L3. Programmation orientée objet. Cours 10

Marie-Pierre Béal (Cours de Rémi Forax)

Héritage

Héritage

java.lang.Object

java.lang.Object

Classe "mère" de toutes les autres classes

```
public class Author { }
...
Object o = new Author(); // ok
```

Marche aussi avec les interfaces

```
public interface I { }
...
I i = ...
Object o = i; // ok
```

Ne marche pas avec les types primitifs (on doit utiliser les wrappers)

Object.getClass()

Renvoie un objet de type java.lang.Class qui représente la classe d'un objet à l'exécution.

- La notation Foo.class permet d'obtenir le même objet

Exemple

```
"hello".getClass() // String.class
String s = "hello";
s.getClass()       // String.class
Object o = "hello";
o.getClass()       // String.class
```

toString()/equals()/hashCode()

java.lang.Object fournit une implantation par défaut

- equals(Object o)
  - `return this == o;`
- hashCode()
  - renvoie un nombre tiré au hasard, une seule fois !
- String toString()
  - `return getClass().getName() + "@" + hashCode()`

Donc un objet est égal (equals) à lui même et hashCode est une valeur qui peut être utilisée pour le debug

Héritage

Idée de Modula (1960+)

Et si on pouvait définir une classe comme une sorte de classe déjà existante avec des champs supplémentaires ?

- J'ai déjà la classe Point, si j'ajoute une couleur, je peux définir ColoredPoint

Comme c'est une "sorte de", je peux appeler toutes les méthodes qui prennent un Point et passer un ColoredPoint à la place.

- L'héritage implique le sous-typage

extends

On hérite en utilisant le mot-clé extends

```
public class Point {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
}
public class ColoredPoint extends Point {
  private final String color;
 // cette classe a trois champs x, y et color
}
```

On hérite des champs même s'ils sont privés.
On ne peut pas y accéder dans la sous-classe mais ils sont là.
On peut appeler des méthodes de la super-classe pour y accéder.

Héritage et java.lang.Object

Lorsque l'on déclare une classe, le compilateur ajoute extends Object s'il n'y a pas de extends

```
public class Author extends Object {
...
}
```

Toutes les classes héritent de java.lang.Object

- Soit directement
- Soit indirectement, une classe hérite d'une autre classe, qui hérite directement de Object
  - Par exemple un record hérite de java.lang.Record qui hérite de Object.

Hérite des méthodes d'instances

Les méthodes d'instance de la super-classe visibles dans la sous-classe sont accessibles.

```
public class Point {
  ...
  public double distanceToOrigin() {
    ...
  }
}
public class ColoredPoint extends Point {
  ...
}
...
var coloredPoint = new ColoredPoint(...);
coloredPoint.distanceToOrigin(); // ok
```

On n'hérite pas ...

On n'hérite pas :

- des constructeurs
  - Ils ne savent initialiser que la classe sur laquelle ils ont été définis
- des méthodes statiques
  - Elles sont définies sur une classe
- des méthodes privées
  - Elles ne sont pas visibles

Appel au constructeur de la super-classe

Un constructeur doit appeler un constructeur de sa super-classe.
Il vérifie les pré-conditions donc on ne peut pas passer outre.

```
public class Point {
  ...
  public Point(int x, int y) { ... }
}
public class ColoredPoint extends Point {
  ...
  public ColoredPoint(int x, int y, String color) {
    super(x, y); // appelle le constructeur de Point
    this.color = Objects.requireNonNull(color);
  }
}
```

L'appel à super() doit être la première instruction du constructeur

Redéfinition

On doit remplacer/redéfinir (`override`) les méthodes dont on hérite et qui n'ont pas le bon code

```
public class SmallTax {
  ...
  public long computeTax() { /* 1 */ }
}
public class BigTax extends SmallTax {
  ...
  @Override
  public long computeTax() { /* 2 */ }
}
...
SmallTax tax = new BigTax(...);
tax.computeTax(); // appelle 2
```

Redéfinition et super.m()

La méthode redéfinie peut appeler la méthode de base avec la notation "super.method()"

- super est équivalent à "this" mais avec le type de la super-classe

```
public class SmallTax {
  ...
  public long computeTax() { ... }
}
public class BigTax extends SmallTax {
  ...
  @Override
  public long computeTax() {
    return 10 * super.computeTax();
                // appelle SmallTax::computeTax
  }
}
```

Héritage

L'héritage ce sont trois choses :

- Le sous-typage
  - Si `B extends A`, alors on peut écrire `A a = new B();`
- On récupère les membres d'instances
  - Si `B extends A` et il existe `A::m()`, `b.m()` appelle `A::m()`
  - Si `B extends A` et il existe `A::x`, `b.x` appelle `A::x` (beurk !)
- Le polymorphisme (late binding)
  - Si `B::m()` redéfinie `A::m()` et `A a = new B()`, alors `a.m()` appelle `B::m()` à l'exécution

Héritage vs Interface

L'héritage ce sont trois choses :

Héritage	Interface
sous-typage	sous-typage
On hérite des champs et des méthodes	On récupère les méthodes par défaut
On redéfinit les méthodes	On implante les méthodes

La grosse différence est que les interfaces ne gèrent pas les champs

Héritage et maintenance

Hériter pose de vrais problèmes

Modularité

- L'implantation n'est plus à un seul endroit, il faut regarder toute la hiérarchie
  - Gros problème si on hérite d'une classe du JDK/d'une librairie, on ne contrôle plus l'implantation.

Correction du code

- Il faut redéfinir toutes les méthodes qui n'ont pas la bonne sémantique.
  - Gros problème si on hérite d'une classe du JDK/d'une librairie. On doit redéfinir des méthodes qui n'existent pas encore.

Héritage et maintenance (2)

Hériter des champs pose de vrais problèmes

Mutabilité

- La classe qui hérite peut avoir un champ non final, donc aucun type n'est vraiment non mutable

Egalité

- Si on a un equals() dans la super-classe, coloredPoint.equals(point) et point.equals(coloredPoint) n'exécutent pas le même code

Interface et délégation

(comment ne pas faire d'héritage)

On utilise une interface

On utilise une interface pour le sous-typage

```
public interface Point {
  double distanceToOrigin();
}
public class Point2D implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  public double distanceToOrigin() { /* 1 */ }
}
public class ColoredPoint implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  private final Color color;
  public double distanceToOrigin() { /* 2 */ }
}
```

Mais est-ce que cela veut dire que l'on va dupliquer du code ?

On utilise la délégation

On utilise la délégation pour réutiliser le code

```
public interface Point {
  double distanceToOrigin();
}
public class Point2D implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  public double distanceToOrigin() { /* 1 */ }
}
public class ColoredPoint implements Point {
  private Point2D point; // délégation
  private final Color color;
  public double distanceToOrigin() {
    return point.distanceToOrigin(); // délégation
  }
}
```

Réutilisation par délégation

La délégation permet de choisir les méthodes que l'on expose dans l'API

- Avec l'héritage (beurk !)

```
public class Library extends ArrayList<Book> {} // mauvais
```

  Il faut redéfinir toutes les méthodes qui permettent d'ajouter un livre pour faire un test à null : add(), addAll(), ListIterator.add(), plus celles qui n'existent pas encore.

- Avec la délégation

```
public class Library {
  private final ArrayList<Book> books; // délégation
}
```

  Ici, on est libre d'exposer uniquement les méthodes que l'on veut et de faire uniquement les tests à null nécessaires, on contrôle l'API.

Empêcher l'héritage et mutation

Classe final

Si une classe est déclarée final, alors on ne peut pas en hériter

- Toutes les classes non mutables doivent être final sinon une sous-classe peut avoir un champ non final
- Tous les records sont final

```
public final class Point {
  ...
}
```

Classe sealed

On liste (permits) les classes qui peuvent hériter
On contrôle que toutes les classes sont non mutables

```
public sealed class Point permits ColoredPoint {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
}
public final class ColoredPoint extends Point {
  private final Color color;
  ...
}
```

Héritage et égalité

(attention, c'est technique ...)

Instanceof vs héritage

On doit écrire un equals/hashCode dans ColoredPoint pour prendre en compte la couleur, mais utiliser instanceof dans la classe de base ne fait pas ce que l'on veut :(

```
public class Point {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
  public boolean equals(Object o) {
              // ce code est faux à  cause de l'héritage
    return o instanceof Point p && x == p.x && y == p.y;
  } // + hashCode()
}
public final class ColoredPoint extends Point {
  private final String color;
  ...
  public boolean equals(Object o) {
              // ce code est Ok, la classe est final
    return o instanceof ColoredPoint colorPoint
           && super.equals(o) && color.equals(colorPoint.color);
  } // + hashCode()
}
```

Instanceof vs héritage suite

```
new Point(1, 2).equals(new Point(1, 2)) // appelle Point::equals
new ColoredPoint(1, 2, "red").equals(new ColoredPoint(1, 2, "blue"))
                                        // appelle ColoredPoint::equals
new Point(1, 2).equals(new ColoredPoint(1, 2, "red"))
                               // appelle Point::equals donc true, ahhhh
```

getClass()

En cas d'héritage, on doit tester si les deux classes sont identiques avec getClass()

```
public class Point {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
  public boolean equals(Object o) {
    if (o == null || getClass() != o.getClass()) { return false; }
    var p = (Point) o;
    return x == p.x && y == p.y;
  } // + hashCode()
}
public final class ColoredPoint extends Point {
  private final String color;
  ...
  public boolean equals(Object o) {
    return o instanceof ColoredPoint colorPoint
           && super.equals(o) && color.equals(colorPoint.color);
  } // + hashCode()
}
```

getClass() suite

```
new Point(1, 2).equals(new Point(1, 2)) // appelle Point::equals
new ColoredPoint(1, 2, "red").equals(new ColoredPoint(1, 2, "blue"))
                                        // appelle ColoredPoint::equals
new Point(1, 2).equals(new ColoredPoint(1, 2, "red"))
                                      // appelle Point::equals donc false
```

Utiliser une interface (version 1)

La vraie solution est de ne pas utiliser l'héritage, mais une interface

```
public interface Point { } // on utilisera surement un sealed + permits ici
public final class Point2D implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
  public boolean equals(Object o) { // ok classe final
    return o instanceof Point2D p && x == p.x && y == p.y;
  } // + hashCode()
}
public final class ColoredPoint implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  private final String color;
  public ColoredPoint(int x, int y, String color) {
     ...
  }
  @Override
  public boolean equals(Object o) { // ok classe final
    return o instanceof ColoredPoint p
           && x == p.x && y == p.y && color.equals(p.color);
  } // + hashCode()
}
```

Utiliser une interface suite

```
new Point2D(1, 2).equals(new Point2D(1, 2)) // appelle Point2D::equals
new ColoredPoint(1, 2, "red").equals(new ColoredPoint(1, 2, "blue"))
                                          // appelle ColoredPoint::equals
new Point2D(1, 2).equals(new ColoredPoint(1, 2, "red"))
                                      // appelle Point2D::equals donc false
```

Utiliser une interface (version 2)

La vraie solution est de ne pas utiliser l'héritage, mais une interface

```
public interface Point { } // on utilisera surement un sealed + permits ici
public final class Point2D implements Point {
  private final int x;
  private final int y;
  ...
  public boolean equals(Object o) { // ok classe final
    return o instanceof Point2D p && x == p.x && y == p.y;
  } // + hashCode()
}
public final class ColoredPoint implements Point{
  private final Point2D point;
  private final String color;

  public ColoredPoint(int x, int y, String color) {
     ...
  }
  @Override
  public boolean equals(Object o) { // ok classe final
    return o instanceof ColoredPoint p
          && point.equals(p.point) && color.equals(p.color);
  } // + hashCode()
}
```

Package et Visibilité

Package

Un package est une suite de répertoires (dans le système de fichiers ou dans un jar) dans lequel on range une classe

- Évite les collisions de noms : deux classes nommées List par exemple.

Java utilise la notation reverse DNS

- Si vous êtes chez Google, votre package commence par com.google.nomdeproject

Par convention les noms de package sont en minuscules et ne finissent pas par 's' ou un nombre

Package dans le code source

On place les classes du package dans le bon répertoire

- Par exemple `fr.uge.licence` est dans le répertoire `fr/uge/licence`

On écrit "`package fr.uge.licence;`" en première instruction des fichiers .java du package

- Si le chemin et la première instruction ne sont pas les mêmes, le compilateur râle

Quatre visibilités de Java

Java possède quatre visibilités mais trois modificateurs
"package" est une visibilité sans modificateur

- private signifie visible que entre '{' et '}' de la classe
- package signifie visible par les classes du même package
- protected signifie visible par les classes du même package et les sous-classes
- public signifie visible par tout le monde (si la classe est elle-même public)

Visibilité package

Relaxe la notion de private, les membres sont accessibles aux classes du même package

Sert à partager des champs et méthodes d'implantation entre deux classes

- Par exemple, une table de hachage et une classe qui stocke les couples clé/valeur

Visibilité protected

Accessible par les classes du même package ou les sous-classes

- Cela veut dire qu'une classe peut hériter d'une classe d'un autre package
- Gros problème de maintenance car les deux packages sont pas forcément gérés par la même société/personne

Copier/coller du C++

- pas utilisé en pratique sauf dans les vieux codes (< 2000)

Surcharge vs Redéfinition

Surcharge vs Redéfinition

(si on hérite ou implante une interface)

La redéfinition (override), c'est le fait de remplacer une méthode par une autre dans un sous-type (entre 1 et 2 dessous)
La surcharge (overload), c'est le fait d'avoir plusieurs méthodes ayant le même nom (entre 2 et 3 dessous)

```
public class Point {
  public void m(Point p) { .. } // 1
}
public class ColoredPoint extends Point {
  public void m(Point p) { .. } // 2
  public void m(ColoredPoint p) { .. } // 3
}
```

Surcharge

Dans une classe (ou avec les méthodes héritées), plusieurs méthodes peuvent avoir

- le même nom et
- un nombre et des types de paramètres différents

Deux méthodes ne peuvent pas différer uniquement par le type de retour

```
public class Point {
  public void m(int i) { ... }
  public int m(int i) { ... } // ne compile pas
              // Pas le même type de retour, pas suffisant
}
```

Algorithme de résolution de la surcharge

À la compilation

- Pour un appel de méthode donné, le compilateur trouve toutes les méthodes appelables
  - Si aucune méthode n'existe, il plante
- Puis, parmi les méthodes appelables, il sélectionne la méthode la plus spécifique (celle qui a les meilleurs sous-types)
  - Si aucun n'est plus spécifique que les autres, il plante

Exemples

Avec l'appel `point.m("hello")`

```
public class Point {
  public void m(CharSequence seq) { ... }
  public void m(Object o) { ... }
}
```

Appelle m(CharSequence) car les deux sont appelables, et CharSequence est plus spécifique que Object.

Avec l'appel `point.m("hello", "hello")`

```
public class Point {
  public void m(Object o, String s) { ... }
  public void m(String s, Object o) { ... }
}
```

Le compilateur plante, les deux sont appelables, aucune n'est plus spécifique que l'autre.

Redéfinition

Il y a redéfinition entre une méthode d'un supertype et une méthode d'un sous-type si l'une est substituable à l'autre par le dynamic dispatch lors de l'exécution.

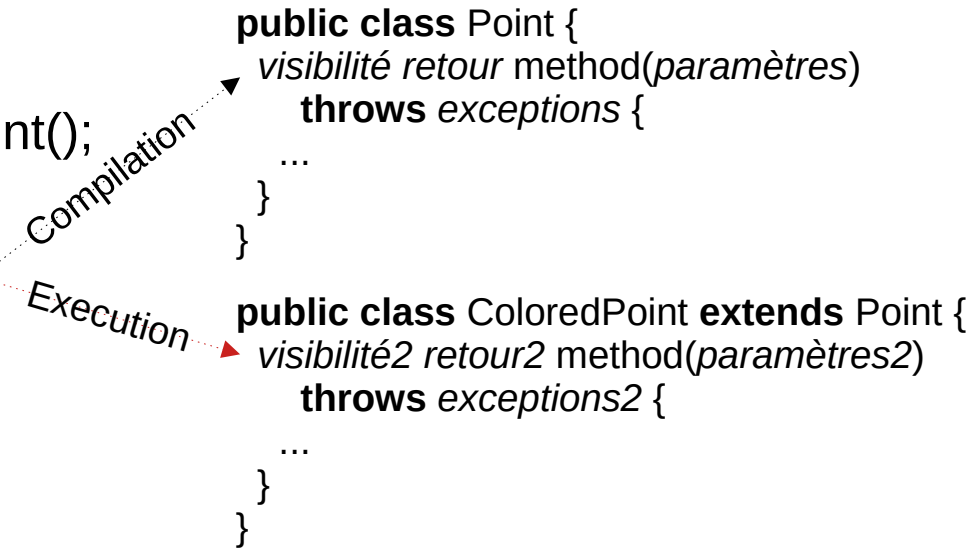
```
public class Point {
  public double distanceToPoint(Point p) { ... }
}
public class ColoredPoint extends Point {
  public double distanceToPoint(Point p) { ... }
}
```

Condition du *Dynamic Dispatch*

Site d'appel

Point p = new ColoredPoint();

retour result =
p.method(*paramètres*);



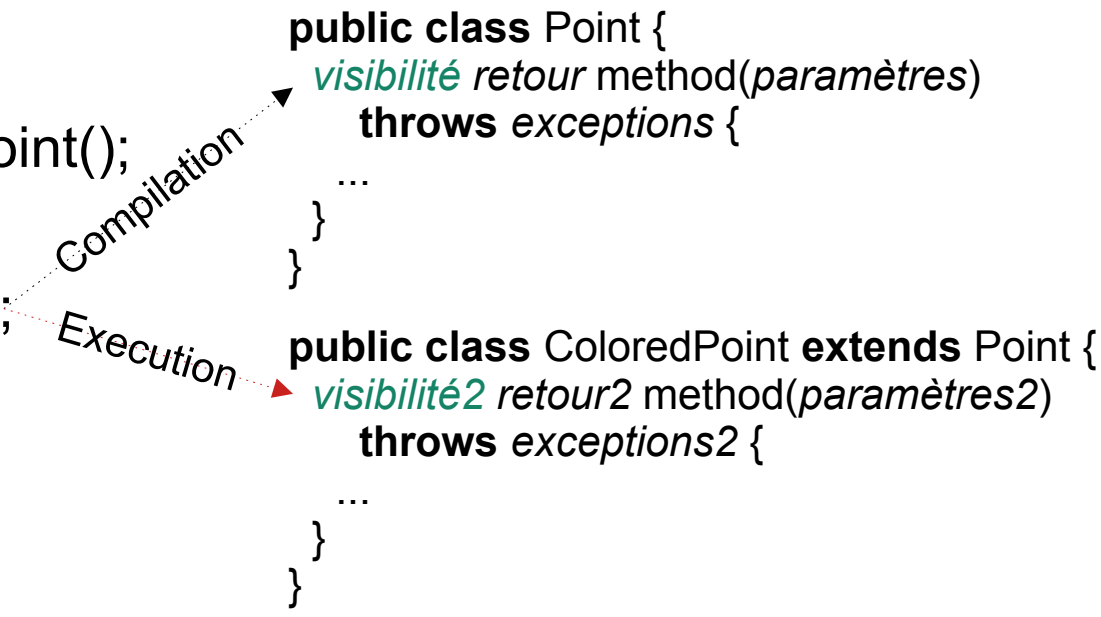
Il y a redéfinition, si la substitution à l'exécution est possible

Visibilité

Site d'appel

Point p = new ColoredPoint();

retour result =
p.method(*paramètres*);



Il faut que la visibilité soit au moins aussi grande
package > protected > public

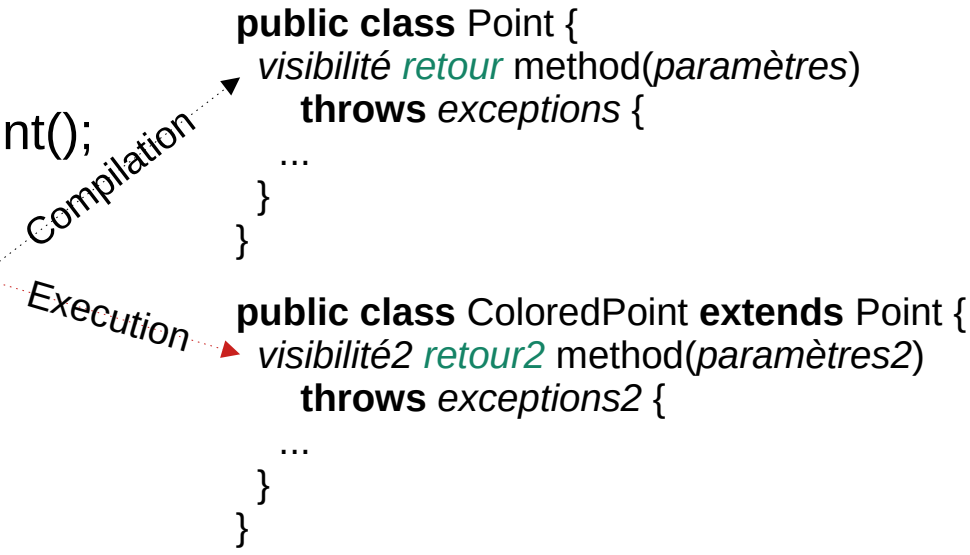
Sinon cela veut dire que l'on a moins de droits
si on appelle directement ColoredPoint::method

Type de retour

Site d'appel

```
Point p = new ColoredPoint();

retour result =
   p.method(paramètres);
```



Le type de retour peut être un sous-type

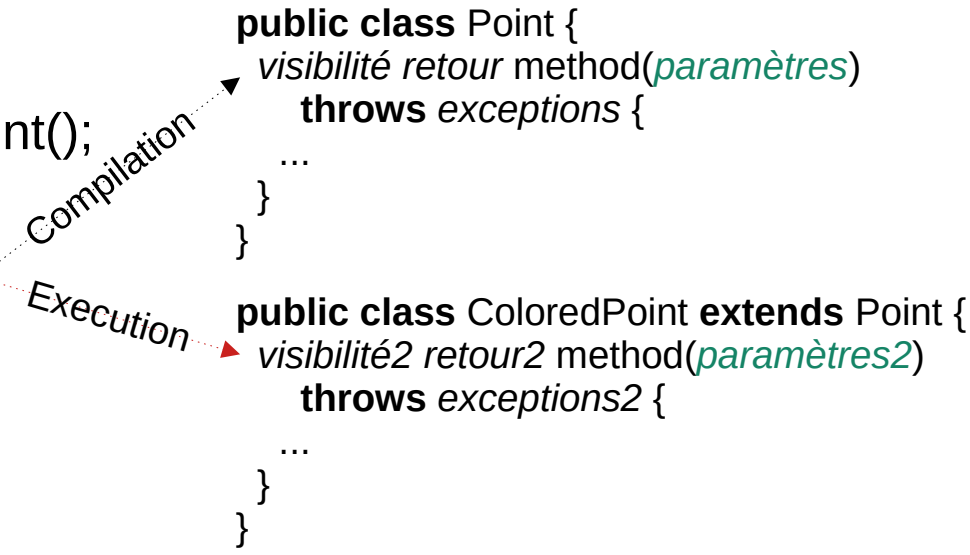
Car la valeur de retour doit être assignable dans la variable "result"

Type des paramètres

Site d'appel

```
Point p = new ColoredPoint();

retour result =
   p.method(paramètres);
```



Les types des paramètres pourraient être des super-types

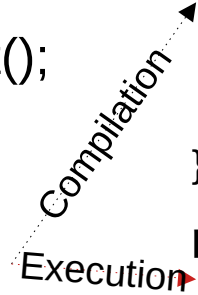
Mais la signature d'une méthode est stockées sous forme d'une String dans le fichier .class, pour une recherche rapide, donc le type des paramètres doit être exactement le même en Java

Type des exceptions checkées

Site d'appel

```
Point p = new ColoredPoint();

try {
  retour result =
      p.method(paramètres);
} catch(exceptions) {
  ...
}
```




```
public class Point {
  visibilité retour method(paramètres)
      throws exceptions {
    ...
  }
}

public class ColoredPoint extends Point {
  visibilité2 retour2 method(paramètres2)
      throws exceptions2 {
    ...
  }
}
```

Le type d'une exceptions checkée peut être un sous-type d'une exception checkée existante (exception2 peut aussi être vide)

Il faut que les exceptions soient attrapables par le catch(exceptions)

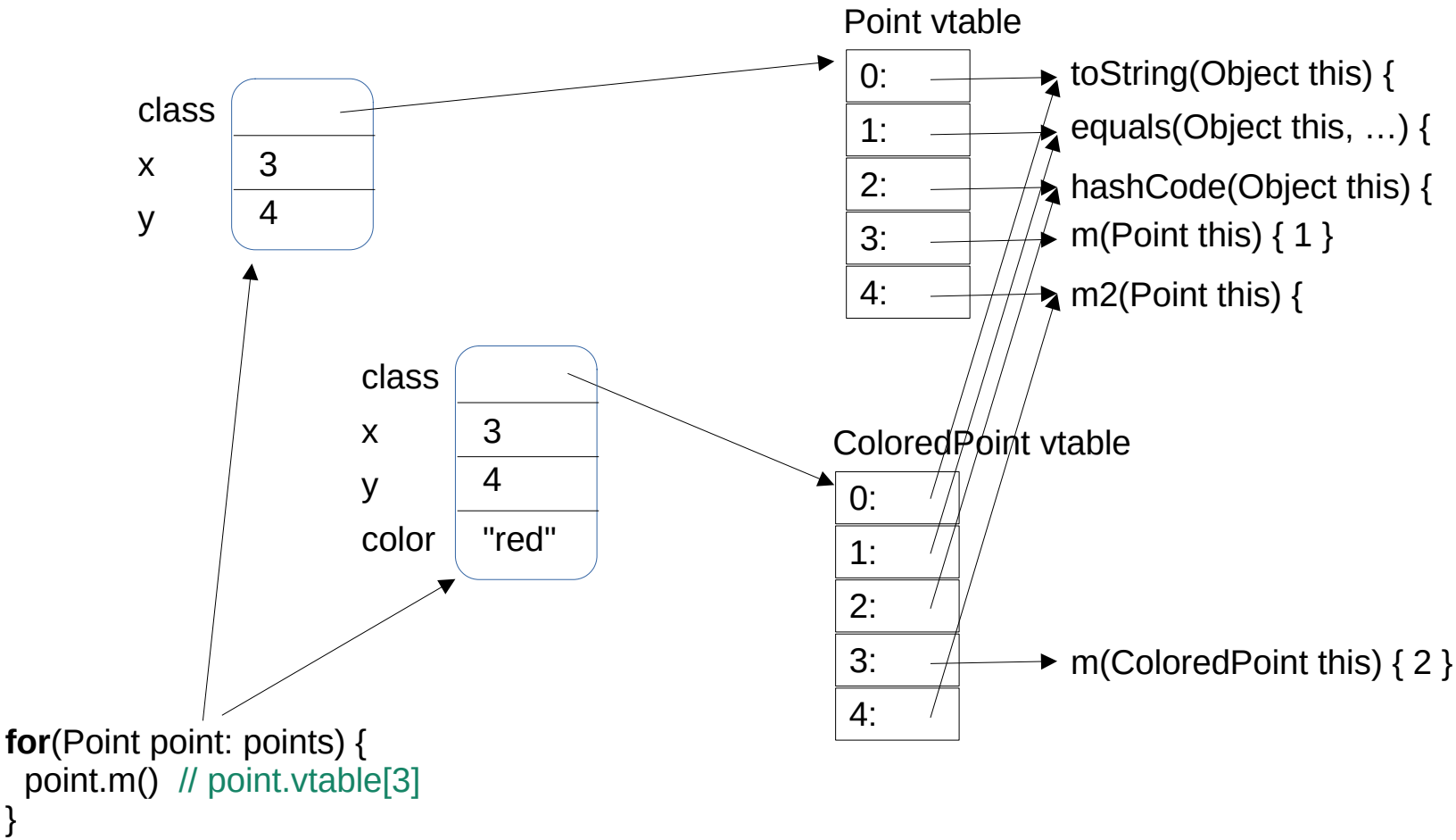
Condition de redéfinition

Une méthode d'un sous-type redéfinit une méthode d'un super-type si

- La méthode est au moins aussi visible
- Le nom est identique
- Les paramètres sont identiques
- Les types de retour sont covariants
  (covariant <=> sont des sous-types)
- Les exceptions checkées sont covariantes
  (covariantes <=> sont des sous-types)

En mémoire

public class Point { **private final int** x, y; **public void** m() { 1 } **public void** m2() { … } }
public class ColoredPoint **extends** Point { **private final** String color; **public void** m() { 2 } }



En résumé

En résumé

L'héritage est le goto de la POO

- Préférer les rateaux aux arbres (les interfaces à l'héritage)
- Si une librairie utilise l'héritage, comment on fait ?
  - On utilise l'héritage, on n'a pas le choix

Ne pas confondre la surcharge et la redéfinition

- La redéfinition demande le même nom, les mêmes paramètres, une visibilité au moins aussi grande et un type de retour et des exceptions covariantes