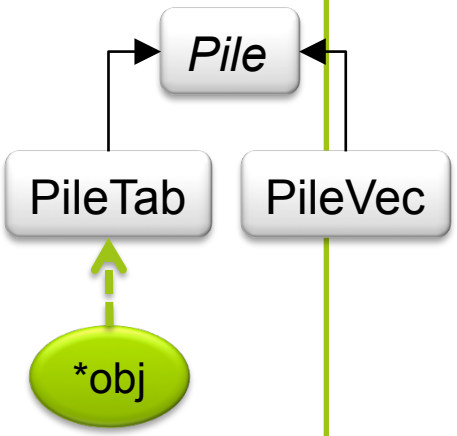
Introspection en C++

C++

- Utilisation du RTTI
  (Run-Time Type Information : `#include <typeinfo>`)

  – Opérateur de cast dynamique* (*: à l'exécution):
    - `Pile * poPtr = dynamic_cast<Pile *>(obj);`
      – pointeur `poPtr` NULL si `obj` n'est pas un `Pile *`
    - `Pile & poRef = dynamic_cast<Pile &>(obj);`
      – `bad_typeid` exception si `obj` n'est pas un `Pile &`

  – Opérateur d'identification de type :
    `type_info typeid(`*type ou instance*`)`
    - `typeid(Pile) == typeid(*obj)` ⇨ *false*
    - `typeid(PileTab) == typeid(*obj)` ⇨ *true*
    - `typeid(PileVec) == typeid(*obj)` ⇨ *false*



  – `<type_traits>` (C++ 11)
    - Différentes structures : is_abstract, is_array, is_arithmetic …

2.11 Classes Abstraites

Méthodes pures

C++

- On dit qu'une classe C++ est « abstraite » si elle contient au moins une méthode purement virtuelle.
- Exemple

```
class Compte
{
   public : virtual double virer (Compte &, const double) = 0 ;
   protected : double solde ;
} ;

class CompteToto : public Compte
{ public : double virer (Compte &, const double) ; } ;
// Implémentation dans la classe fille

double CompteToto::virer (Compte & c, const double v)
{ solde -= 5 ; return Compte::virer (c, v) ; } // Erreur à l'édition de liens

void affiche1 (Compte c)    // Erreur de compilation : instanciation
{cout << "Solde : " << c.virer (c, 0) ; }

void affiche2 (Compte & c)
{cout << "Solde : " << c.virer (c, 0) ; }

int main ()
{
   Compte c ;    // Erreur de compilation : instanciation
   CompteToto ct ;
   Compte & ref = ct ;  // OK : reference
   return 0 ;
}
```

Méthode
Purement virtuelle

Lambda Expressions

C++11

- Nécessité
  - C++ : Remplacer* les pointeurs de fonctions ou de méthodes ou plus généralement les foncteurs par des expressions plus simples.
- Usage
  - Les lambda expressions peuvent être considérées comme des « fonctions anonymes et locales » pouvant être utilisées là où l'on en a besoin
    - Elles peuvent donc se substituer à des fonctions (en C) ou a des foncteurs (en C++) dans d'autres expressions sans avoir à déclarer explicitement ces fonctions ou foncteurs.

* : Sans toutefois exclure

Lambda Expression

C++11

- Syntaxe
  - `[capture] (arguments) -> return_type {corps}`
  - *capture* : spécification des éléments de l'environnement capturés dans la lambda expression (et utilisables dans corps donc).
    - `[]` : Rien n'est capturé
    - `[&]` : Capture des variables de l'environnement par référence
    - `[=]` : Capture des variables de l'environnement par copie
    - `[=, &foo]` : Capture des variables par copie, sauf foo par référence
    - `[bar]` : Capture de la variable bar par copie, rien d'autre n'est capturé.
    - `[this]` : Capture du pointeur this de la classe englobante.
  - `arguments` : Pas de parenthèses si aucun argument.
  - `-> return_type` : Optionnel s'il peut être déduit par le compilateur.
  - `{corps}` : corps de l'expression lambda.
- Type
  - Quel est le type d'une expression lambda ? (Si l'on veut la référencer par une variable)
    - Avec capture : `template <class Ret, class... Args> class function<Ret(Args...)>;` (voir templates variadiques page 137),
    - Sans capture : `function<Ret(Args…)>` ou n'importe quel pointeur de fonction équivalent (`Ret(*)(`*<liste des arguments>*`)`).

Lambda Expressions : exemples

C++11

```
string message("Hello World");
// omission des parenthèses quand pas d'arguments et capture par ref
auto f0 = [&message]{cout << message << endl;};
f0(); // Appel de la fonction
// expression complète
auto f1 = [](int x, int y) -> int{return x + y;};
// type de retour implicite, inféré de par la clause return
auto f2 = [](float x, float y){return x + y;};
// pas de clause return, type de retour = void
auto f3 = [](int & x){++x;};
// accès à une variable globale (bèèèh)
auto f4 = [](){++global_x;};
```

```
vector<float> operate(const vector<float> & v1, const vector<float> & v2,
                      const function<float(float, float)> & func)
{
    …func(…, …)…
}
```

```
vector<float> v1 = {1.1f, 2.1f, 3.1f, 4.1f, 5.1f};
vector<float> v2 = {5.2f, 4.2f, 3.2f, 2.2f, 1.2f, 0.2f};
vector<float> v3 = operate(v1, v2, atan2f);
vector<float> v4 = operate(v1, v2, f2);
vector<float> v5 = operate(v1, v2, [](float x, float y) -> float {return x + y;});
```

2.13 Généricité

Généricité - *Patrons de classe*

C++

- Mot clé : **template**
- Patrons de **fonctions** et de **classes**

1. Patrons de fonctions :

   Les types génériques doivent apparaître au minimum dans les types des arguments

   template <class **C1**, class **C2**> TypeRetour nomFonction (**C1** arg1, **C2** arg2, ...)

   { ... }

2. Patrons de classes :

```
template <class C1, class C2> class C
{
  C1 m1 ;
  void f (C2) ;
  ...
} ; ...
template <class C1, class C2> void C::f(C2 arg ) { … }
```

utilisation des mots clés **`class`** ou **`typename`** pour définir les paramètres de type

3. Instanciation du patron avec des types connus :

```
C <int, double> monInstaneDeC;
C <Compte, float> autreInstaneDeC;
```

Deux types différents

Attention, pas de conversion de type implicite, sauf entre classes héritières et classes ancêtres

→ Le lien dynamique d'héritage est préservé

Généricité - *Patrons Variadiques*

C++ 11

- Définition : template de classe ou de fonction dont tout ou partie de la liste des paramètres de types est variable
- Exemple Fonction / Méthode :

```
template <typename T, typename ...R>
void Tableau<T>::addElement(const T & first, const R &... others)
{
    addElement(first);
    addElement(others...); // Appel récursif
}
```

- Exemple Classe : `template <class ..._Tp> class tuple`
  - `tuple<int, string, Compte>`
  - `tuple<bool, int>`
- Introductions de nouveaux opérateurs
  - opérateur **...**
    - à gauche d'un nom d'argument : désigne un « paquet de paramètres » (parameter pack) : permet de grouper [0..n) arguments
    - à droite d'un nom d'argument : sépare les paramètres (pack expansion)
  - opérateur `sizeof...(`*<parameter pack name>*`)`
    - permet d'obtenir la taille d'un paquet de paramètres

Patrons de classe – *Exemple (1/6)*

C++ 11

```
template<typename T> class // ou bien template<class T>
{
  public:
    // Constructeur valué avec valeurs par défaut ==> default ctor
    Tableau(T * data = nullptr, const size_t size = 0);
    // Constructeur de copie
    Tableau(const Tableau<T> & tab);
    // Constructeur de déplacement
    Tableau(Tableau<T> && tab);
    // Constructeur variadique à partir d'éléments
    template <typename ...R> Tableau(const T & first, const R &... others);
    // Constructeur à partir d'une liste {elt1, elt2, ...}
    Tableau(initializer_list<T> list);
    // Destructeur
    virtual ~Tableau();
    // -- ACCESSEURS / OPERATEURS ----------------------------------------
    size_t size() const;
    // opérateur de copie et déplacement
    Tableau<T> & operator =(const Tableau<T> & tab);
    Tableau<T> & operator =(Tableau<T> && tab);
    // Opérateurs d'accès en lecture seule, puis écriture
    T operator [](const size_t index) const throw (TabException); // lecture seule
    T & operator [](const size_t index) throw (TabException); // lecture/écriture
    // opérateur de cast en T*
    operator T*() const;
    // opérateur ami de sortie standard
    friend ostream & operator << <>(ostream & out, const Tableau<T> & tab);
  private:
    size_t  size = 0;
    T * _data = nullptr;

    static void newHandler() throw (TabException);
    template <typename ...R> void addElement(const T & first, const R& ... others);
    void addElement(const T & element);
};
```

Template parameter pack

Method parameter pack

2 formes, l'une const et l'autre pas

Déclaration opérateur interne ami ou externe

Tableaux.h

Patrons de classe – *Exemple (2/6)*

C++ 11

```
// Constructeur valué
template <typename T> Tableau<T>::Tableau(T * data, const size_t size) :
  _size(size), _data(size > 0 ? new T[size] : nullptr)
{
  set_new_handler(newHandler);
  for (size_t i = 0; i < _size; i++)
  {
    _data[i] = data[i];
  }
}

// Constructeur de copie
template <typename T> Tableau<T>::Tableau(const Tableau<T> & tab) :
  Tableau(tab._data, tab._size)
{}

// Constructeur de déplacement
template <typename T> Tableau<T>::Tableau(Tableau<T> && tab) :
  _size(tab._size), _data(tab._data)
{
  set_new_handler(newHandler);
  tab._data = nullptr;
  tab._size = 0u;
}

// Constructeur variadique à partir d'éléments
template <typename T>
template <typename ...R>
Tableau<T>::Tableau(const T & first, const R &... others) :
  _size(0), _data(new T[sizeof...(others)+1]) // _size sera incrémenté dans addElement
{
  set_new_handler(newHandler);
  addElement(first, others...);
}
```

Constructeur délégué

Pack expansion

Tableaux.cpp

Patrons de classe – *Exemple (3/6)*

C++ 11

```
// Constructeur à partir d'une liste {elt1, elt2, ...}
template <typename T> Tableau<T>::Tableau(initializer_list<T> list) :
  _size(list.size()), _data(new T[_size])
{
  size_t i = 0;
  for (auto it = list.begin(); it != list.end(); ++it, i++){ _data[i] = *it; }
}

// Destructeur
template <typename T> Tableau<T>::~Tableau()
{
  if (_data != nullptr){ delete [] _data; }
  _size = 0;
}

// Accesseur taille
template <typename T> size_t Tableau<T>::size() const { return _size; }

// opérateur de copie
template <typename T> Tableau<T> & Tableau<T>::operator =(const Tableau<T> & tab)
{
   _size = tab._size;
  delete [] _data;
  if (_size > 0)
  {
    _data = new T[_size];
    for (size_t i = 0; i < _size; i++){ _data[i] = tab._data[i]; }
  }
  else
  {
    _data = nullptr;
  }

  return *this;
}
```

Tableaux.cpp

Patrons de classe – *Exemple (4/6)*

C++ 11

```
// opérateur de déplacement
template <typename T> Tableau<T> & Tableau<T>::operator =(Tableau<T> && tab)
{
  _size = tab._size;
  delete[] _data;
  _data = tab._data;

  tab._size = 0;
  tab._data = nullptr;

  return *this;
}

// Opérateurs d'accès en lecture seule, puis écriture
template <typename T> T Tableau<T>::operator [](size_t index) const
  throw (TabException) // lecture seule
{
  if (index < _size) { return _data[index]; }
  else
  {
    cerr << "Tableau<T>::operator [](" << index << ">=" << _size << ")" << endl;
    throw TabException(TabException::INDICES_OUT_OF_BOUNDS);
  }
}
template <typename T> T & Tableau<T>::operator [](size_t index)
  throw (TabException) // lecture/écriture
{
  if (index < _size) { return _data[index]; }
  else
  {
    cerr << "Tableau<T>::operator [](" << index << ">=" << _size << ")" << endl;
    throw TabException(TabException::INDICES_OUT_OF_BOUNDS);
  }
}
```

codes identiques

Tableaux.cpp

Patrons de classe – *Exemple (5/6)*

C++ 11

```
// opérateur de cast en T*
template <typename T> Tableau<T>::operator T*() const { return _data; }

// opérateur ami de sortie standard
template <typename T> ostream & operator <<(ostream & out, const Tableau<T> & tab)
{
  out << '(' << tab._size << ")[";
  for (size_t i = 0; i < tab._size; i++)
  {
    out << " " << tab._data[i];
  }
  out << "] ";

  return out;
}

// handler d'échec d'allocation
template <typename T> void Tableau<T>::newHandler() throw (TabException)
{
  cerr << "Can not allocate new array" << endl;
  throw TabException(TabException::ALLOCATION_PROBLEM);
}

// Ajout d'éléments variadique
template <typename T>
template <typename ...R> void Tableau<T>::addElement(const T & first,
                                                     const R &... others)
{
  addElement(first);
  addElement(others...);
}

// Ajout d'éléments terminal
template <typename T> void Tableau<T>::addElement(const T & element)
{
  _data[_size++] = element;
}
```

Appel ajout terminal

Appel récursif ajout variadique

Tableaux.cpp

Patrons de classe – *Exemple (6/6)*

C++ 11

```
// ------------------------------------------------------------------------
// Proto instanciations
// ------------------------------------------------------------------------
template class Tableau<double>;
template ostream & operator <<(ostream &, const Tableau<double> &);
template Tableau<double>::Tableau(const double & first,
                                  const double & second,
                                  const double & third);
template void Tableau<double>::addElement(const double & first,
                                          const double & second,
                                          const double & third);

template class Tableau<int>;
…
```

dépend des compilateurs

Autre solution : implémenter tout ou partie du template dans le header ➔ plus de compilation séparée

Tableaux.cpp

const

```
int main(int argc, char ** argv)
{
  int i1[] = {1,5,7,6,1};
  // Ctor valué
  Tableau<int> ti1(i1, 5);
  // Ctor avec initializer_list
  Tableau<double> td1 =
    {1.0, 5.7, 8.4, 3.2};
  // Ctor de copie
  Tableau<double> td2 = td1;
  // Ctor valué avec valeurs par défaut
  // ==> Ctor par défaut
  Tableau<double> td3;
  // Ctor de déplacement
  Tableau<double> td4(std::move(td2));
  // Ctor variadique
  Tableau<double> td5(1.0, 2.0, 3.0);
```

non const

```
  cout << td1[1] << endl;
  td1[1] = 0.0;
  cout << td1[1] << endl;

  cout << ti1 << td1 << td2 << td4
       << td5 << endl;

  td3 = td4;
  cout << td3 << endl;
  td3 = {3.5, 4.4, 5.2, 6.1};
  cout << td3 << endl;

  try
  {
    cout << td1[17] << endl;
  }
  catch (TabException & ex)
  {
    cerr << ex.what() << endl;
  }

  double * tabData = (double *)td1;
  …
}
```

TestTableaux.cpp

opérateur de cast

Transfert parfait (Perfect Forwarding) C++11

- Pb : Transmettre un argument d'une fonction/méthode à une autre tel quel (les lvalues en tant que lvalues et les rvalues en tant que rvalues).

```
template <typename T> void foo(T & lvalue)
{
   cout << "lv = " << lvalue  << " ";
}

template <typename T> void foo(T && rvalue)
{
   cout << "rv = " << rvalue  << " ";
}

template <typename T> void noForward(T t)
template <typename T> void badForward(T & t)
template <typename T> void badForward(const T & t)
template <typename T> void goodForward(T && t)
{
   foo(t);
   foo(std::forward<T>(t));
// <==> static_cast<decltype(t)&&>(t)
}
```

Pas de forwarding (copie de la valeur passée en argument)

Fonctionne avec les lvalues mais pas les rvalues

Spécialisation pour les constantes (rvalues) : Mais forward interdit car cast d'un **`const T &`** en **`T &&`** looses const qualifier !

On parle non plus de « rvalue references » mais de « universal references »

```
int main(void)
{
   int i = 2;
   noForward(1);          // lv = 1 rv = 1
   noForward(i);          // lv = 2 rv = 2
   badForward(1);         // lv = 1
   badForward(i);         // lv = 2 rv = 2
   goodForward(1);        // lv = 1 rv = 1
   goodForward(i);        // lv = 2 lv = 2
}
```

Comportement attendu du **forward** :
- rvalue transmise en tant que rvalue
- lvalue transmise en tant que lvalue

Patrons de classes - *Héritage*

C++

```
class A {…};

template <typename T> class M {…};
```

- Patron héritant d'un patron :
  - `template <typename T> class N : public M<T> {…};`
- Patron héritant d'une classe :
  - `template <typename T> class P : public A {…};`
- Classe héritant d'une instanciation de patron :
  - `class B : public M<int> {…};`

2.14 Robustesse

Exceptions - *Exemple*

C++

Matrix.h

```
template <class T> class Matrix
{
 public:
 …
  Matrix<T> & operator * (const Matrix<T> & m) const throw (MatrixException);
 …
};
```

Matrix.cpp

```
template <class T>
Matrix<T> & Matrix<T>::operator * (const Matrix<T> & m) const throw (MatrixException)
{
 if (!compatibleSize(m)) {
  throw MatrixException(MatrixException::NOT_MULTIPLICABLE);
 }
 else {
  Matrix<T> * newMat = new Matrix<T>(nbLines,m.nbCols);

  // building new matrix values
  for (unsigned int i=0; i < newMat->nbLines; i++) {
   for (unsigned int j=0; j < newMat->nbCols; j++) {
    newMat->array[i][j] = zeroElement();

    for (unsigned int k=0; k < nbCols; k++) {
     newMat->array[i][j] += array[i][k] * m.array[k][j];
    }
   }
  }
  return *newMat;
 }
}
```

Test.cpp

```
Matrix<double> m33(3,3);
m33.value(33);

Matrix<double> m45(4,5);
m45.value(45);

try {
 cout << "m33 * m45 = "
 << m33 * m45 << endl;
}
catch (MatrixException e) {
 cerr << e ;
 exit(1);
}
```

3. Remerciements

- Merci à François Terrier et Annelies Braffort pour leur cours de C++ dont on peut retrouver ici les éléments.
- Merci à Ivan Augé pour la première version de ce cours
- Merci à Régine Laleau pour ses conseils en Java
- Merci à Xavier Briffault et Brigitte Grau pour leurs conseils en Smalltalk