

JAVA

- Polymorphisme -

Ninon Devis: ninon.devis@ircam.fr

Philippe Esling: esling@ircam.fr

License 3 Professionnelle - Multimédia

Retour sur l'héritage

```
1 class Weapon {
2     protected double damage;
3     public Weapon ( double damage ) {
4         this.damage = damage;
5     }
6 }
7
8 class Axe extends Weapon {
9     private static final double DAMAGE = 10;
10    public Axe() {
11        super (DAMAGE);
12    }
13
14 }
15
16 class Hammer extends Weapon {
17     private static final double DAMAGE = 20;
18     public Hammer () {
19         super(DAMAGE);
20     }
21 }
```

- Quelles sont les variables d'instance ?
- Quelles sont les variables de classe ?

→ Weapon.damage

→ Axe.DAMAGE, Hammer.DAMAGE

Rappels & Quiz

- *Quelles sont les variables d'instance:* pas déclarées avec `static`, elles sont allouées à l'instance, accessible avec "point" si elles sont `public`: `Weapon.damage`
- *Quelles sont les variables de classe:* déclarées avec `static`, sans instance, accessibles avec "point": `Axe.DAMAGE`, `Hammer.DAMAGE`

→ Variable d'instance différente pour chaque nouvel objet.

→ Variable de classe identique pour chaque objet, elle est attachée à la définition de la classe.

- *Qu'est ce qu'un constructeur ?*
 - Ce n'est pas une méthode de l'objet mais une **fonction qui construit l'objet.**

Rappels & Quiz

- Qu'est ce que super? Qu'est ce que this ?

→ Lors de la *construction*:

- ◆ `super` permet d'appeler un autre constructeur de la classe parente

`super(arg1, arg2)`

- ◆ `this` permet d'appeler le constructeur de la classe courante

`this(arg1, arg2)`

→ Lors d'*opérations*: pour accéder à la référence de la classe parente ou courante en vue d'accéder à des attributs ou méthodes explicitement.

```
1 class Weapon {
2     protected double damage;
3     public Weapon (double damage) {
4         this.damage = damage;
5     }
6 }
```

```
1 class Weapon {
2     protected double damage;
3     public Weapon (double d) {
4         damage = d;
5     }
6 }
```

```
1 class Weapon {
2     protected double damage;
3     public Weapon (double d) {
4         this.damage = d;
5     }
6 }
```

Rappels & Quiz

- *Pourquoi un appel de constructeur dans un constructeur doit-il être la première instruction ?*

→ Afin de pouvoir **allouer la mémoire nécessaire** aux variables de la **classe mère**.

Coding Style en Java: construire d'abord les classes de bases avant celles qui les étendent.

- *Que se passe t'il si super n'est pas appelé dans une classe fille?*

→ Java insère automatiquement **super()** au début => erreur de compilation si il n'y a pas de constructeur par défaut (i.e. sans argument) pour la classe mère.

Plan du cours

- I. Introduction aux polymorphismes par l'exemple
- II. Type statiques et type dynamique
- III. Polymorphisme
 - A. Polymorphisme par sous-typage (overriding)
 - B. Polymorphisme de surcharge (overloading)
 - C. Mariage polymorphisme
- IV. La classe Object

Introduction

- Quelle est la double particularité de la méthode “crier” ?
- Elle est définie avec *deux signatures différentes* dans animal.
Surcharge (Overloading)
- Elle est définie avec la *même signature* dans deux classes filles.
Redéfinition (Overriding)

```
public class Animal {
    private String nom;

    public Animal(String nom) {
        this.nom = nom;
    }

    public void crier() {
        System.out.println("Je ne sais pas comment crier !");
    }

    public void crier(String raison) {
        System.out.print("Je vais crier car " + raison);
    }
}
```

```
public class Chien extends Animal {
    public Chien(String nom) {
        super(nom);
    }

    public void crier() {
        System.out.println("Ouaf !");
    }
}
```

```
public class Chat extends Animal {
    public Chat(String nom) {
        super(nom);
    }

    public void crier() {
        System.out.println("Miaou !");
    }
}
```

Introduction

```
public static void main(String[] args) {  
    Animal animal = new Animal();  
    animal.crier();  
  
    Chat chat = new Chat();  
    chat.crier();  
  
    Chien chien = new Chien();  
    chien.crier();  
  
    animal = chat;  
    animal.crier();  
  
    animal = chien;  
    animal.crier();  
}
```

- Je ne sais pas comment crier

- Miaou

- Ouaf

- Miaou

- Ouaf

- l'implémentation de la méthode dépend du type réel de l'objet et non pas du type de la variable qui le référence.

Types statiques et dynamiques

Compile-time

`Weapon`

type statique

`hammer = new Hammer();`

Run-time

`Hammer`

type dynamique

- C'est le type associé à la variable lors de la **compilation**.
- C'est le **type de la déclaration de la variable**.
- Les variables déclarées avec types primitifs ne peuvent être que statiques
→ pas d'héritage

- C'est le **type réel** de la variable, tel qu'on l'a initialisé, déduit à l'exécution.
- Le type dynamique est **toujours une sous-classe ou identique** au type statique.

`1 Axe axe = new Weapon(39);` →

n'a pas de sens puisqu'une arme n'est pas une hache: peut être d'autres choses.

Type statique

Quels sont les types statiques de chaque variables?

```
1 class WeaponStore {
2     Weapon cheater = new Weapon(100);           → Weapon
3     Weapon axe = new Axe();                     → Weapon
4     Weapon hammer = new Hammer();             → Weapon
5     int number_weapons = 3;                    → int
6     Number extra_damage = new Integer(42);    → Number
7
8     public int price(Weapon w) { /*...*/ }     → Weapon for w
9 }
10
11 //...In main function.
12
13 WeaponStore store = new WeaponStore();        → WeaponStore
14 store.price(new Axe());                       → the temporary variable has type Axe
15 store.price(new Weapon(22));                 → temporary has type weapon
```

Type dynamique

Quels sont les types dynamiques de chaque variables?

```
1 class WeaponStore {
2     Weapon cheater = new Weapon(100);           → Weapon
3     Weapon axe = new Axe();                     → Axe
4     Weapon hammer = new Hammer();             → Hammer
5     int number_weapons = 3;                    → int
6     Number extra_damage = new Integer(42);    → Integer
7
8     public int price(Weapon w) { /*...*/ }     → w can be
9 }                                               Weapon, Axe or
10                                               Hammer
11 //...In main function.
12
13 WeaponStore store = new WeaponStore();        → WeaponStore
14 store.price(new Axe());                       → the temporary variable has type Axe
15 store.price(new Weapon(22));                 → temporary has type weapon
```

Mini-Projet

Role Player Game

- Exercice final = Text-based RPG
 - Un personnage peut acheter des armes.
 - Celles-ci permettront de se battre contre des monstres.

Partie 1:

- Le personnage pourra acheter une arme parmi celles proposées dans un magasin, elles infligeront des dommages différents en fonction de leur prix.
- Commencez par implémenter plusieurs classes d'armes.
- Implémentez ensuite une classe magasin d'armes.

◆ 20-30 minutes

Polymorphisme

- Concept **fondamental** et général en informatique.
- Signifie “*avoir plusieurs formes*”.
- Sujet récurrent en entretien d’embauche.
- Il en existe plusieurs:
 - Polymorphisme de **coercition** (casting).
 - Polymorphisme par **sous-typage** (via héritage et redéfinition).
 - Polymorphisme de **surcharge**. (overload)
 - Polymorphisme **paramétrique** (via les génériques). (*Cours 5*)

Polymorphisme

*Polymorphisme de coercition:
casting ou transtypage.*

```
1 double price = 9.99;  
2 int rounded_price = (int) price;  
3 // rounded_price = ?
```

→ La conversion permet de considérer que price est de type int au lieu de double.

- Upcast (coercition ascendante): référence vers un type plus générique. Toujours

possible. Exemple:

```
public static void main(String[] args)  
    Bow bob = new Bow();  
    Weapon arme = (Weapon) bob;  
    Object machin = (Object) arme;
```

- Downcast (coercition descendante): référence vers un sous type. Attention ! Généralement signe d'une mauvaise conception objet, ne pas le faire !
 - ClassCastException lancé si erreur d'exécution.

Polymorphisme

Polymorphisme par sous-typage

→ Ajouter une méthode `ascii_art` à vos armes qui retourne un `String` contenant le dessin ASCII de l'arme. (Vous pouvez trouver facilement les ASCII arts sur internet)

◆ 10 minutes

```
1 class Bow { //...
2     public String ascii_art(){
3         return
4             "    (          \n" +
5             "      \         \n" +
6             "        )        \n" +
7             "##-----> \n" +
8             "          )        \n" +
9             "           /        \n" +
10            "    (          \n";
11    }
12 }
```

Polymorphisme

Polymorphisme par sous-typage

Soit un magasin d'arme `ArrayList<Weapon> store;`

pouvez-vous afficher le dessin ASCII de toutes les armes de ce magasin ?

→ Pas de méthode `ascii_art` pour la classe `Weapon`...

→ Comment faire pour utiliser cette classe sous sa forme réelle, c'est à dire utiliser le type dynamique `Axe`, `Hammer`, `Bow`...?

```
1 class Weapon {  
2     public String ascii_art(){  
3         return ???;  
4     }  
5 }
```

Une arme n'a pas de dessin général c'est un concept abstrait !

→ Il faut mettre à jour la classe `Weapon` en prenant en compte les besoins.

Polymorphisme

Polymorphisme par sous-typage

- La classe `Weapon` doit être une classe abstraite ! Pourquoi pas une interface?
- ◆ Elle contient des membres mais certaines méthodes n'ont pas de corps.

```
1 abstract class Weapon {
2     protected double damage ;
3     public Weapon(double damage) {
4         this.damage = damage;
5     }
6     abstract public String ascii_art();
7 }
8
9 abstract class Bow extends Weapon {
10     private static final double DAMAGE = 40;
11     public Bow {
12         super(DAMAGE)
13     }
14     public String ascii_art(){
15         return
16             " (          \n" +
17             "  \          \n" +
18             "   )          \n" +
19             "##-----> \n" +
20             "   )          \n" +
21             "  /          \n" +
22             " (          \n";
23     }
24 }
25
```

```
26 class Hammer extends Weapon {
27     private static final double DAMAGE = 30;
28     public Hammer() {
29         super(DAMAGE);
30     }
31     public String ascii_art () {
32         return "      \n" +
33             " |__|__|\n" +
34             " |      \n" +
35             " |      \n";
36     }
37 }
38
39 public class TestWeapon {
40     public static void main (String[] args) {
41         ArrayList <Weapon> store = new ArrayList<>();
42         store.add(new Hammer());
43         store.add(new Axe());
44         for (Weapon w : store) {
45             System.out.println (w.ascii_art());
46         }
47     }
48 }
```

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

- Créer une classe Monster et Obstacle possédant un certain nombre de points de vie et une méthode pour diminuer ces points de vie.
 - Ajouter deux méthodes à vos classes d'armes pour attaquer les monstres et obstacles.
 - Les dégâts infligés par vos armes sur les ennemis seront différents en fonction de l'arme et de l'ennemi (obstacle ou monstre).
- Attention au nom de la méthode pour diminuer les points de vie! **Eviter set_* et get_***
- ◆ 15 minutes

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

```
1 class Monster {
2     private double life = 100;
3     public void hit_me(double damage) { life -= damage; }
4 }
5 class Obstacle { /* similar */ }
6
7 class Axe {
8     static final double MONSTER_DAMAGE_RATIO = 0.8;
9     static final double OBSTACLE_DAMAGE_RATIO = 1.2;
10
11     public void attack_monster(Monster m) {
12         m.hit_me(damage * MONSTER_DAMAGE_RATIO);
13     }
14
15     public void attack_obstacle(Obstacle o) {
16         o.hit_me(damage * OBSTACLE_DAMAGE_RATIO);
17     }
18 }
19 class Hammer { /* similar */ }
```

Quel est le problème
avec cette solution ?

Ne jamais se répéter dans le code!

→ Utiliser une classe parente
Destructible qui factorise
Monster et Obstacle

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

Exemple de classe parente Destructible:

```
1 class Destructible {  
2     protected double life = 100;  
3     public void hit_me(double damage) { life -= damage; }  
4 }  
5 class Monster extends Destructible { /* ... */}  
6 class Obstacle extends Destructible { /* ... */ }
```

→ Créer la classe Destructible

◆ 5 minutes

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

```
1 public class Sum {
2     public int sum(int x, int y)
3     {
4         return (x + y);
5     }
6
7     public int sum(int x, int y, int z)
8     {
9         return (x + y + z);
10    }
11
12    public double sum(double x, double y)
13    {
14        return (x + y);
15    }
16
17    public static void main(String args[])
18    {
19        Sum s = new Sum();
20        System.out.println(s.sum(10, 20)); //30
21        System.out.println(s.sum(10, 20, 30)); //60
22        System.out.println(s.sum(10.5, 20.5)); //31
23    }
24 }
```

- La surcharge est un mécanisme **statique** permettant d'utiliser un même nom pour plusieurs signatures de méthodes lorsque celles-ci ont un rôle similaire.
- **Se base uniquement sur le type statique**, peu importe le type dynamique, les appels de méthodes sont résolus à la compilation (static binding ou polymorphisme statique).

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

Quelle est la méthode appelée, ou l'erreur si, pour chaque objet déclaré ci-dessous, on fait `axe.attack(object)` ?

L'overloading ne se base que sur le type statique!

```
1 class Axe {  
2     public void attack(Monster m) {} // (1)  
3     public void attack(Obstacle o) {} // (2)  
4     public void attack(Destructible d) {} // (3)  
5 }
```

Statique

Dynamique

```
8 Destructible dmonster = new Monster(); // (3)  
9 Destructible dobstacle = new Obstacle(); // (3)  
10 Monster monster = new Monster(); // (1)  
11 Obstacle obstacle = new Obstacle(); // (2)
```

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

Quelle est la méthode appelée ou l'erreur de compilation pour ces exemples ?

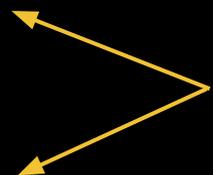
```
1 class Axe {
2     public void attack(Monster m, Obstacle o) {} // (1)
3     public void attack(Destructible d, Monster m) {} // (2)
4     public void attack(Monster m, Destructible d) {} // (3)
5 }
6
7 Destructible dmonster = new Monster();
8 Destructible dobstacle = new Obstacle();
9 Monster monster = new Monster();
10 Obstacle obstacle = new Obstacle();
11
12 axe.attack(monster, obstacle);      → (1)
13 axe.attack(dobstacle, monster);   → (2)
14 axe.attack(dobstacle, dmonster);  → error: no such method
15 axe.attack(monster, dobstacle);    → (3)
16 axe.attack(dmonster, dmonster);    → error: no such method
17 axe.attack(monster, monster);     → error: ambiguous call between (2) & (3)!
```

Polymorphisme

Bilan

```
1 class Bow {  
2     public void attack(Monster m, Obstacle o) {}  
3 }  
4  
5 class Axe {  
6     public void attack(Monster m, Obstacle o) {}  
7     public void attack(Destructible d, Monster m) {}  
8     public void attack(Monster m, Destructible d) {}  
9 }
```

Redéfinition



Surcharge



Polymorphisme

A retenir

Redéfinition (overriding)

- Un **type de base** peut avoir **plusieurs formes** (les sous-types).
- Le mécanisme d'*overriding* permet de **redéfinir plus précisément un comportement** d'une méthode qui est déjà fournie par la super-classe.
- La redéfinition se produit donc dans **deux classes ayant une relation d'héritage**.
- En cas de redéfinition de méthode **les paramètres doivent être identiques**.
- La méthode appelée est choisie **à l'exécution** (*late-binding*).

Surcharge (Overloading)

- Une **méthode** peut avoir **plusieurs formes**.
- Permet d'utiliser un **même nom pour différentes implantations**. Cependant la logique entre les différentes méthodes doit être similaire.
- La surcharge de méthode est effectuée dans **la classe elle-même**.
- En cas de surcharge de méthode, les paramètres doivent être **différents**.
- La méthode appelée est choisie **à la compilation** (*static-binding*).

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

Comment savoir quelle méthode sera sélectionnée à la compilation ?

1. *Identifier* les classes à explorer (type **statique de l'objet** + **hiérarchie**).
2. *Localiser* les méthodes **accessibles** avec le même nom.
3. *Sélectionner* les méthodes avec le même nombre d'arguments.
4. *Sélectionner* les méthodes **applicables**: celles dont les types de $\text{arg}_1, \dots, \text{arg}_n$ sont “inférieurs ou égaux” aux types des paramètres.
5. *Déterminer* celle qui est **la plus spécifique**. (cf slide suivante)

Polymorphisme

Polymorphisme de surcharge (overloading)

Comment déterminer la méthode qui sera la plus spécifique ? (étape 5)

1. Calculer la distance d'héritage entre les types d'arguments et les types de paramètres.
2. Additionner les distances.
3. La méthode avec la plus petite distance est sélectionnée.
4. Si plusieurs distances identiques alors erreur *Ambiguous call*.

Polymorphisme

Mariage Polymorphique

- On peut utiliser le polymorphisme de surcharge et par sous-typage conjointement.
- On choisit d'abord la méthode avec le mécanisme d'*overloading* (sélectionnée à la compilation).
- Et puis on regarde si le mécanisme d'*overriding* s'applique (la signature doit être *override-equivalent* à celle choisie à la compilation).

Polymorphisme

Mariage Polymorphique - Exercice Avancé

```
1 class A {
2     void m(A x, B y){System.out.println ("1");}
3     void m(B x, A y){System.out.println ("2");}
4 }
5 class B extends A {
6     void m(B x, B y){System.out.println ("3");}
7 }
8 class C extends B {
9     void m(B x, B y){System.out.println ("4");}
10    void m(C x, C y){System.out.println ("5");}
11    void m(B x, A y){System.out.println ("6");}
12 }
```

- Le type dynamique de b1 est B: on cherche les méthodes appelables dans la classe B et la classe plus générale A. Les réponses possibles sont donc (3), (2) et (1).
- Les types statiques des arguments sont respectivement C et B. On calcule la distance entre les types des arguments et des paramètres:
 $(C, B) \Rightarrow (A, B) = 2$
 $(C, B) \Rightarrow (B, A) = 2$
 $(C, B) \Rightarrow (B, B) = 1$
- La méthode sélectionnée est donc la (3)

```
1 class MariagePolymorphique {
2     public static void main(String[] args) {
3         A a1 = new A();
4         B b1 = new B();
5         C c1 = new C();
6         A a2 = b1;
7         A a3 = c1;
8         B b2 = c1;
9
10        a1.m(b1,c1);
11        b1.m(b1,c1);
12        c1.m(b1,c1);
13        a1.m(a1,a1);
14
15        a2.m(b1,c1);
16        a3.m(b1,c1);
17        b2.m(b1,c1);
18
19        a1.m(b2,a3);
20        a2.m(b2,a3);
21        a3.m(b2,a3);
22
23        a1.m(c1,b1);
24        b1.m(c1,b1);
25        b2.m(c1,b1);
26        c1.m(c1,b1);
27    }
28 }
```

Polymorphisme

Mariage Polymorphique - Exercice Avancé Corrigé

```
1 class A {
2     void m(A x, B y){System.out.println ("1");}
3     void m(B x, A y){System.out.println ("2");}
4 }
5 class B extends A {
6     void m(B x, B y){System.out.println ("3");}
7 }
8 class C extends B {
9     void m(B x, B y){System.out.println ("4");}
10    void m(C x, C y){System.out.println ("5");}
11    void m(B x, A y){System.out.println ("6");}
12 }
```

- Attention ! Ne pas oublier que la résolution se fait en 2 étapes: compile time puis run time.
- Le compilateur qui ne considère *que les types statiques*, lance une ambiguïté si il y en a, sans regarder le type dynamique. C'est le cas de la ligne 15 par exemple pour laquelle a2 est de type statique A, ce qui lève directement une erreur avant même de s'intéresser au type dynamique.
- Si le compile time passe, on peut alors s'intéresser au type dynamique pour trouver la méthode réellement appelée.

```
1 class MariagePolymorphique {
2     public static void main(String[] args) {
3         A a1 = new A();
4         B b1 = new B();
5         C c1 = new C();
6         A a2 = b1;
7         A a3 = c1;
8         B b2 = c1;
9
10        a1.m(b1,c1); // ambiguous between (1) and (2)
11        b1.m(b1,c1); // (3)
12        c1.m(b1,c1); // (4)
13        a1.m(a1,a1); // no suitable method found
14
15        a2.m(b1,c1); // ambiguous between (1) and (2)
16        a3.m(b1,c1); // ambiguous between (1) and (2)
17        b2.m(b1,c1); // (4)
18
19        a1.m(b2,a3); // (2)
20        a2.m(b2,a3); // (2)
21        a3.m(b2,a3); // (6)
22
23        a1.m(c1,b1); // ambiguous between (1) and (2)
24        b1.m(c1,b1); // (3)
25        b2.m(c1,b1); // (4)
26        c1.m(c1,b1); // (4)
27    }
28 }
```

La classe Object

- Qu'est ce que la classe Object ?
- Java est un langage “purement” objet, toutes les fonctions sont attachées à un objet (qu'elles soient statiques ou non).
- Toutes classes héritent de Object! (Sauf Object lui-même)

```
1 class Object {  
2     protected Object clone() throws CloneNotSupportedException { ... }  
3     public boolean equals(Object obj) { ... }  
4     public String toString() { ... }
```

Mini-Projet

Text-based RPG (cf. <https://www.materiamagica.com/play/web/>)

- Jeu RPG basé sur une interaction textuelle
 - Des menus de choix s'affichent sur la console
 - L'utilisateur choisit une action en tapant au clavier (Java: classe **Scanner**)
 - On doit créer son Personnage (nom, propriétés, argent, XP, mana)
 - Celui-ci peut-être choisi parmi un ensemble de castes (Sorcier, Elfe, ...)
 - Chaque type possède des caractéristiques différentes
 - Le système de jeu permet:
 - D'acheter des armes dans un magasin
 - Changer son inventaire (équipement, à minima les armes)
 - Se déplacer sur une carte virtuelle (matrice 2D): avant, arrière, gauche, droite
 - Le joueur commence en bas à gauche et doit arriver en haut à droite
 - Cette carte contient aléatoirement des monstres et obstacles
 - Lors de la rencontre avec des objets, on peut choisir de combattre ou fuir
 - Système de combat aléatoire donnant des points d'XP