Appel de méthode

Rémi Forax
forax@univ-mlv.fr

Typage et Objet

Les langages objet peuvent être typés à la compilation et/ou à l'exécution

3 sortes de languages

- Typé à la compilation pas à l'exécution
  - C++ (sans RTTI), OCaml
- Typé à la compilation et à l'exécution
  - Java, C#
- Typé à l'exécution
  - PHP, Javascript, Python, Ruby

Type et Objet

```
URI uri = new URI("http://www.playboy.com");
```

Le type d'un objet correspond à son *interface* c-a-d l'ensemble des méthodes que l'on peut appeler sur l'objet

La classe d'un objet correspond à l'ensemble des propriétés + méthodes utilisée pour créer un objet

En Java, la classe est aussi un objet !

Sous-typage

Le sous-typage correspond au fait de pouvoir substituer un type par un autre

Cela permet la réutilisation d'algorithme écrit pour un type et utiliser avec un autre

Principe de liskov

Barbara Liskov(88) :
If for each object o1 of type S there is an object o2 of type T such that for all programs P defined in terms of T, the behavior of P is unchanged when o1 is substituted for o2 then S is a subtype of T.

Le sous-typage est défini de façon générale sans notion de classe

Sous-typage en Java

Le sous-typage existe pour les différents types de Java :

- Pour l'héritage de classes ou d'interface
- Pour une classe implantant l'interface
- Pour les tableaux d'objets
- Pour les types parametrés

Le sous-typage ne marche qu'avec des objets

Sous-typage et héritage

- Si un classe (resp. interface) hérite d'une autre, la sous-classe (resp.interface) est un sous-type de la classe (resp.interface) de base

```
class A {
}
class B extends A {
}
...
public static void main(String[] args) {
  A a = new B();
}
```

- Comme B hérite de A, B récupère l'ensemble des membres de A

Sous-typage et interface

- Si une classe implante une interface, alors la classe est un sous-type de l'interface

```
interface I {
  void m();
}
class A implements I {
  public void m() {
    System.out.println("hello");
  }
}
...
public static void main(String[] args) {
  I i = new A();
}
```

- Comme A implante I, A possède un code pour toutes les méthodes de I

Sous-typage et tableau

En Java, les tableaux possèdent un sous-typages généralisés :

- Un tableau est un sous-type de Object, Serializable et Clonable
- Un tableau de U[] est un sous-type de T[] si U est un sous-type de T et T,U ne sont pas primitifs

```
public static void main(String[] args) {
  Object[] o = args;            // ok
  double[] array = new int[3]; // illégal
}
```

Tableau & ArrayStoreException

- Comme le sous-typage sur les tableaux existe, cela pose un problème :

```
public static void main(String[] args) {
  Object[] array = args;
  array[0] = new Object(); // ArrayStoreException à l'exécution
}
```

- Il est possible de considérer un tableau de String comme un tableau d'objet mais il n'est possible d'ajouter un Object à ce tableau

Appel virtuel & compilation

Le mécanisme d'appel polymorphe (appel virtuel) est décomposé en deux phases :

1) Lors de la **compilation**, le compilateur choisit la méthode la **plus spécifique** en fonction du **type déclaré** des arguments

2) Lors de **l'exécution**, la VM choisie la méthode en fonction de la **classe** du receveur (l'objet sur lequel on applique '.')

Condition d'appel virtuel

Il n'y a pas d'appel virtuel si la méthode est :

- **statique** (pas de receveur)
- **private** (pas de redéfinition possible, car pas visible)
- **final** ou la classe est **final** (pas le droit de redéfinir)
- Si l'appel se fait par **super**

dans les autres cas, l'appel est virtuel

Même un appel avec this est polymorphe

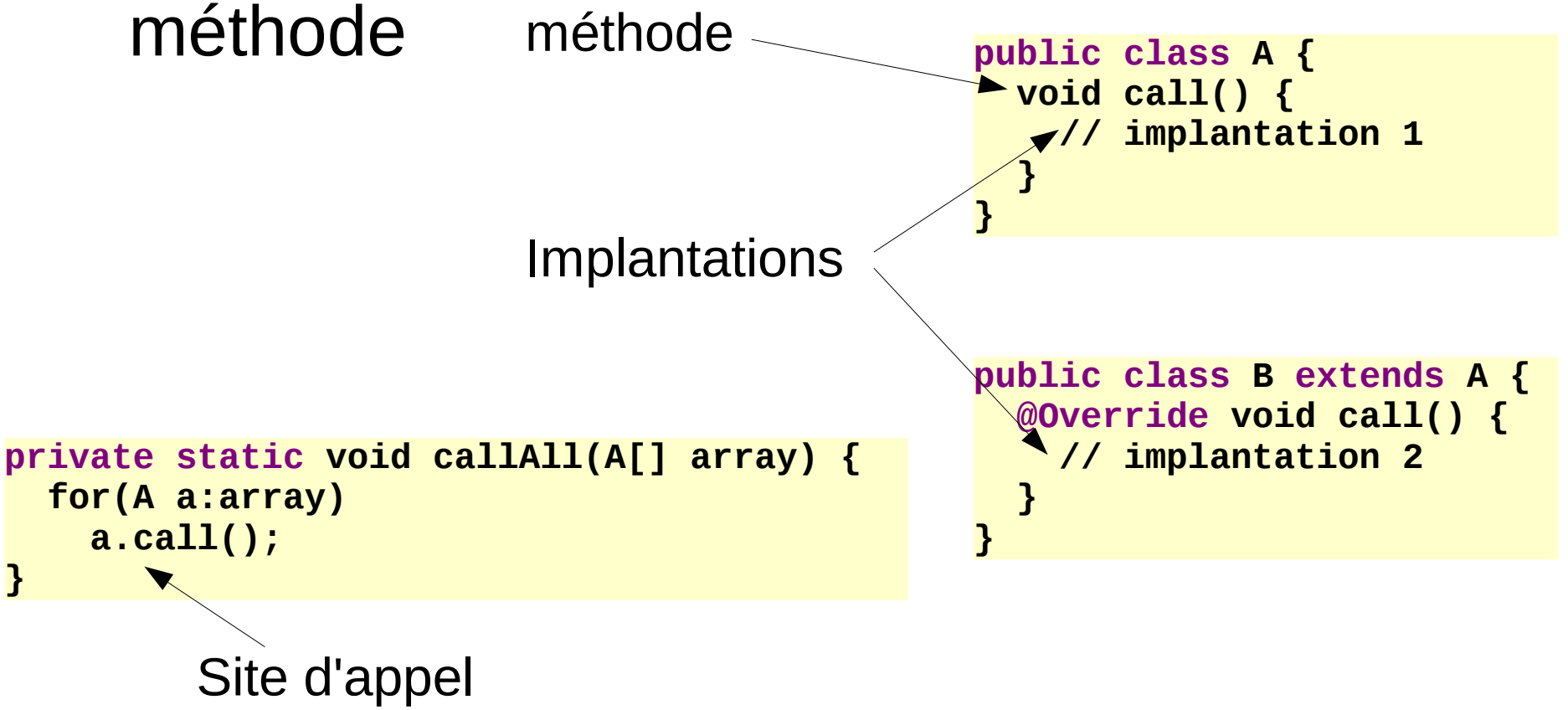
```
public class FixedSizeList {
  boolean isEmpty() {
    return size() == 0;
    // est équivalent à: return this.size()==0;
  }
  int size() {
    return 10;
  }
}

public class EmptyList extends FixedSizeList {
  int size() {
    return 0;
  }
}

public class void main(String[] args) {
  FixedSizeList list = new EmptyList();
  System.out.println(list.isEmpty()); // true
}
```

Site d'appel et implantations

On distingue la méthode, les implantations de cette méthode et le site d'appel à la méthode



Condition de la redéfinition

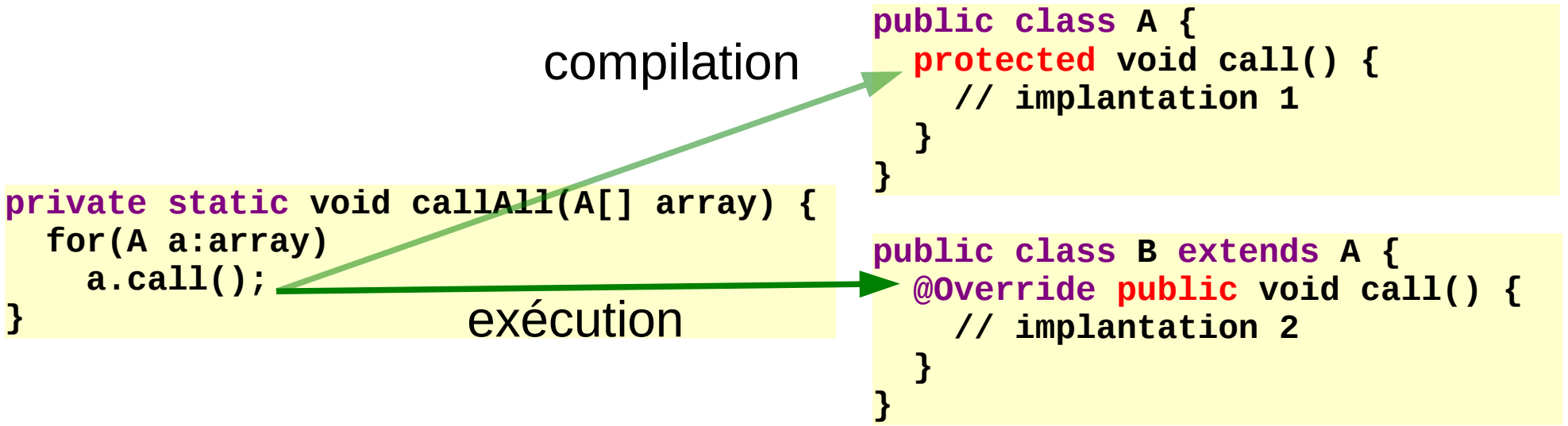
Il y a redéfinition de méthode s'il est possible pour un site d'appel donné d'appeler la méthode redéfinie en lieu et place de la méthode choisie à la compilation

Le fait qu'une méthode redéfinisse une autre dépend :

- Du nom de la méthode
- Des modificateurs de visibilité des méthodes
- De la signature des méthodes
- Des exceptions levées (throws) par la méthode

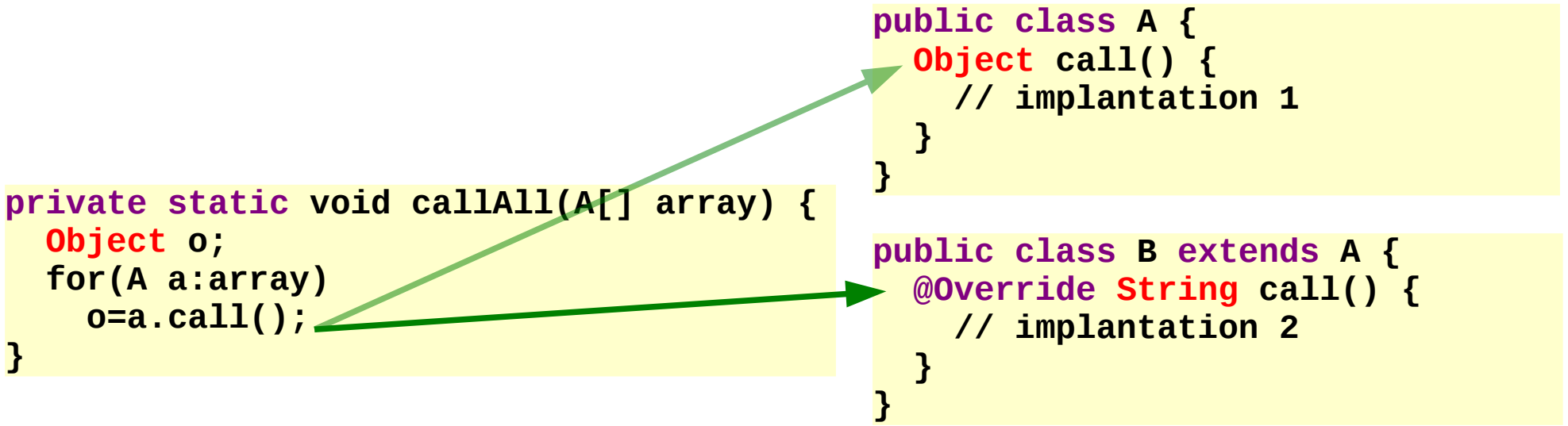
Visibilité et redéfinition

Il faut que la méthode redéfinie ait une visibilité au moins aussi grande (private< <protected<public)



Covariance du type de retour

Le type de retour de la méthode redéfinie peut-être un sous-type de la méthode à redéfinir



```
public class A {
  Object call() {
    // implantation 1
  }
}
```

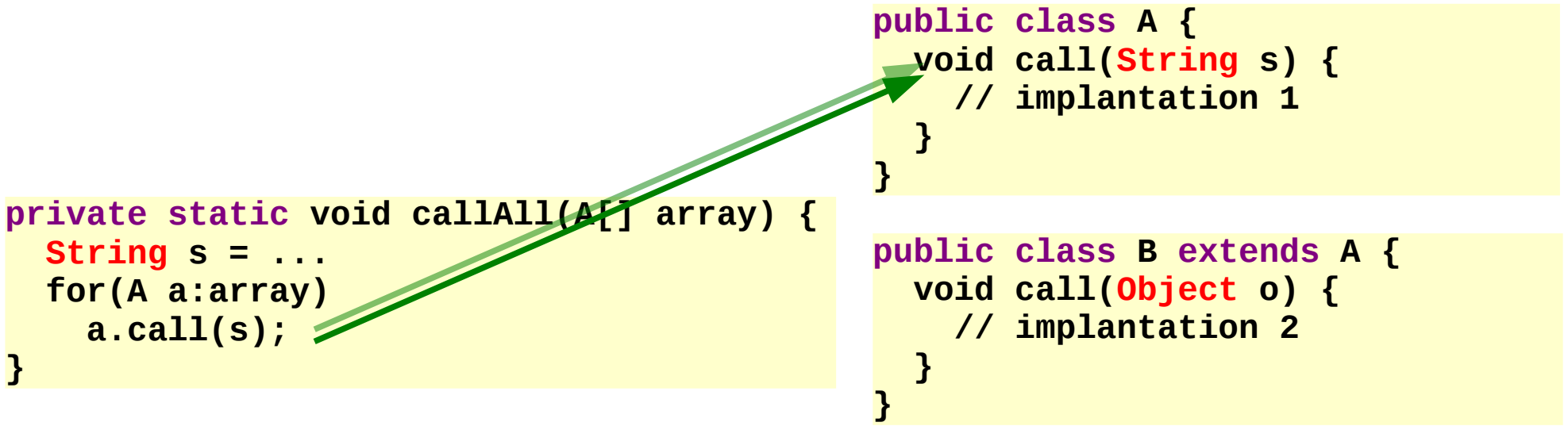
```
public class B extends A {
  @Override String call() {
    // implantation 2
  }
}
```

```
private static void callAll(A[] array) {
  Object o;
  for(A a:array)
    o=a.call();
}
```

Ne marche qu'à partir de la 1.5

Contravariance des paramètres

- Les types des paramètres peuvent être des super-types du type de la méthode à redéfinir



```
public class A {
  void call(String s) {
    // implantation 1
  }
}
```

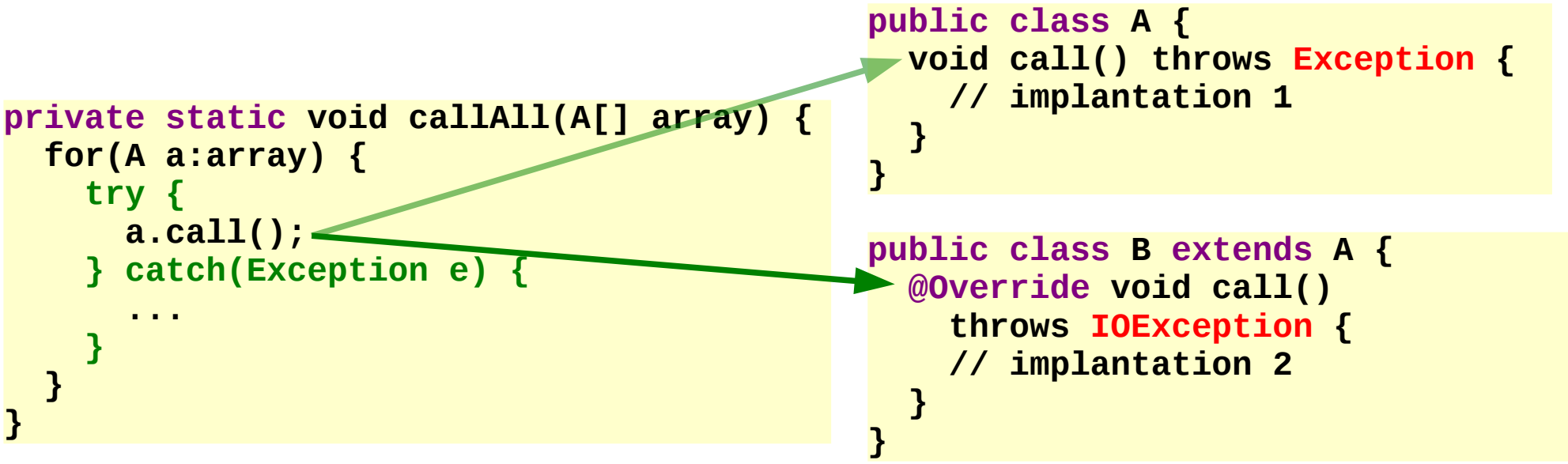
```
public class B extends A {
  void call(Object o) {
    // implantation 2
  }
}
```

```
private static void callAll(A[] array) {
  String s = ...
  for(A a:array)
    a.call(s);
}
```

Pas implanté en Java, dommage !

Covariance des exceptions

Les exceptions levés peuvent être des sous-types de celles déclarées



```
private static void callAll(A[] array) {
  for(A a:array) {
    try {
      a.call();
    } catch(Exception e) {
      ...
    }
  }
}
```

```
public class A {
  void call() throws Exception {
    // implantation 1
  }
}
```

```
public class B extends A {
  @Override void call()
    throws IOException {
    // implantation 2
  }
}
```

Les exceptions non *checked* ne compte pas

Covariance des exceptions (2)

La méthode redéfinie peut ne pas levée d'exception

```
private static void callAll(A[] array) {
  for(A a:array) {
    try {
      a.call();
    } catch(Exception e) {
      ...
    }
  }
}
```

```
public class A {
  void call() throws Exception {
    // implantation 1
  }
}
```

```
public class B extends A {
  @Override void call() {
    // implantation 2
  }
}
```

L'inverse ne marche pas !!!

Appel de méthode

L'algorithme d'appel de méthode s'effectue en deux temps

A. on recherche les méthodes applicables (celles que l'on peut appeler)

B. parmi les méthodes applicables, on recherche s'il existe une méthode plus spécifique (dont les paramètres serait sous-types des paramètres des autres méthodes)

Cet algorithme est effectué par le compilateur

A. méthodes applicables

Ordre dans la recherche des méthodes applicables :

1) Recherche des méthodes à nombre fixe d'argument en fonction du sous-typage & convertions primitifs

2) Recherche des méthodes à nombre fixe d'argument en permettant l'auto-[un]boxing

3) Recherche des méthodes en prenant en compte les varargs

Dès qu'une des recherches trouve une ou plusieurs méthodes la recherche s'arrête

Exemple de méthodes applicables

Le compilateur cherche les méthodes applicables

```
public class Example {
  public void add(Object value) {
  }
  public void add(CharSequence value) {
  }
}
```

```
  public static void main(String[] args) {
    Example example=new Example();
    for(String arg:args)
      example.add(arg);
  }
```

add(Object) et **add(CharSequence)** sont applicables

B. méthode la plus spécifique

Recherche parmi les méthodes applicables, la méthode la plus spécifique

```
public class Example {
  public void add(Object value) {
  }
  public void add(CharSequence value) {
  }
}
```

```
  public static void main(String[] args) {
    Example example=new Example();
    for(String arg:args)
      example.add(arg); // appel add(CharSequence)
  }
```

La méthode la plus spécifique est la méthode dont tous les paramêtres sont sous-type des paramètres des autres méthodes

Méthode la plus spécifique (2)

Si aucune méthode n'est plus spécifique que les autres, il y a alors ambiguité

```
public class Example {
  public void add(Object v1, String v2) { ... }
  public void add(String v1, Object v2) { ... }
}
```

```
  public static void main(String[] args) {
    Example example=new Example();
    for(String arg:args)
      example.add(arg,arg);
    // reference to add is ambiguous, both method
    // add(Object,String) and method add(String,Object) match
}
```

Les deux méthodes **add()** sont applicables, aucune n'est plus précise

Et lors de l'exécution ?

Le polymorphisme est implanté de la même façon quelque soit le langage Objet typé (C++, Java, C#)

```
public class A {
  void f(int i){
    ...
  }
  void call(){
    ...
  }
}
```

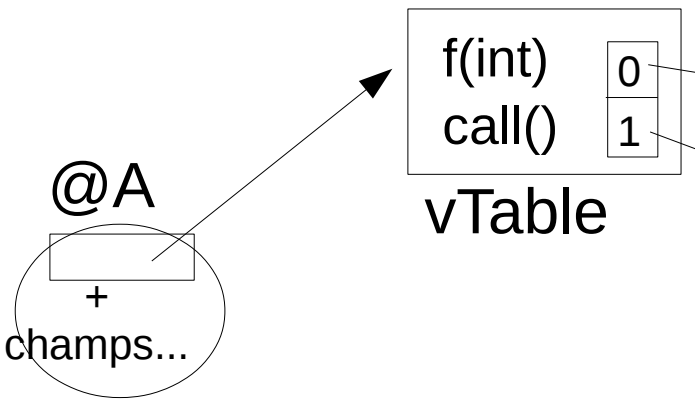
```
public class B extends A{
  void call(){
    ...
  }
  void f(){
    ...
  }
}
```

```
public class AnotherClass {
  void callSite(){
    A a=new B();
    a.call();
    a.f(7);
  }
}
```

Implantation du polymorphisme

Chaque objet possède en plus de ces champs un pointeur sur une table de pointeurs de fonction

Le compilateur attribue à chaque méthode un index dans la table en commençant par numéroter les méthodes des classes de base

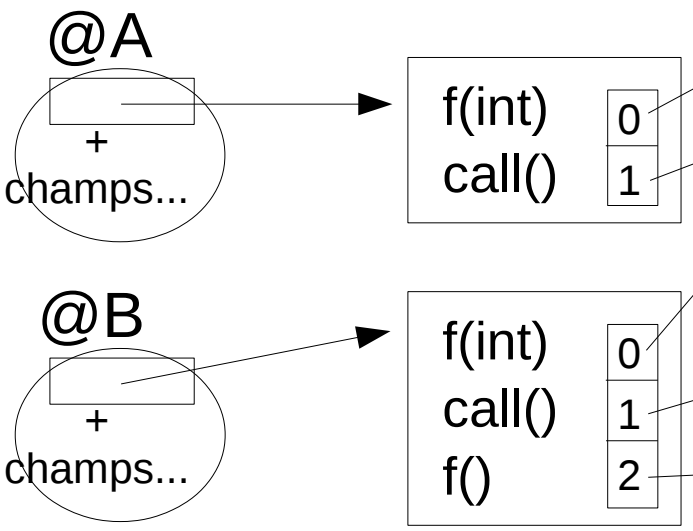



```
public class A {
  void f(int i){
    ...
  }
  void call(){
    ...
  }
}
```

vtable

Deux méthodes redéfinies ont **le même index**

L'appel polymorphe est alors :
object.vtable[index](argument)




```
public class A {
  void f(int i){
    ...
  }
  void call(){
    ...
  }
}
```

```
public class B extends A{
  void call(){
    ...
  }
  void f(){
    ...
  }
}
```

vtable et interface

Le mécanisme de vtable ne marche pas bien avec l'héritage multiple car la numérotation n'est plus unique

Les implantations d'interface la classe possède une vtable par interface implantée

Sans optimisation, l'appel à travers une interface est plus lent que l'appel à travers une classe même abstraite