Introduction à la Programmation : Polymorphisme Modificateurs

Laboratoire d'Intelligence Artificielle
Faculté I&C

Objectifs du cours de la semaine

- Introduire un peu plus formellement la notion de **polymorphisme**
- Expliquer les techniques de mise en oeuvre du polymorphisme en Java :
  - Héritage des types.
  - Résolution dynamique des liens.
  - Classes et méthodes **abstraites**.
- Revenir à la comparaison d'objets dans le contexte de l'héritage
- Introduire le modificateur `final`.

Pendant l'heure de cours

- Petit rappel des points importants
- Approfondissements :
  - A propos de `instanceof` transparent 45
  - Comparaison dans le cadre de l'héritage transparent 49
  - A quoi s'applique la résolution dynamique des liens ?
  - Quid du polymorphisme sur les paramètres de méthodes ?
  - (Héritage et tableaux)

Polymorphismes

En programmation, on distingue deux types de polymorphismes :

- le **polymorphisme des traitements** (ou ad hoc)
  - ☞ mécanisme de **surcharge** des fonctions/méthodes : le même identificateur est utilisé pour désigner des séquences d'instructions différentes
- le **polymorphisme des données** (ou universel)
  - le polymorphisme **d'inclusion** :
    le même code peut être appliqué à des données de types différents liés entre eux par une relation de sous-typage
    - ☞ hiérarchies de classes
  - le polymorphisme **paramétrique** :
    le même code peut être appliqué à n'importe quel type (généricité)
    - ☞ Cours sur les *modèles de classes* au semestre de printemps

Héritage (rappels)

Rappel du dernier cours :

- Dans une hiérarchie de classes, la *sous-classe hérite de la super-classe* :
  - tous les attributs/méthodes (sauf constructeurs et destructeur)
  - le type
- L'héritage est transitif

Héritage du type :

- on peut affecter un objet de type sous-classe à une variable de type super-classe

```
Rectangle r = new Rectangle(12.5, 2.0);
FigureGeometrique fig = r;
```


Héritage : « est-un » : héritage du type

```
class A {
public
   A(int x )
     {a = x;}
   int getA() ...
private int a;
}
```

```
class B extends A {
public
   B(int x, int y)
    {super(x); b = y;}
private int b;
}
```

```
static void affiche(A unA)
   System.out.print( "Valeur: ");
   System.out.println(unA.getA());
}

public static void main(...) {
      B bb = new B(4, 3);
      A aa; aa=bb;
       affiche(aa);
       affiche(bb);
```

```
Valeur: 4
Valeur: 4
```

Les instances de `B` sont substituables aux instances de `A`

☞ **Compatibilité ascendante des types**

Polymorphisme d'inclusion

En POO, le **polymorphisme d'inclusion** est le fait que :

- les instances d'une sous-classe soient **substituables** aux instances des classes de leur ascendance, *en argument d'une méthode ou lors d'affectations*, tout en **gardant leurs nature/propriétés propre(s)**.

La mise en œuvre se fait par :

- les mécanismes de l'**héritage** dans les hiérarchies de classes,
- la **résolution dynamique des liens** :
  - le choix des méthodes à invoquer se fait *lors de l'exécution du programme* en fonction de la *nature réelle des instances* concernées

Résolution des liens

Une instance de sous-classe `B` est substituable à une instance de super-classe `A`.

Que se passe-t-il lorsque `B` redéfinit une méthode de `A` ?

```
class A {
 public
 void afficher() {
   System.out.println("A");
 }
```

```
 class B extends A {
 public
    void afficher() {
       System.out.println("B");
 }
```

?

?

```
public.. main(..) {
  A aa;
  B bb = new B();
   aa = bb;
   aa.afficher();
}
```

Résolution statique des liens

Première possibilité : c'est le **type de la variable** qui détermine la méthode à exécuter :

```
class A {
 public
 void afficher() {
   System.out.println("A");
 }
```

```
class B extends A {
 public
   void afficher() {
     System.out.println("B");
 }
```

```
public.. main(..) {
  A aa;
  B bb = new B();
  aa = bb;
  aa.afficher();
}
```

☞ *Résolution* **statique** *des liens*

Résolution dynamique des liens

Deuxième possibilité : le choix de la méthode se fait selon à la *nature réelle de l'instance* contenue dans la variable :

```
class A {
 public
 void afficher() {
   System.out.println("A");
 }
```

```
class B extends A {
 public
   void afficher() {
     System.out.println("B");
 }
```

```
public.. main(..) {
  A aa;
  B bb = new B();
  aa = bb;
  aa.afficher();
}
```

☞ Java met systématiquement en oeuvre la **résolution dynamique des liens**

Rappel : les avatars rencontrent le joueur

```
public static void main(String[] args)
{
    Joueur leJoueur = new Joueur(...);
    Avatar[] lesAvatars = new Avatar[3];

    lesAvatars[0] = new Elfe(...); // Correct ?
    lesAvatars[1] = new Orc(...);
    lesAvatars[2] = new Sorcier(...);

    for (int i=0; i < lesAvatars.length; ++i)
    {
        lesAvatars[i].rencontrer(leJoueur);
    }
}
```

☞ le tableaux `lesAvatars` est une *collection hétérogène* d'`Avatar`. La méthode `recontrer(Joueur)` s'adapte automatiquement à la nature réelle de l'`Avatar` grâce à la résolution dynamique des liens

Méthodes et classes abstraites

Au sommet d'une hiérarchie de classe, il n'est pas toujours possible de :

- donner une définition générale de certaines méthodes, compatibles avec toutes les sous-classes,
- ...même si l'on sait que toutes ces sous-classes vont effectivement implémenter ces méthodes

Méthodes et classes abstraites (2)

Exemple :

```
class FigureFermee  {
   //....

   // difficile a definir a ce niveau !..
   // comment ecrire le corps?
        public double surface() {//..
        }

   // ...pourtant la methode suivante en aurait besoin !
   public double volumeCylindre const (double hauteur) {
            return (hauteur * surface());
   }
   //...
}
```

Comment définir `surface` pour des figures géométriques quelconques ?
Définir `surface` de façon arbitraire sachant que l'on va la redéfinir plus tard n'est pas une bonne solution (source d'erreurs) !

☞ Il faut déclarer la méthode `surface` comme **abstraite**

Méthodes abstraites

Une méthode *abstraite*, est *incomplètement spécifiée* :

- elle n'a *pas de définition* dans la classe où elle est introduite (pas de corps)
- elle sert à signaler aux sous-classes qu'elles **doivent redéfinir** la méthode virtuelle héritée

Syntaxe :

```
abstract Type nom_methode(liste d'arguments);
```

Exemple :

```
abstract class FigureFermee {
   public abstract double surface();
   public abstract double perimetre();
//...
}
```


Classes abstraites

Règles :

1. Une méthode abstraite doit être déclarée dans une classe abstraite
2. Les classes et méthodes abstraites sont déclarées au moyen du modificateur `abstract`
3. le modificateur `abstract` signale :
   - que la méthode ne peut être appellée elle-même mais doit exister dans toutes les sous-classes que l'on veut pouvoir instancier
   - qu'une classe ne peut être instanciée

Les classes et méthodes abstraites permettent de :

- rendre compilable un programme incomplet sans fausser le modèle
- clarifier les intentions du programmeur

Note : une classe abstraite peut tout à fait hériter d'une classe non abstraite.

Classe/méthode abstraite

- A quoi sert une classe abstraite ?
  - Le compilateur rappelera le programmeur de ses intentions initiales
  - Modèle plus clair
  - Indispensable si l'on souhaite utiliser des méthodes abstraites
- A quoi sert une méthode abstraite ?
  - Impose des conditions sur les sous-classes
  - Rend une classe compilable même si l'implémentation d'une méthode particulière manque (son corps)
  - Indissociable de la notion de polymorphisme

Exemple : classe abstraite (1)

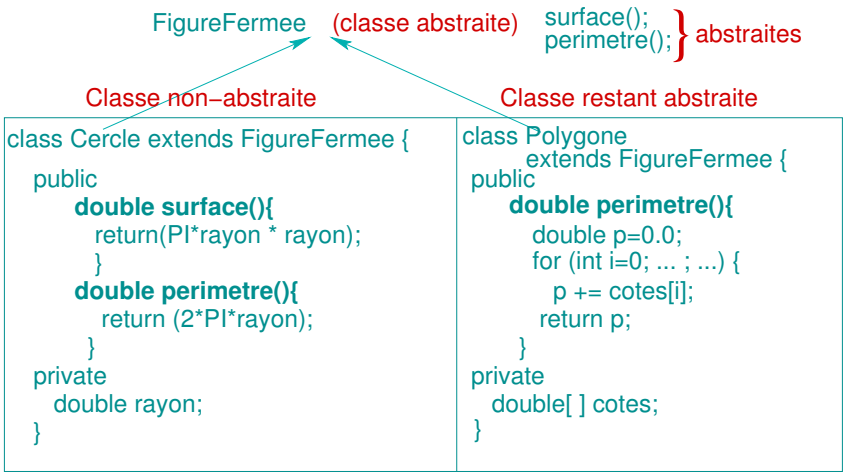
Attention : Si une classe est déclarée `abstract`, il est impossible de l'instancier !

```
abstract class Avatar
{
   private int energie;
   private int dureeVie;
   public Avatar(){
      // initialisation des attributs
      // avec des valeurs par defaut
   }
}

// ailleurs:

Avatar unAvatar = new Avatar();
```

Exemple de message d'erreur :

```
Avatar unAvatar = new Avatar();
Avatar  is abstract; cannot be instantiated
```


Exemple : classes abstraites (2)



Exemple commercial

Vos fins de mois sont difficiles et vous décidez de rentabiliser votre jeu.

- But : vendre 2 classes destinées à programmer un jeu sans divulguer les sources

1. `Jeu` :
   - Classe pour gérer le jeu
   - Se contente ici d'afficher les personnages (avatars)
   - L'acheteur appelera les méthodes de la classe, pas d'accès aux variables d'instance
2. `Avatar` :
   - Classe de base pour les avatars
   - L'acheteur ajoutera des sous-classes à sa guise

Matériel à vendre

La classe `Jeu` vendue sous forme compilée :

☞ S'occupe de gérer un tableau d'avatar et de les afficher

```
class Jeu {
   private Avatar[] avatars;
   public Jeu(int taille) {
      avatars = new Avatar[taille];
   }

   public void ajouterAvatar(Avatar a) {
      // ajoute un avatar au tableau
   }
   public void afficher() {
      for (int i = 0; i < avatars.length; i++)
         avatars[i].afficher();
}
```

Materiel à vendre (2)

La classe `Avatar` vendue sous forme compilée :

- Super-classe pour les avatars
- A étendre par l'acheteur

```
abstract class Avatar {
   String nom;
   int energie;
   int dureeVie;
   Avatar (String unNom, int) {
      nom = unNom;
      // reste des initialisations
   }

   // M'ethode afficher(..) ???
}
```

☞ La classe `Avatar` est abstraite, l'utilisateur devra ajouter ses propres sous-classes

Comment imposer que la méthode `afficher` soit définie dans les sous-classes introduites par l'utilisateur ?

Méthode `afficher`

Afin de vendre `Jeu` sous forme compilée :

- La classe `Avatar` doit avoir une méthode `afficher`
- Sinon message d'erreur :

```
Cannot resolve symbol
symbol  : method afficher()
 avatar[i].afficher();
```

- On aimerait que l'utilisateur ajoute ses propres méthodes `afficher` à ses sous-classes
- La résolution dynamique des liens garantira que c'est la méthode de la sous-classe qui sera exécutée

Mauvaise solution

Solution 1 : Ajouter une méthode quelconque

```
abstract class Avatar {
   String nom;
   int energie;
   int dureeVie;
   Avatar (String unNom, int) {
      nom = unNom;
      // reste des initialisations
   }

   void afficher(){
      return;
   }
}
```

C'est une **très mauvaise idée**

☞ Affichage incorrect si une sous-classe "oublie" de redéfinir la méthode (avatars fantômes ! !)

☞ Mauvais modèle de la réalité

Bonne solution

Solution 2 : Signaler que la méthode doit exister dans *chaque* sous-classe

☞ Déclarer la méthode comme **abstraite**

Syntaxe :

- `abstract` + en-tête + `;`
- Pas d'instructions, même pas d'accolades

```
abstract class Avatar {
   String nom;
   int energie;
   int dureeVie;
   Avatar (String unNom) {
      nom = unNom;
      // reste des initialisations
   }
   abstract void afficher();
}
```

Méthode abstraite (résumé)

Si l'on ajoute `abstract` à une méthode :

1. La méthode ne peut pas avoir d'instructions
2. La méthode sert seulement à signaler aux sous-classes qu'elles doivent redéfinir la méthode abstraite héritée
3. La classe qui contient la méthode abstraite doit elle-même être abstraite
4. Une sous-classe qui ne redéfinit pas une méthode abstraite héritée doit elle-même être abstraite

Une méthode abstraite n'est jamais appelée :

1. Elle se trouve toujours dans une classe abstraite qui n'a donc pas d'instances
2. Si elle est héritée par une classe non-abstraite, cette classe doit redéfinir la méthode
3. Elle n'a de toute façon pas d'instructions

Côté client...

Un client (si si il y en a) :

1. achète les classes compilées `Avatar` et `Jeu`,
2. ajoute ses propres sous-classes d'`Avatar` : `Guerrier`, `Cavalier`, etc
3. écrit sa propre méthode `main` : classe `JeuClient`

Ajout de la classe `Cavalier`

Votre client ajoute une sous-classe `Cavalier` à `Avatar` :

```
class Cavalier extends Avatar {
   Cheval monture;
   Cavalier(String unNom) {
      super(unNom);
      // reste des initialisations
   }
   void afficher() {
      // code pour afficher specifiquement
      // le cavalier
   }
}
```

Message d'erreur en cas d'oubli de la méthode `afficher` :

```
class Cavalier should be declared abstract;
it does not define afficher() in Avatar
```

Le client fait la même chose pour toutes ses sous-classes d'avatars.

Classe `JeuClient`

Cette classe contient la méthode `main` de votre client :

- Construction d'un objet `Jeu`
- Remplissage du tableau par les différents avatars
- Pas d'accès direct au tableau (car privé)
- Utilisation de l'API (les méthodes fournies)

Classe JeuClient (2)

Code :

```
class JeuClient {
   public static void main(String[] args) {
      Jeu monJeu = new Jeu(2);
      monJeu.ajouterAvatar(new Cavalier(...));
      monJeu.ajouterAvatar(new Guerrier(...));

      // a la place de afficher on peut imaginer
      // des methodes plus sophistiquee comme la gestion
      // de la rencontre avec un joueur etc..
      monJeu.afficher();
   }
```


Résumé de l'exemple

1. Classes fournies sous forme compilée :
   - `Jeu` assure la logistique de base du jeu
   - `Avatar` pour modéliser des avatars abstraits
2. Classes ajoutées par l'acheteur :
   - `Guerrier`, `Cavalier`, etc pour représenter ses propres avatars selon le modèle de la classe `Avatar`
   - `JeuClient` pour créer son instance spécifique de la classe `Jeu`
   - Ecriture du code facilitée (des parties difficiles et/ou fastidieuses ont été achetées)
3. La partie vendue n'aurait pas compilé sans `abstract` pour `afficher` et `Avatar`

Constructeurs et polymorphisme

Un constructeur est une méthode spécifiquement dédiée à la construction de l'**instance courante** d'une classe, il n'est pas prévu qu'il ait un comportement polymorphique.

Il est cependant possible d'invoquer une méthode polymorphique dans le corps d'un constructeur

☞ Ceci est cependant déconseillé : la méthode agit sur un objet qui n'est peut-être alors que partiellement initialisé !

Un exemple ...

Constructeurs et polymorphisme (2)

```
abstract class A {
   public abstract void m();
   public A() {
      m(); // m'ethode invocable de mani'ere polymorphique
   }
}
class B extends A {
   private int b;
   public B() {
      b = 1; // A() est invoqu'e implicitement juste avant
   }
   public void m() { // d'efinition de m pour la classe B
      System.out.println("b vaut : " + b);
   }
}
// .... dans le programme principal:
B b = new B(); // la m'ethode m invoqu'ee dans A() est
// ici celle de la classe B (polymorphisme)
// affiche: b vaut 0
// (au moment o'u m() est invoqu'ee, b = 1
// dans B() n'est pas encore ex'ecut'ee !)
// voir : ordre d'appel des constructeurs (cours 7)
```

La super-classe `Object`

Il existe en Java une super-classe commune à toutes les classes : la classe `Object` qui constitue **le sommet de la hiérarchie**

Toute classe que vous définissez, si elle n'hérite d'aucune classe explicitement, dérive de `Object`

Il est donc possible d'affecter une instance de n'importe quelle classe à une variable de type `Object` :

```
Object v = new UneClasse (...); // OK
```


La super-classe `Object` (2)

La classe `Object` définit, entre autres, les méthodes :

- `toString` : qui affiche juste une représentation de l'adresse de l'objet ;
- `equals` : qui fait une comparaison au moyen de `==` (comparaison des références) ;
- `clone` : qui permet de copier l'instance courante (nous y reviendrons !)

Dans la plupart des cas, ces définitions par défaut ne sont pas satisfaisantes quand vous définissez vos propres classes

☞ Vous êtes amenés à les **masquer** (redéfinir) pour permettre un affichage, une comparaison (et plus tard un "clonage") corrects de vos objets

[C'est en fait (presque) ce que nous faisions dans le cours 7 dans nos exemples avec `equals` et `toString`]

La classe `String` redéfinit aussi évidemment ces méthodes.

La méthode `equals` dans le contexte de l'héritage

Pour un définition correcte de la méthode `equals`, un certain nombre de précautions doivent être prises.

Leur mise en oeuvre nécessite quelques connaissances sur la notion de transtypage dans une hiérarchie de classes.

Nous allons donc commencer par un petit détour sur cette notion ...

Typage fort

Java est un langage à typage fort :

- Il faut donc toujours respecter les types des variables (affectations, arguments de méthodes, accès aux membres d'une classe)
- Exemple de l'affectation :

```
type à gauche = type à droite
```

1. Affectation permissible grâce à l'héritage de type :

```
variable super-classe = variable sous-classe;
```

2. Affectation non-permissible, même si la variable de type super-classe contient un objet de type sous-classe :

```
variable sous-classe = variable super-classe; //NON!!
```

Typage fort (2)

Exemple :

- Extraction d'un objet `Elfe` du tableau `avatars` :

```
for (int i = 0; i < avatars.length; i++)
   if (avatars[i] instanceof Elfe) {
      Elfe uneElfe = avatars[i]; // illicite!!
       //... manipulation de uneElfe
   }
```

- Message d'erreur lors de la compilation :

```
Incompatible types
found   : Avatar
required: Elfe
       Elfe uneElfe = avatars[i];
```

Pourquoi donc ?

Transtypage et affectation

Examinons ce qui s'est passé avec l'instruction :

```
Elfe uneElfe = avatars[i];
```

- Affectation `sous-classe = super-classe`
- Le *compilateur* voit que `avatars[i]` est déclarée comme un `Avatar`
- C'est seulement à l'*exécution* qu'on peut voir qu'il s'agit d'un avatar de type `Elfe`
- Si `avatars[i]` est un `Orc`, le programme causera une erreur à l'exécution
- Le compilé doit être aussi sûr que possible,
  - ☞ l'affectation ne peut donc pas être permise

Transtypage et affectation (2)

Solution au problème précédent :

- Le programmeur prend la responsabilité du type de l'objet
- Il doit assurer au compilateur que `avatars[i]` est vraiment un objet de type `Elfe`

Transtypage explicite : spécification explicite du type d'une variable existante
Syntaxe : `(type)variable`

Transtypage et accès aux membres

Une situation similaire à la précédente :

- Accès à une variable/méthode à l'aide d'une variable de type super-classe

Exemple :

```
if (avatars[i] instanceof Orc)
   avatars[i].frapper(pauvreJoueur); // illicite!!
                                     // meme si frapper est
                                     // une methode de Orc
```

Un message d'erreur lors de la compilation :

```
Cannot resolve symbol
symbol  : method frapper
location: class Avatar
  avatars[i].frapper(pauvreJoueur);
```

Pourquoi ça ne marche pas ?

- Le *compilateur* voit que `avatars[i]` est déclarée comme un `Avatar`
- Il n'est donc pas sûr que `frapper` existe pour l'objet

Transtypage et accès aux membres (2)

Code correct :

```
if (avatars[i] instanceof Orc)
        ((Orc)avatars[i]).frapper(pauvreJoueur);
```

Note : le transtypage explicite n'est nécessaire que si le compilateur ne peut pas être sûr de l'existence de la variable/méthode accédée
Exemple :

- Accès à l'attribut `dureeVie` via un objet de type `Orc`
- Aucun problème de compilation, car `dureeVie` est déclarée dans la super-classe `Avatar`

Mise en garde

Les exemples figurant sur les deux transparents suivants illustrent dans quelles situations un transtypage s'avère formellement nécessaire.

Il ne constituent en aucun cas **des règles d'utilisation à suivre sans discernement** (nous y reviendrons plus tard).

Résumé

```
class SuperClasse {
   SuperClasse() {
   }
}
class SousClasse extends SuperClasse {
   int v;
   SousClasse() {
      super();
   }
   void m1() {
   }
}
class ExplicitCast {
   public static void main(String[] args) {
      SuperClasse sup = new SousClasse();
// Affectation d'une variable SuperClasse (objet
// SousClasse) 'a une variable SousClasse:
      SousClasse sous;
      sous = sup; // faux
      s = (SousClasse)sup; // OK
```


Résumé (2)

```
// Variable SuperClasse(objet SousClasse)
// appari'ee avec un param'etre SousClasse:
      m2(sup); // faux
      m2((SousClasse)sup); // OK
// Acc'es 'a une variable d'instance d'eclar'ee
// dans SousClasse mais pas dans SuperClasse:
      System.out.print(sup.v); // faux
      System.out.print(((SousClasse)sup).v); // OK
// Acc'es 'a une m'ethode d'instance d'eclar'ee
// dans SousClasse mais pas dans SuperClasse:
      sup.m1(); // faux
      ((SousClasse)sup).m1(); // OK
   }
   static void m2 (SousClasse sous2) {
   }
}
```

Au sujet du test de types

Attention : si l'on teste le type d'un objet, par exemple avec `instanceof`, pour choisir quelle méthode lui appliquer :

```
if (forme instanceof Cercle)
   (Cercle)forme.afficherCercle();
else if (forme instanceof Rectangle)
   (Rectangle)forme.afficherRectangle();
//....
```

C'est que l'on n'a pas compris que le polymorphisme est l'un des avantages principaux de la POO !
Sauriez-vous dire pourquoi (dans le cas de cette exemple) ?

☞ (A propos du test de types, voir aussi un certain nombre d'exercices proposés en TP.)

Façon correcte de définir `equals` (1)

Revenons maintenant à la définition de la méthode `equals`.
L'entête proposée pour la méthode `equals` dans le cours 7 était :

```
public boolean equals(UneClasse arg)
```

or l'entête de la méthode `equals` dans `Object` est :

```
public boolean equals(Object arg)
```

☞ Nos définitions de `equals` constituaient jusqu'ici des **surcharges** (overloading) et non pas des **redéfinitions** (overriding) de la méthode `equals` de `Object` !

Dans la plupart des cas, utiliser une surcharge (overloading) fonctionne sans problème, mais il est recommandé de **toujours procéder par redéfinition** (overriding).

Surcharge vs Redéfinition (résumé)

On redéfinit ("override") une méthode d'instance si les types des paramètres sont identiques :

```
public boolean equals(Object o)
```

Sinon, on l'a surcharge ("overload") :

```
public boolean equals(UneClasse uc)
```


Façon correcte de définir `equals`(2)

Exemple revisité : 1ère tentative

```
class Avatar {
   //...
   // Ici on redefinit equals (et non pas surcharge)
   public boolean equals(Object autreAvatar){
      if (autreAvatar == null) {
         return false;
      }
      else
        return (nom.equals(((Avatar)autreAvatar).nom));
   }
}
```

☞ Le transtypage de `autreAvatar` au type `Avatar` est devenu nécessaire ici !

Attention ! on souhaite maintenant pouvoir comparer un `Avatar` avec n'importe quel autre objet : `unAvatar.equals("toto")` devrait retourner `false`. Or, ces instructions compilent mais produiront une erreur à l'exécution !

Façon correcte de définir `equals`(3)

Il faudrait donc s'assurer que les objets à comparer sont bien des objets de la même classe !

☞ méthode `getClass()` de la classe `Object`

`getClass()` retourne une représentation de la classe de `this` (de telles représentations sont comparables avec `==` ou `!=`)

Exemple revisité : 2ème (et bonne) tentative

```
class Avatar {
   //...
   public boolean equals(Object autreAvatar){
      if (autreAvatar == null)
         return false;
      else
         if (autreAvatar.getClass() != getClass())
            return false;
         else
          return (nom.equals((Avatar)autreAvatar.nom);
}
```


`getClass` et `instanceof`

Plus précisément, `getClass` retourne (une représentation de) la classe dont le constructeur a été utilisé pour créer `this` :

```
Avatar a1 = new Avatar(...);
Avatar a2 = new Elfe(...); // Elfe est une
                           //sous-classe de Avatar

System.out.println((a1 instanceof Avatar)
                   && (a2 instanceof Avatar)); // true
System.out.println((a1.getClass() == a2.getClass())); //false
```


`getClass` et `instanceof` (2)

Utiliser `instanceof` au lieu de `getClass` dans l'implémentation de `equals` :

```
....
// dans equals de Avatar :
if (! (autreAvatar instanceof Avatar))
....
// et
....
// dans equals de Elfe :
if (! (autreAvatar instanceof Elfe))
....
```

est déconseillé car cela rendrait des instances de sous-classes possiblement "égales" à des instances de super-classes :

```
Avatar a1 = new Avatar(...);
Elfe a2 = new Elfe(..);
a1.equals(a2); // peut retourner true
a2.equals(a1); // retourne toujours false.
```


Héritage : quelques conseils de conception

- Placer les méthodes et attributs communs dans les super-classes
- Utiliser l'héritage pour modéliser des relations de type **"est-un"**
- N'utiliser l'héritage que si les méthodes héritées ont un sens pour les sous-classes
- Ne faites pas de tests sur le type des objets mais **utilisez le polymorphisme**
- Evitez l'utilisation d'attributs protégés

Le modificateur `final`

Ce modificateur permet d'indiquer les éléments du programme qui ne doivent pas être modifiés
Possible pour les classes, variables et méthodes.

Variables finales

Si l'on ajoute `final` à une variable d'instance, une variable locale ou un paramètre :

☞ il devient impossible de lui affecter une valeur plus d'une fois

Exemple : variable stockant la constante π ...


A quoi ça sert ?

- Aide à la programmation
- Le compilateur empêchera le programmeur d'affecter une valeur par erreur
- Rend les intentions du programmeur plus claires

Note : Par convention, les variables finales sont en majuscules

- `PI` plutôt que `pi`
- `MECHANT_LOUP` plutôt que `mechantLoup`

Variables finales (2)

Exemples :

```
double rayon, surface;
final double PI = 3.14;
Cercle(double r) {
   rayon = r;
   surface = PI * rayon * rayon;
   PI = 3.15; // illicite!!
}
}
class ExempleFinal {
   public static void main(String[] args) {
      final Cercle C;
      C = new Cercle(2.5); // OK car 1'ere fois
      C = new Cercle(25.7); // Faux car 2'eme fois
      methode(1, 2);
   }
   static void methode(int a, final int b) {
      a = 3; // OK car param'etre pas final
      b = 4; // Faux car param'etre final
   }
}
```


Variables finales et objets référencés

Attention : `final` empêche l'affectation d'une nouvelle valeur à une variable, mais n'empêche pas de modifier l'éventuel objet référencé par cette variable :

```
class Container {
   int value;
}
class Proof {
   public static void main(String[] args) {
      Container c = new Container();
      c.value = 42;
      modify(c);
      System.out.println("La reponse est" + c.value);
   }
   /* on ne peut pas modifier la r'ef'erence c elle-m^eme
   mais on peut modifier l'objet qu'elle r'ef'erence */
   static void modify(final Container c) {
      c.value = -1; // va modifier l'objet r'ef'erenc'e par c
   }
}
```

Méthodes finales

Si l'on ajoute `final` à une méthode :

☞ Impossible de redéfinir (masquer) la méthode dans une sous-classe

Exemple : on aimerait que `viellir` de `Avatar` soit *toujours* appliquée

```
class Avatar
{
   ...
   final void viellir() {
      --dureeVie;
   }
}
```

Une méthode finale s'utilise comme d'habitude :

```
Orc unOrc = new Orc(...);
orc.vielllir();
```


Méthodes finales (2)

```
class Orc extends Avatar {
   //...
   void viellir () { // faux si la methode
                     // est finale dans Avatar
            dureeVie -=2;
   }
}
```

Utilité de finaliser une méthode :

- Aide à la programmation
- Rend le programme plus clair
- Simule la résolution *statique* des liens

Classes finales

Si l'on ajoute `final` à une classe :

☞ Impossible d'étendre la classe par une sous-classe

Exemple : on aimerait que la classe `Sorcier` n'ait jamais de sous-classe

```
final class Sorcier extends Avatar {
   //...
}
```

Une classe finale s'utilise comme d'habitude :

```
Sorcier oz = new Sorcier(...);
```

... mais **Attention :** une classe finale ne peut jamais avoir de sous-classe !

```
class MageNoir extends Sorcier { ..} // illicite!!
```


Classes finales (2)

Comme pour les variables et les méthodes, l'utilité de définir des classes finales est de :

- rendre le programme plus clair

Les méthodes et classes finales peuvent être à priori agaçantes :

- Exemple : la classe prédéfinie `String` est finale
- Aucune possibilité de définir

  ```
  class MyString extends String
  ```

  afin d'améliorer certaines méthodes par redéfinition ! !
  ☞ Mais, permet de fixer une fois pour toute le comportement d'une classe

Ce que j'ai appris aujourd'hui

- Ce qu'est le **polymorphime d'inclusion** en programmation
- Par quel moyens ce concept puissant est mis oeuvre en Java :
  - Résolution dynamique des liens (late/dynamic binding)
  - Héritage des types
  - Classes et méthodes abstraites
- Comment comparer des objets dans le contexte de l'héritage
- Ce qu'est le modificateur `final`

☞ Je dispose maintenant d'un bon bagage pour exploiter les concepts OO de Java

Annexe : pour aller plus loin

- Sur la définition correcte de `equals` et la classe `Object` :
  - http ://download.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Object.html
  - http ://www.artima.com/lejava/articles/equality.html
- Sur l'usage de `instanceof` et `getClass` :
  - http ://www.artima.com/intv/bloch17.html
- Sur la notion de covariance des types de retour (liée à l'overriding) :

  http ://en.wikipedia.org/wiki/Covariance_and_contravariance_%28computer_science%29#Java