Inf 431 – Cours 7

Modularité

Programmation par objets (1/2)

jeanjacqueslevy.net

secrétariat de l'enseignement:
Catherine Bensoussan
cb@lix.polytechnique.fr
Aile 00, LIX,
01 69 33 34 67

www.enseignement.polytechnique.fr/informatique/IF

Plan

1. Modularité
2. Paquetages et espace des noms
3. Contrôle d'accès

4. Programmation par objets
5. Sous-classes et conversions de type

6. Types disjonctifs et sous-classes

Programmes et abstraction (1/3)

- choix des structures de données
- isoler les fonctionalités
- séparer les entrées/sorties du corps du programme
- simplicité de la signature des fonctions
- élégance de l'écriture
- découpage d'un programme en classes

- Spécification $\Rightarrow$ Programmation $\Rightarrow$ Correction
- Génie logiciel (*Software engineering*)

- La programmation est une des activités les plus complexes jamais entreprises par l'homme.

Windows XP	=	50 millions lignes de code,
Linux	=	30 millions lignes de code,

autres exemples.

Programmes et abstraction (2/3)

- décomposition d'un programme en modules
- un module a deux parties :
  - l'*interface* accessible depuis l'extérieur du module
  - l'*implémentation* accessible de l'intérieur du module
- principe d'encapsulation
  - Une file a 3 opérations : construction, ajouter, supprimer
  - Deux implémentations possibles : tableau circulaire, liste
  - L'extérieur n'a pas à connaitre l'implémentation
  - On peut changer l'implémentation sans que l'extérieur ne s'en rende compte
- on peut composer les modules pour en faire de plus gros

Programmes et abstraction (3/3)

- structure de bloc dans les langages de programmation
  $\Rightarrow$ variables locales ou globales
  $\Rightarrow$ encapsulation
- insuffisant, car les variables communes à plusieurs fonctions deviennent globales
  $\Rightarrow$ accessibles depuis l'extérieur
- $\Rightarrow$ constructions spéciales dans les langages de programmation
  - modules ou classes
  - données et fonctions privées ou publiques

Modularité en Java (1/4)

Considérons l'exemple des files d'attente.

Interface publique : `FIFO`, `ajouter` et `supprimer`.

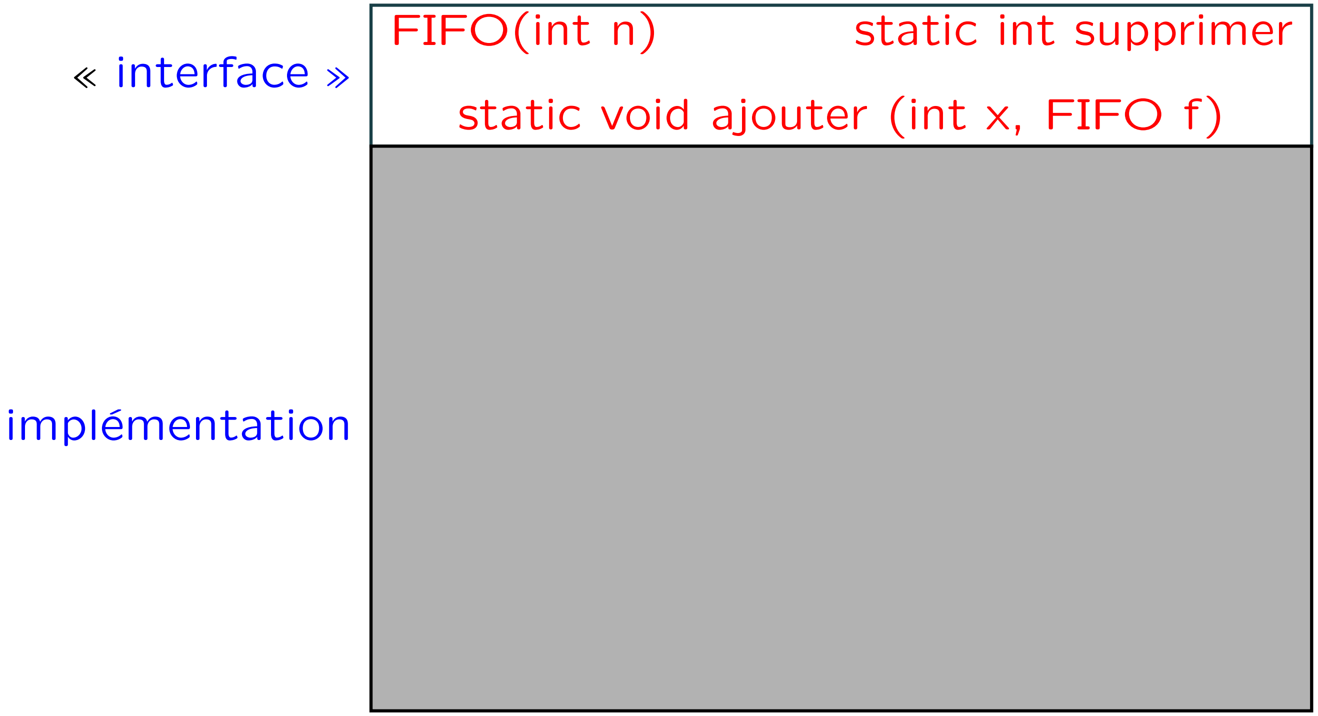
Implémentation privée

```
public class FIFO {
  private int debut, fin;
  private boolean pleine, vide;
  private int[ ] contenu;

  public FIFO (int n) {
    debut = 0; fin = 0; pleine = n == 0; vide = true;
    contenu = new int[n];
  }
```

Modularité en Java (2/4)

```
public static void ajouter (int x, FIFO f) {
    if (f.pleine)
        throw new Error ("File Pleine.");
    f.contenu[f.fin] = x;
    f.fin = (f.fin + 1) % f.contenu.length;
    f.vide = false; f.pleine = f.fin == f.debut;
  }

public static int supprimer (FIFO f) {
    if (f.vide)
        throw new Error ("File Vide.");
    int res = f.contenu[f.debut];
    f.debut = (f.debut + 1) % f.contenu.length;
    f.vide = f.fin == f.debut; f.pleine = false;
    return res;
  }
```

Modularité en Java (3/4)



L'« interface » public est visible, l'implémentation est opaque.

En Java, le mot-clé interface a une autre signification. Dans certains langages de programmation (Modula, ML), il y a une distinction entre interfaces et implémentations, permettant la compilation séparée.

Modularité en Java (4/4)

```
public class FIFO {
  private Liste debut, fin;
  public FIFO (int n) { debut = null; fin = null; }

  public static void ajouter (int x, FIFO f) {
    if (f.fin == null) f.debut = f.fin = new Liste (x);
    else {
      f.fin.suivant = new Liste (x);
      f.fin = f.fin.suivant;
    }
  }

  public static int supprimer (FIFO f) {
    if (f.debut == null) throw new Error ("File Vide.");
    else {
      int res = f.debut.val;
      if (f.debut == f.fin) f.debut = f.fin = null;
      else f.debut = f.debut.suivant;
      return res;
    }
  }
```

⇒ Mêmes signatures pour les variables et fonctions publiques dans les deux implémentations (constructeur compris).

Espace des noms (1/4)

- En Java, structures de données = objets (ou tableaux).
  ⇒ Beaucoup de classes, de fichiers `.class`,
  ⇒ risques de collisions dans l'espace des noms.

- les classes sont regroupées en paquetages.

```
package ma_lib1;
public class FIFO {...}
```

ou

```
package ma_lib2;
public class FIFO {...}
```

- On importe un paquetage pour l'utiliser :

```
import ma_lib1.FIFO;
class Test {
    public static void main (String[ ] args) {
    int n = Integer.parseInt (args[0]);
    FIFO f = new FIFO (n);
    for (int i = 1; i < args.length; ++i)
      if (args[i].equals ("-") )
        System.out.println (FIFO.supprimer(f));
      else {
        int x = Integer.parseInt (args[i]);
        FIFO.ajouter (x, f);
} } }
```

Espace des noms (2/4)

- L'instruction

  package $\text{id}_1.\text{id}_2.\ldots.\text{id}_k$;

  qualifie les noms des champs publics d'une unité de compilation

- exemples de noms qualifiés :

  - `ma_lib1.FIFO`, `ma_lib1.FIFO.ajouter`, `ma_lib1.FIFO.supprimer` (premier paquetage)
  - `ma_lib2.FIFO`, `ma_lib2.FIFO.ajouter`, `ma_lib2.FIFO.supprimer` (deuxième paquetage)

- on référence ces champs publics avec leurs noms qualifiés (classe `Test`)

- ou avec une forme courte si on importe la classe avant son utilisation

  import $\text{id}_1.\text{id}_2.\ldots.\text{id}_k.C$;

  où C est un nom de classe ou le symbole $*$ pour importer toutes les classes d'un paquetage.

Espace des noms (3/4)

- L'emplacement des paquetages dépend de deux paramètres :
  - le nom $\mathrm{id}_1.\mathrm{id}_2.\ldots.\mathrm{id}_k$ qui désigne l'emplacement $\mathrm{id}_1/\mathrm{id}_2/\ldots/\mathrm{id}_k$ dans l'arborescence des répertoires du système de fichiers.
  - la variable d'environnement `CLASSPATH` qui donne une suite de racines à l'arborescence des paquetages.

- forme compressée des répertoires : fichiers `.jar` (*java archives*). Ils contiennent une arborescence de paquetages en un seul fichier (cf. la commande Unix `jar`). Les fichiers `.zip` sont aussi utilisables.

- La valeur de `CLASSPATH` est fixée par une commande Unix :

  `setenv CLASSPATH ".:$HOME/if431/DM1:/users/profs/info/chassignet/Jaxx"`

  (pour `csh`, `tcsh`) ou

  `export CLASSPATH=".:$HOME/if431/DM1:/users/profs/info/chassignet/Jaxx"`

  (pour `sh`, `bash`).

Espace des noms (4/4)

- Un fichier `.java` démarre souvent comme suit :

```
package ma_lib1;
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.awt.*;
```

  Cette unité de compilation fera partie du paquetage `ma_lib1` et importe les paquetages :

  - `java.util` qui contient des classes standards pour les tables, les piles, les tableaux de taille variable, etc.
  - `java.io` qui contient les classes d'entrées-sorties.
  - `java.awt` qui contient les classes graphiques.
  - `java.math` qui contient les classes mathématiques.

- Cf. la liste des paquetages sous la rubrique *Les classes de Java* dans la page web du cours.

- Si aucun paquetage précisé, l'unité de compilation fait partie du paquetage anonyme localisé dans le répertoire courant.

Contrôle d'accès (1/2)

Pour les membres d'une classe, il y a 3 types d'accès :

- public pour permettre l'accès depuis toutes les classes.
- private pour restreindre l'accès aux seules expressions ou fonctions la classe courante.
- par défaut pour autoriser l'accès depuis toutes les classes du même paquetage.

Exercice 1 Montrer qu'on accède facilement aux champs ou fonctions des classes compilées dans le même répertoire.

Contrôle d'accès (2/2)

Pour les membres d'un paquetage, il y a 2 types d'accès :

- une classe publique peut être accédée de l'extérieur de son paquetage
- une classe sans qualificatif n'est accessible que depuis son paquetage
- de l'extérieur du paquetage, double-protection : classe + champ doivent être publics
- Remarque : le *class loader* ne vérifie pas cette discipline, car il accède à la méthode `main` sans que sa classe ne soit publique !
- une seule classe publique C par unité de compilation
  $\Rightarrow$ une seule classe publique par fichier C`.java`
  (Certains compilateurs sont laxistes. Mais mieux vaut privilégier la portabilité)

Programmation par objets (1/3)

- programmation procédurale $\simeq$ Fortran, Algol, Pascal, C, Ada, ML, Caml, Haskell, programmation fonctionnelle
- programmation dirigée par les données = programmation par objets, Simula, Smalltalk, C++, Eiffel, Java

	modification des données	modification du programme
programmation procédurale	changement global	changement local
programmation par objets	changement local	changement global

- Dans un univers où les données sont proches les unes des autres, la programmation par objets peut être avantageuse.
- L'Exemple est une boîte à outils graphique, où on ne code que des incréments.

Programmation par objets (2/3)

Un autre argument est souvent avancé par les pro-objets :

- la modularité : les objets favorisent le regroupement des fonctions et des données $\Rightarrow$ structuration.

Mais

- La modularité provient aussi de l'accessibilité des champs définis dans chaque classe et de la compositionnalité (un module est construit à partir d'autres modules).
- modularité $\not\Rightarrow$ programmation par objets (cf. Modula, ML)

Programmation par objets (3/3)

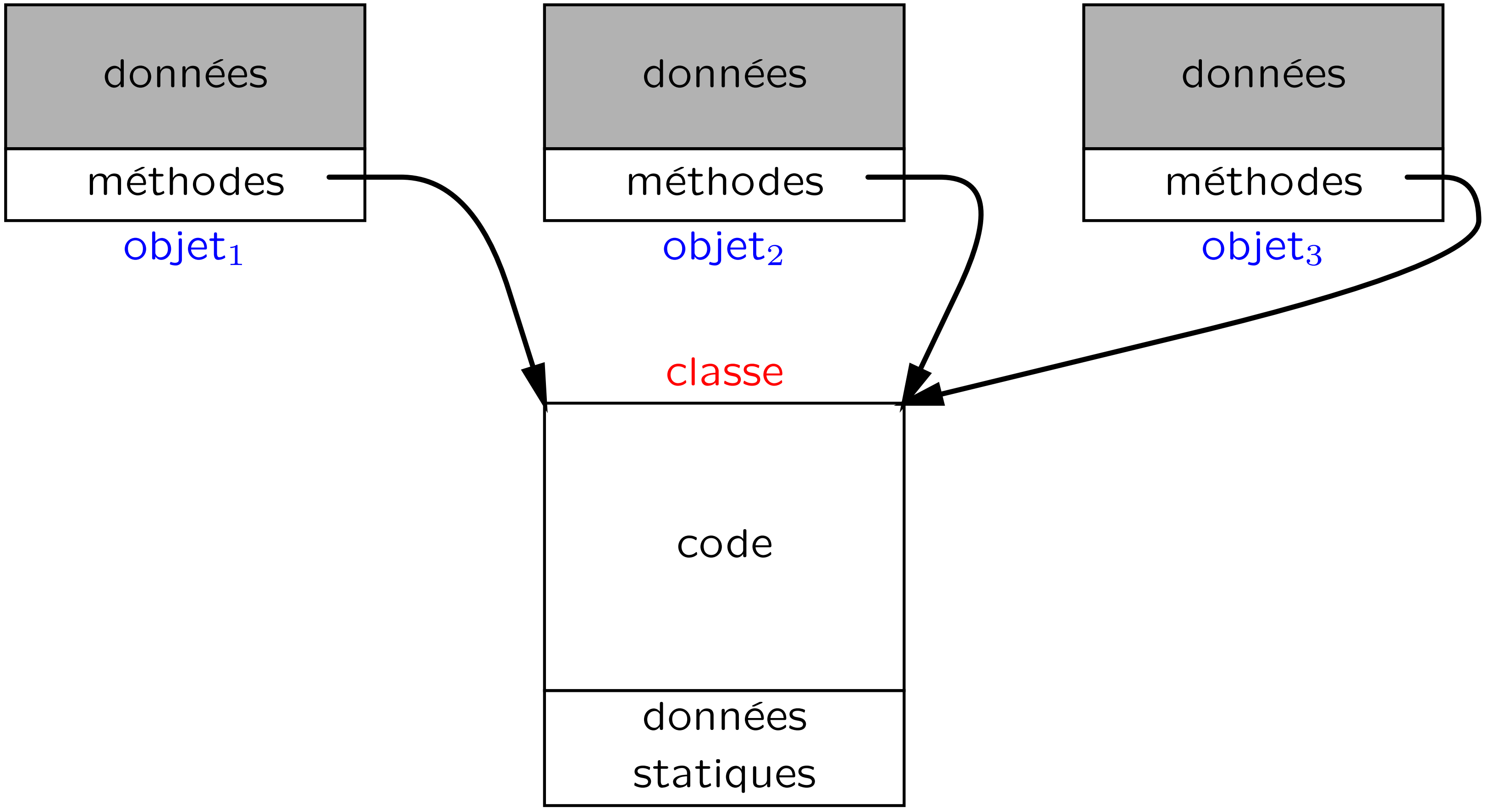
L'argument supplémentaire est celui de la

programmation incrémentale

- l'héritage :
  - une classe peut être sous-classe d'une autre classe.
  - Dans la sous-classe, on ajoute ou on redéfinit des champs ou méthodes. On dit qu'on a spécialisé ces champs ou méthodes.
  - Quand une méthode est appelée, on utilise la méthode la plus spécialisée, c'est-à-dire appartenant à la plus petite sous-classe contenant l'objet.
- héritage simple en Java : une classe n'est sous-classe que d'une seule classe $\Rightarrow$ pas d'ambiguité sur la méthode à appeler. En C++, Smalltalk ou Ocaml, l'héritage est multiple.

Objets

Les objets sont les instances d'une classe. Ils ont un état (la valeur de leurs champs de données) et un ensemble de méthodes attachées.



Sous-classe et sous-typage (1/6)

```
class Point { // ——————————— Version 1
  double x, y;
  static void translation (Point p, double dx, double dy) {
    p.x = p.x + dx; p.y = p.y + dy;
  }

  static void rotation (Point p, double theta) {
    double x = p.x * Math.cos(theta) - p.y * Math.sin(theta);
    double y = p.x * Math.sin(theta) + p.y * Math.cos(theta);
    p.x = x; p.y = y;
} }

class PointC extends Point {
  final static int JAUNE = 0, ROUGE = 1;
  int c;
  PointC (double x0, double y0, int col) { x = x0; y = y0; c = col;}

  public static void main (String[ ] args) {
    PointC p = new PointC(3, 4, JAUNE) ;
    rotation (p, Math.PI/2);
} }
```

Sous-classe et sous-typage (2/6)

Version 1

- La classe `PointC` est une sous-classe de `Point`.
- Conversion implicite de `PointC` en `Point`.

$\Downarrow$

Version 2

On change la signature de `Rotation` pour rendre un `Point` comme résultat :

- conversion implicite pour passer un `PointC` en `Point` comme argument à `Rotation` ;
- conversion explicite (*cast*) de `Point` en `PointC` pour utiliser le résultat de `Rotation` comme `PointC`.

Sous-classe et sous-typage (3/6)

```
class Point { // ———————————— Version 2
  double x, y;
  static void translation (Point p, double dx, double dy) {
    p.x = p.x + dx; p.y = p.y + dy;
  }

  static Point rotation (Point p, double theta) {
    double x = p.x * Math.cos(theta) - p.y * Math.sin(theta);
    double y = p.x * Math.sin(theta) + p.y * Math.cos(theta);
    p.x = x; p.y = y;
    return p;
} }

class PointC extends Point {
  final static int JAUNE = 0, ROUGE = 1;
  int c;
  PointC (double x0, double y0, int col) { x = x0; y = 0; c = col;}

  public static void main (String[ ] args) {
    PointC p = new PointC(3, 4, JAUNE) ;
    p = (PointC) rotation (p, Math.PI/2); // cast nécessaire
} }
```

Sous-classe et sous-typage (4/6)

Version 2 et Version 3

- En Java, chaque objet possède un certain type lors de sa création.
- L'objet conserve ce type pendant toute sa durée de vie (contrairement à Pascal, ML, C, C++) : typage dynamique des objets.
- L'opérateur instanceof teste l'appartenance d'un objet à une classe. Ainsi :

```
if (p instanceof PointC)
  system.out.println ("couleur = " + p.c);
```

- Donc l'expression `(PointC) p` équivaut à :

```
if (p instanceof PointC)
  p
else
  throw new ClassCastException();
```

Sous-classe et sous-typage (5/6)

```
class Point { // ——————————— Version 3
  double x, y;
  static void translation (Point p, double dx, double dy) {
    p.x = p.x + dx; p.y = p.y + dy;
  }

  static Point rotation (Point p, double theta) {
    double x = p.x * Math.cos(theta) - p.y * Math.sin(theta);
    double y = p.x * Math.sin(theta) + p.y * Math.cos(theta);
    return new Point(x, y);
} }

class PointC extends Point {
  final static int JAUNE = 0, ROUGE = 1;
  int c;
  PointC (double x0, double y0, int col) { x = x0; y = 0; c = col;}

  public static void main (String[ ] args) {
    PointC p = new PointC(3, 4, JAUNE) ;
    p = (PointC) rotation (p, Math.PI/2); // lève ClassCastException
} }
```

Sous-classe et sous-typage (6/6)

L'opérateur + de concaténation appelle toujours la méthode (publique) `toString` de la classe de son argument. On peut spécialiser cette méthode :

```
class Point {
  double x, y;
  ...
  public String toString() { return "(" + x + ", " + y + ")"; }
}

class PointC extends Point {
  final static int JAUNE = 0, ROUGE = 1;
  int c;
  ...
  public String toString() { return "(" + x + ", " + y + ", " + c + ")"; }

  public static void main (String[ ] args) {
    PointC p = new PointC(3, 4, JAUNE) ;
    System.out.println (p);
} }
```

Remarque : `System.out.print(x)` = `System.out.print(x.toString())`

Résumé

- une classe contient un ensemble de champs (données ou fonctions)
- une sous-classe contient au moins tous les champs de sa classe parente, et un certain nombre de nouveaux champs.

- une sous-classe peut redéfinir (spécialiser) un certain nombre de champs de sa classe parente (*overriding*).
- les méthodes redéfinies doivent avoir la même signature (arguments et résultat) que dans la sur-classe.
- les méthodes redéfinies doivent fournir au moins les mêmes droits d'accès.

- spécialisation $\Rightarrow$ héritage (cf. plus tard)
- En Java, sous-classe $\Rightarrow$ sous-typage $\Rightarrow$ conversion implicite pour passer à une sur-classe.
- Conversion explicite pour passer dans une sous-classe.

Contrôle d'accès et sous-classes

Les champs ou méthodes d'une classe peuvent être :

- public pour permettre l'accès depuis toutes les classes,
- private pour restreindre l'accès aux seules expressions ou fonctions la classe courante,
- par défaut pour autoriser l'accès depuis toutes les classes du même paquetage,
- protected pour restreindre l'accès aux seules expressions ou fonctions de sous-classes de la classe courante.

Exercice 2 Comment donner un accès public aux objets d'une classe, tout en contrôlant leurs créations, i.e. en interdisant les accès publics aux constructeurs ?

Types disjonctifs et classes (1/4)

Programmation récursive simple des ASA :

Données : t terme, e liste d'association de valeurs aux variables.

But : calcul la valeur du terme t dans l'environnement e.

Méthode utilisée : induction structurelle sur les ASA.

```
static int evaluer (Terme t, Environnement e) {
  switch (t.nature) {
  case ADD: return evaluer (t.a1, e) + evaluer (t.a2, e);
  case SUB: return evaluer (t.a1, e) - evaluer (t.a2, e);
  case MUL: return evaluer (t.a1, e) * evaluer (t.a2, e);
  case DIV: return evaluer (t.a1, e) / evaluer (t.a2, e);
  case CONST: return t.val;
  case VAR: return assoc (t.nom, e);
  default: throw new Error ("Erreur dans evaluation");
} }

static int assoc (String s, Environnement e) {
  if (e == null) throw new Error ("Variable non définie");
  if (e.nom.equals(s)) return e.val;
  else return assoc (s, e.suivant);
}
```

Types disjonctifs et classes (2/4)

Programmation par objets des ASA :

Une classe abstraite peut contenir quelques champs indéfinis.

```
abstract class Terme {
  abstract int eval (Environnement e);
  abstract public String toString ();
}

class Add extends Terme {
  Terme a1, a2;
  Add (Terme x, Terme y) {a1 = x; a2 = y; }
  int eval (Environnement e) { return a1.eval(e) + a2.eval(e); }
  public String toString () { return "(" + a1 + " + " + a2 + ")"; }
}

class Mul extends Terme {
  Terme a1, a2;
  Mul (Terme x, Terme y) {a1 = x; a2 = y; }
  int eval (Environnement e) { return a1.eval(e) * a2.eval(e); }
  public String toString () { return "(" + a1 + " * " + a2 + ")"; }
}
```

Types disjonctifs et classes (3/4)

```
class Const extends Terme {
  int valeur;
  Const (int n) { valeur = n; }
  int eval (Environnement e) { return valeur; }
  public String toString () { return valeur + ""; }
}

class Var extends Terme {
  String nom;
  Var (String s) { nom = s; }
  int eval (Environnement e) { return Environnement.assoc(nom, e); }
  public String toString () { return nom; }
}

class Sub extends Terme {
  Terme a1, a2;
  Sub (Terme x, Terme y) {a1 = x; a2 = y; }
  int eval (Environnement e) { return a1.eval(e) - a2.eval(e); }
  public String toString () { return "(" + a1 + " - " + a2 + ")"; }
}
```

Types disjonctifs et classes (4/4)

```
class Test {
    public static void main (String[ ] args) {
    ...
    Terme t = expression();
    System.out.println (t);
    Environnement e = ... ;
    System.out.println (t.eval(e));
  }
}
```

Exercice 3 Ecrire la méthode `equals` qui teste l'égalité (structurelle) de deux termes.

Exercice 4 Calculer la dérivée d'un terme arithmétique en programmation par objets.

Exercice 5 Ecrire la méthode de belle-impression de termes arithmétiques en programmation par objets.

Procédural ou Objets ?

- choix du contrôle : par les fonctions ou par les données ?
- le style de programmation diffère entre petits programmes et gros programmes ($> 10^4$ lignes).
- dépend de la stratégie de modification.
- en dernière analyse, c'est affaire de goût.
- objets $\neq$ modularité.
- programmation par objets utilisée dans les boîtes à outils graphiques (*look* commun à toutes les fenêtres) et réseau (données et méthodes se déplacent simultanément).
- programmation incrémentale très populaire dans l'industrie.