# FSAB1402: Informatique 2

# Le Langage Java

**Peter Van Roy**
Département d'Ingénierie Informatique, UCL

pvr@info.ucl.ac.be



## Ce qu'on va voir aujourd'hui

- Nous allons voir quelques concepts de Java, un langage populaire basé sur la programmation orientée objet:
  - Le passage de paramètres
  - L'héritage simple
  - Les classes abstraites et finales, la classe Object
  - Les interfaces
- Les exceptions
  - Les contextes d'exécution
  - Les exceptions en Java

# Résumé du dernier cours

P. Van Roy

## Les objets et les classes

- Un objet est une collection de procédures ("méthodes") qui ont accès à un état commun
  - L'état est accessible uniquement par les méthodes
- L'envoi procédural: il y a un seul point d'entrée à l'objet, qui se comporte comme une procédure avec un argument (le "message")
- Les classes: cela permet de créer plusieurs objets avec les mêmes méthodes mais un autre état
- Une syntaxe pour les classes: cela facilite la programmation et garantit qu'il n'y a pas d'erreurs de forme dans la définition des classes

P. Van Roy

# Le polymorphisme

- Le polymorphisme est le concept le plus important (après l'abstraction!) dans la programmation orientée objet
- Des objets peuvent avoir la même interface mais une implémentation différente
  - {Line draw}, {Circle draw}, {Square draw}, …
- La même méthode peut marcher avec tous ces objets
  - Polymorphisme: la méthode accepte un argument de types (ici, de classes) différents. {F draw} peut marcher quand F est une ligne, un cercle, un carré, etc.
  - Si chaque objet satisfait aux mêmes propriétés, cela marche!
- Le principe de la répartition des responsabilités
  - Chaque responsabilité est concentrée dans une partie du programme au lieu d'être morcelée partout



# L'héritage

- La définition incrémentale des classes
  - Une classe est définie en prenant une autre comme base, avec des modifications et des extensions
  - Lien dynamique (le bon défaut) et lien statique (pour redéfinition)
- L'héritage est dangereux
  - La possibilité d'étendre une classe avec l'héritage est une autre interface à cette classe, une interface qui a besoin de maintenance comme les autres!
  - L'héritage versus la composition: nous recommandons d'utiliser la composition quand c'est possible
- Le principe de substitution
  - Si A hérite de B, alors toute procédure qui marche avec $O_B$ doit marcher avec $O_A$
  - Avec ce principe, les dangers sont minimisés

# Introduction à Java

P. Van Roy

## Le langage Java

- Un langage orienté objet concurrent avec une syntaxe dérivée de C++
- “Presque pur”: presque tout est un objet
  - Un petit ensemble de types primitifs (entiers, caractères, virgules flottantes, booléens) ne l’est pas
  - Les arrays sont des objets mais ne peuvent pas être étendus avec l’héritage
- La différence de philosophie avec C++
  - C++ donne accès à la représentation interne des données; la gestion de mémoire est manuelle
  - Java cache la représentation interne des données; la gestion de mémoire est automatique (“garbage collection”)

P. Van Roy

# Un petit exemple

```
class Fibonacci {
   public static void main(String [] args) {
      int lo=1;
      int hi=1;
      System.out.println(lo);
      while (hi<50) {
         System.out.println(hi);
         hi=lo+hi;
         lo=hi-lo;
      }
   }
}
```

- Il y a toujours une méthode “public static void main”, exécutée quand l’application démarre
- Chaque variable est une cellule, avec un type déclaré statiquement
- Les entiers ne sont pas des objets, mais des types abstraits
- Il faut initialiser les variables locales avant de les utiliser

- La méthode println est surchargée (il y a plusieurs méthodes avec le même nom; le langage choisit la méthode selon le type de l’argument)



# Public static void main(…)

- La méthode main est exécutée quand l’application démarre
- Public: visible dans tout le programme (donc aussi en dehors de la classe)
- Static: il y en a une par classe (pas une par objet)
- Void: la méthode ne renvoie pas de résultat (c’est une procédure, pas une fonction)
- String[]: un array qui contient des objets String

# Types

- Il y a deux sortes de types: type primitif et type référence
- Type primitif: booléen (1 bit), caractère (16 bits, Unicode), byte (entier de 8 bits, -128..127), short (16), int (32), long (64), float (32), double (64)
  - Entiers: complément à 2
  - Virgule flottante: standard IEEE754
- Type référence: classe, interface ou array
  - Une valeur d'un tel type est "`null`" ou une référence à un objet ou un array
  - Un type array a la forme `t[]` où `t` peut être n'importe quel type



# Modèle d'exécution (1)

- Modèle avec état et concurrence
  - La concurrence en Java est basée sur les threads et les monitors; voir le cours INGI2131
    - C'est assez compliqué; le modèle multi-agents qu'on verra la semaine prochaine est beaucoup plus simple!
- Typage statique
  - Les types des variables et l'hiérarchie des classes sont connus à la compilation
  - Notre langage (Oz) a le typage dynamique (les types et l'hiérarchie ne sont connus qu'à l'exécution)
  - Mais le code compilé d'une classe peut être chargé à l'exécution avec un "class loader"
  - Le langage est conçu pour le principe de substitution: une routine accepte les objets des sous-classes

# Modèle d'exécution (2)

- Soutien pour l'héritage
  - L'héritage simple des classes
  - L'héritage multiple des interfaces
    - Une interface contient juste les entêtes des méthodes (comme une classe mais sans les définitions des méthodes), pas leur implémentation
- Abstractions de contrôle
  - If, switch, while, for, break, return, etc.
  - Programmation structurée: une série de blocs imbriqués où chaque bloc a des entrées et sorties; pas d'instruction "goto"
- Règles de visibilité
  - Private, package, protected, public
  - Chaque objet a une identité unique



# Modèle d'exécution (3)

- Soutien pour la programmation déclarative
  - Dans ce cours, on a expliqué quand la programmation déclarative est préférable
  - Il y a un peu de soutien pour cela en Java
- Attributs/variables "final": peuvent être affectés une fois seulement
  - Ceci permet de faire des objets immuables (sans état)
- "inner classes" (classes intérieures): une classe définie à l'intérieur d'une autre
  - Une instance d'une "inner class" est presque une valeur procédurale, mais pas complètement: il y a des restrictions (voir le livre de Arnold & Gosling)

# Le passage de paramètres



# Le passage de paramètres est par valeur (1)

```
class ByValueExample {
   public static void main(String[] args) {
      double one=1.0;
      System.out.println("before: one = " + one);
      halveIt(one);
      System.out.println("after:  one = " + one);
   }
   public static void halveIt(double arg) {
      arg /= 2.0;
   }
}
```

- Qu'est-ce qui est imprimé ici?

# Le comportement de halveIt

```
public static void halveIt(double arg) {
   arg = arg/2.0;
}
```

```
proc {HalveIt X}
   Arg={NewCell X}
in
   Arg := @Arg / 2.0
end
```

- Voici comment on écrit halveIt dans notre langage
  - Cette définition HalveIt peut être vue comme la sémantique de la méthode halveIt en Java!
- Le paramètre arg correspond à une cellule locale qui est initialisée à l'appel de halveIt



# Le passage de paramètres est par valeur (2)

```
class Body {
   public long idNum;
   public String name = "<unnamed>";
   public Body orbits = null;
   private static long nextID = 0;

   Body(String bName, Body orbArd) {
      idNum = nextID++;
      name = bName;
      orbits = orbArd;
   }
}
```

```
class ByValueRef {
   public static void main(String [] args) {
     Body sirius = new Body("Sirius", null);
     System.out.println("bef:"+sirius.name);
     commonName(sirius);
     System.out.println("aft:"+sirius.name);
   }
   public static void commonName(Body bRef) {
     bRef.name = "Dog Star";
     bRef = null;
   }
}
```

- La classe Body a un constructeur (la méthode Body) et un entier statique (nextID)
- Le contenu de l'objet est bien modifié par commonName, mais mettre bRef à null n'a aucun effet!

# Le comportement de commonName

```
public static void commonName(Body bRef)
{
   bRef.name = "Dog Star";
   bRef = null;
}
```

```
proc {CommonName X}
   BRef={NewCell X}
in
   {@BRef setName("Dog Star")}
   BRef:=null
end
```

- Voici comment on écrit commonName dans notre langage
- BRef est une cellule locale dont le contenu est une référence à un objet
- Quand on appel CommonName, BRef est initialisé avec une référence à l'objet sirius



# Classes et objets

## Concepts de base

- Une classe contient des champs (“fields”, des attributs ou des méthodes), et des membres (“members”, autres classes ou interfaces)
- Il n’y a que de l’héritage simple des classes
  - Ceci évite les problèmes avec l’héritage multiple
- Liens statiques et dynamiques
  - Le mot-clé “super” permet un lien statique avec la classe juste au-dessus
  - Le mot-clé “this” est utilisé pour dire “self”



## Un exemple d’héritage

```
class Point {
   public double x, y;

   public void clear() {
      x=0.0;
      y=0.0;
   }
}

class Pixel extends Point {
   Color color;

   public void clear() {
      super.clear();
      color=null;
   }
}
```

# La classe Object

- La classe Object est la racine de l'hiérarchie

```
Object oref = new Pixel();
oref = "Some String";
oref = "Another String";
```

- La référence oref peut donc référencier tout objet
  - On regagne donc une partie de la souplesse qu'on avait avec le typage dynamique
  - (PS: les objets String sont immuables)



# Classes abstraites et classes concrètes

- Une classe abstraite est une classe qui ne définit pas toutes ses méthodes
  - Elle ne peut pas être instanciée
- Une classe concrète définit toutes ses méthodes
  - Une classe concrète peut hériter d'une classe abstraite
  - Elle peut être instanciée
- Avec les classes abstraites, on peut faire des programmes "génériques"
  - On définit les méthodes manquantes avec l'héritage, pour obtenir une classe concrète qu'on peut ensuite instancier et exécuter

# Un exemple d'une classe abstraite

```
abstract class Benchmark {
   abstract void benchmark();

   public long repeat(int count) {
      long start=System.currentTimeMillis();
      for (int i=0; i<count; i++)
         benchmark();
      return (System.currentTimeMillis()-start);
   }
}
```



# Une classe abstraite

- Voici comment on peut faire la même chose avec les valeurs procédurales:

```
fun {Repeat Count Benchmark}
   Start={OS.time}
in
   for I in 1..Count do {Benchmark} end
   {OS.time}-Start
end
```

- La fonction Repeat joue le rôle de la méthode repeat dans la classe Benchmark
- L'argument Benchmark est une procédure qui joue le rôle de la méthode benchmark
- Conclusion: avec les classes abstraites on peut faire comme si on passait une procédure en argument
  - On utilise l'héritage pour simuler le passage d'une procédure (= valeur procédurale)

# Les classes “final”

- Une classe “final” ne peut pas être étendue avec l’héritage

```
final class NotExtendable {
   // …
}
```

- Une méthode “final” ne peut pas être redéfinie avec l’héritage
- C’est une bonne idée de définir toutes les classes comme “final”, sauf celles pour laquelle on veut laisser la possibilité d’extension par l’héritage
  - Question: est-ce qu’il est une bonne idée de définir une classe abstraite comme final?



# Les interfaces

# Les interfaces

- Une interface en Java est comme une classe abstraite sans aucune définition de méthode
  - L'interface décrit les méthodes et les types de leurs arguments, sans rien dire sur leur implémentation
- Java permet l'héritage multiple sur les interfaces
  - On regagne une partie de l'expressivité de l'héritage multiple

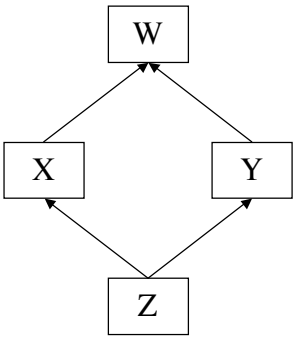


# Un exemple d'une interface

```
interface Lookup {
   Object find(String name);
}

class SimpleLookup implements Lookup {
   private String[] Names;
   private Object[] Values;
   public Object find(String name) {
      for (int i=0; i<Names.length; i++) {
         if (Names[i].equals(name))
            return Values[i];
      }
      return null;
   }
}
```

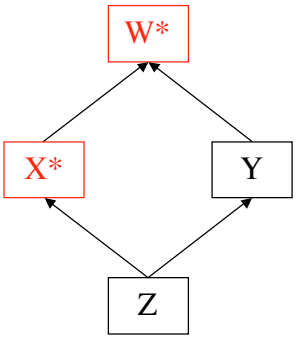
# Le problème avec l'héritage multiple des classes




- Voici un cas où l'héritage multiple classique a un problème: l'héritage en losange
- Quand W a de l'état (des attributs), qui va initialiser W? X ou Y ou les deux?
  - Il n'y a pas de solution simple
  - C'est une des raisons pourquoi l'héritage multiple est interdit en Java
- Nous allons voir comment les interfaces peuvent résoudre ce problème



# Une solution avec les interfaces



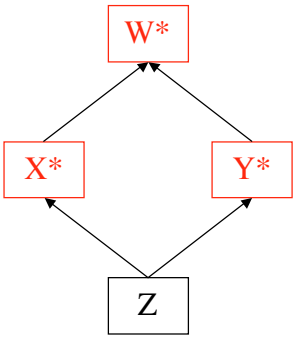

- Les interfaces sont marquées en rouge et avec un astérisque (*)
- Il n'y a plus d'héritage en losange: la classe Z hérite uniquement de la classe Y
- Pour les interfaces, l'héritage est uniquement une contrainte sur les entêtes des méthodes fournies par les classes

# La syntaxe Java pour l'exemple du losange

```
interface W { }
interface X extends W { }
class Y implements W { }
class Z extends Y implements X { }
```



# Une autre solution pour la même hiérarchie




- Cette fois, Z est la seule vraie classe dans l'hiérarchie
- Voici la syntaxe:

```
interface W { }
interface X extends W { }
interface Y extends W { }
class Z implements X, Y { }
```

# Les exceptions

P. Van Roy

## Les exceptions

- Les exceptions sont un nouveau concept de programmation
  - Nous allons introduire les exceptions et ensuite expliquer comment elles sont réalisées en Java
  - Nous allons aussi donner un aperçu de la sémantique des exceptions
- Comment est-ce qu'on traite les situations exceptionnelles dans un programme?
  - Par exemple: division par 0, ouvrir un fichier qui n'existe pas
  - Des erreurs de programmation mais aussi des erreurs imposées par l'environnement autour du programme
- Avec les exceptions, un programme peut gérer des situations exceptionnelles sans que le code soit encombré partout avec des bouts qui ne sont presque jamais exécutés

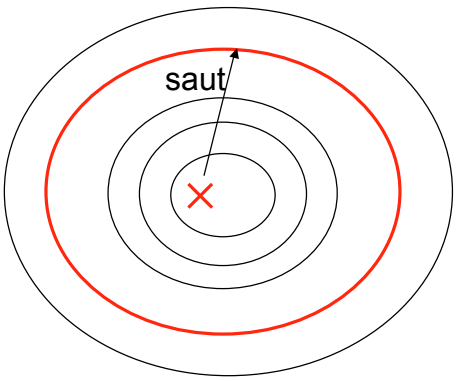
P. Van Roy

# Le principe d'endiguement

- Quand il y a une erreur, on voudrait se retrouver dans un endroit du programme d'où l'on peut récupérer de l'erreur
- En plus, on voudrait que l'erreur influence la plus petite partie possible du programme
- Le principe d'endiguement:
  - Un programme est une hiérarchie de contextes d'exécution
  - Une erreur n'est visible qu'à l'intérieur d'un contexte dans cette hiérarchie
  - Une routine de récupération existe à l'interface d'un contexte d'exécution, pour que l'erreur ne se propage pas (ou se propage proprement) vers un niveau plus elevé



# La gestion d'une exception (1)




Une erreur qui lève une exception

Un contexte d'exécution

Le contexte d'exécution qui attrape l'exception

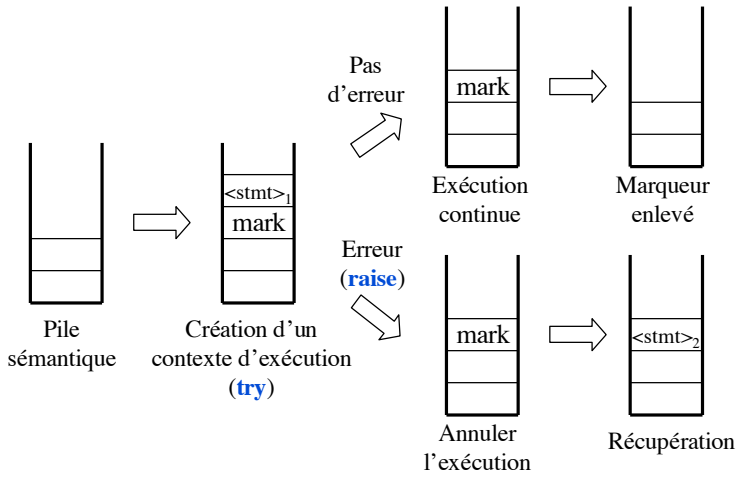
Mais c'est quoi exactement un contexte d'exécution?

# La gestion d'une exception (2)

- Un programme qui rencontre une erreur doit transférer exécution à une autre partie (le "exception handler") et lui donner une valeur qui décrit l'erreur (l'"exception")
- Deux nouvelles instructions
  **try** <stmt>$_1$ **catch** <x> **then** <stmt>$_2$ **end**
  **raise** <x> **end**
- Comportement:
  - Le **try** met un "marqueur" sur la pile et exécute <stmt>$_1$
  - S'il n'y a pas d'erreur, <stmt>$_1$ exécute normalement
  - S'il y a une erreur, le **raise** est exécuté, qui vide la pile jusqu'au marqueur (exécution de <stmt>$_1$ annulée)
    - Alors, <stmt>$_2$ est exécuté et l'exception est dans <x>



# La gestion d'une exception (3)



# Un contexte d'exécution

- Maintenant on peut définir exactement ce que c'est un contexte d'exécution
- Un contexte d'exécution est une partie de la pile sémantique qui commence avec un marqueur et qui va jusqu'au sommet de la pile
  - S'il y a plusieurs instructions **try** imbriquées, alors il y aura plusieurs contextes d'exécution imbriqués!
- Un contexte d'exécution est à l'intérieur d'une seule pile sémantique
  - Avec l'exécution concurrente il y aura plusieurs piles sémantiques (une par thread): voir plus loin dans le cours!
  - En général, c'est une bonne idée d'installer un nouveau contexte d'exécution quand on traverse l'interface d'un composant



# Un exemple avec des exceptions

```
fun {Eval E}
   if {IsNumber E} then E
   else
         case E
         of plus(X Y) then {Eval X}+{Eval Y}
         [] times(X Y) then {Eval X}*{Eval Y}
         else raise badExpression(E) end
         end
   end
end

try
   {Browse {Eval plus(23 times(5 5))}}
   {Browse {Eval plus(23 minus(4 3))}}
catch X then {Browse X} end
```

# Si on n'avait pas d'exceptions

```
fun {Eval E}
   if {IsNumber E} then E
   else
      case E
      of plus(X Y) then R={Eval X} in
         case R of badExpression(RE) then badExpression(RE)
         else R2={Eval Y} in
            case R2 of badExpression(RE) then badExpression(RE)
            else R+R2
            end
         end
      [] times(X Y) then
         % Comme avec plus
      else badExpression(E)
      end
   end
end
```



# Instruction avec clause "finally"

- L'instruction **try** permet aussi la clause **finally**, pour une opération qui doit être exécutée dans tous les cas de figure (erreur ou pas erreur):

```
FH={OpenFile "foobar"}
try
   {ProcessFile FH}
catch X then
   {Show "*** Exception during execution ***"}
finally {CloseFile FH} end
```

# Exceptions en Java

- Une exception est un objet qui hérite de la classe Exception (qui elle-même hérite de Throwable)
- Il y a deux sortes d'exceptions
  - Checked exceptions: Le compilateur vérifie que les méthodes ne lèvent que les exceptions déclarée pour la classe
  - Unchecked exceptions: Il y a certaines exceptions et erreurs qui peuvent arriver sans que le compilateur les vérifie. Elles héritent de RuntimeException et Error.



# Syntaxe des exceptions Java

```
throw new NoSuchAttributeException(name);

try {
   <stmt>
} catch (exctype1 id1) {
   <stmt>
} catch (exctype2 id2) {
   …
} finally {
   <stmt>
}
```

## Un exemple en bon style

- Nous allons lire un fichier et faire une action pour chaque élément:

```
try
   while (!stream.eof())
      process(stream.nextToken());
finally
   stream.close();
```



## Un exemple en mauvais style

- C'est très mauvais d'utiliser les exceptions pour modifier l'ordre d'exécution dans une situation normale:

```
try {
   for (;;)
      process (stream.next());
} catch (StreamEndException e) {
   stream.close();
}
```

- Trouver la fin d'un stream est tout à fait normal, ce n'est pas une erreur. Qu'est-ce qu'on fait si une vraie erreur se mélange avec cette exécution normale?

# Résumé

P. Van Roy

# Résumé

- Introduction au langage Java
  - Relation avec C++
- Le passage des paramètres
  - Passage par valeur
  - “La référence à un objet est passée par valeur”
- Classes et objets
  - L’héritage simple
  - La classe Object
  - Les classes abstraites et les classes “final” (finales)
- Les interfaces
  - L’héritage multiple avec les interfaces
- Les exceptions
  - Les contextes d’exécution
  - Leur sémantique

P. Van Roy

# Bibliographie

- *Java Precisely*, par Peter Sestoft, MIT Press, 2002
- *The Java Programming Language, Second Edition*, par Ken Arnold et James Gosling, Addison-Wesley, 1998