Inf 431 – Cours 8

Programmation par objets
Librairies graphiques

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. Sous-typage et héritage
2. Héritage et Surcharge
3. Classes abstraites et interfaces de Java

4. Initialisation des classes
5. Racine de la hiérarchie des classes
6. Réflexivité
7. Polymorphisme en Java

8. Interfaces graphiques
9. Entrée graphique
10. Exemples d'utilisation d'AWT

Sous-classes $\leftrightarrow$ sous-typage (1/2)

- Notation :
  $x : t$ signifie que la variable Java x est de type t.
  $t <: t'$ signifie $x : t \Rightarrow x : t'$ pour tout x. (conversion implicite)
  On dit que t est un sous-type de t'.
- En Java,
  byte $<:$ short $<:$ int $<:$ long   float $<:$ double   char $<:$ int
  $C <: C'$ si C est une sous-classe de C'.
  Par exemple `PointC` $<:$ `Point`.
- Posons
  $t \to t'$ pour le type des fonctions de t dans t',
  $t \times t'$ pour le type du produit cartésien de t et t'.
- Alors
  $t <: t'$ et $u <: u' \quad \Rightarrow \quad t' \to u <: t \to u'$
  $t <: t'$ et $u <: u' \quad \Rightarrow \quad t \times u <: t' \times u'$.
  ($<:$ contravariant à gauche et covariant à droite de $\to$)

Sous-classes $\leftrightarrow$ sous-typage (2/2)

- Exemple de dérivations de types :

  `rotation:` `Point` $\times$ double $\rightarrow$ `Point`

  `PointC` $<:$ `Point`

  `PointC` $\times$ double $<:$ `Point` $\times$ double

  `Point` $\times$ double $\rightarrow$ `Point` $<:$ `PointC` $\times$ double $\rightarrow$ `Point`

  `rotation:` `PointC` $\times$ double $\rightarrow$ `Point`

  mais on ne peut pas dériver :

  `rotation:` `PointC` $\times$ double $\rightarrow$ `PointC`

Exercice 1 Donner la loi de sous-typage pour les tableaux.

Théorie plus compliquée en présence de polymorphisme ou de méthodes binaires

$\Rightarrow$ sous-classe ne correspond plus à la notion de sous-typage.

$\Rightarrow$ Ocaml, GJ (Generic Java = Java 1.5), Generic C#

La théorie des types est introduite dans le cours Principes des Langages de Programmation de Majeure 1. Cf. livre de Benjamin Pierce ou de Abadi-Cardelli.

Notation objet et héritage

C est une classe et o un objet de cette classe ($o : C$)

	statique	« dynamique »
variable	$C.x$	$o.x$
fonction	$C.f()$	$o.f()$

En terminologie objet, fonction $=$ méthode.

Exemples quand on déclare `String s,t;` et `Point p;`

	`System.in`	`p.x`
	`Point.rotation(p)`	`s.equals(t)`

- $o.f(\ldots)$ est l'application de la méthode la plus spécialisée s'appliquant à o.
- C'est l'application de f tel que

$o : C$	f méthode de C	C minimum pour $<:$

Dans l'évaluation de f, alors this vaudra o.

Exercice 2 Expliquer la notation `System.out.println`.

Héritage et surcharge (1/3)

- la surcharge est déterminée à la compilation
- l'héritage est dynamique ;
  la méthode est sélectionnée à l'exécution
- l'héritage permet d'appeler une méthode sans savoir exactement quelle sous-classe va l'instancier (liaison tardive) ;
  objets = monde ouvert

Exercice 3 Quelle est la valeur imprimée par le programme suivant ?

```
class C {
  void f() { g(); }
  void g() { System.out.println(1); }
} }

class D extends C {
  void g() { System.out.println(2); }

  public static void main (String[ ] args) {
    D x = new D();
    x.f();
} } Exécution
```

Héritage et surcharge (2/3)

Exercice 4 Quel est le résultat produit par le programme suivant quand $T, T' \in \{A, B\}$ et $U, U' \in \{A, B\}$ avec $T' <: T$ et $U' <: U$?

```
class A {
  public static void main (String[ ] args) {
    T x = new T'(); U y = new U'();
    System.out.println (x.f(y));
  }

  int f (A y) {return 1; }
}

class B extends A {
  int f (B y) {return 2; }
} Exécution
```

Héritage et surcharge (3/3)

- héritage simple, chaque classe a une seule classe parente : super
- super.`f` est la méthode `f` de la classe parente
- super`()` (avec d'éventuels arguments) est le constructeur (appelé par défaut) de la classe parente

- un champ final ne peut être redéfini.
  (On peut donc optimiser sa compilation).
- pour définir des constantes, on écrit
  `final static int JAUNE = 0, ROUGE = 1;`
- une classe final ne peut être spécialisée.

Classes abstraites – Interfaces (1/2)

- Une classe abstraite contient des champs indéfinis.
- ⇒ on ne peut créer que des objets de classes non abstraites.

- Un interface est une classe abstraite dont tous les champs sont indéfinis.
  Ses champs de données sont constants ;
  ses méthodes sont abstraites et publiques.
- Un interface peut spécialiser un autre interface.
- Une classe peut implémenter un ou plusieurs interfaces
  ⇒ Héritage multiple pour les interfaces.
- Notion différente des interfaces de Modula, ML, Ada, Mesa. En Java, la classe qui les implémente porte un nom différent.
- Pas de fonctions statiques, ou champs de données modifiables dans un interface.
- Les interfaces sont une bonne manière d'exiger la présence de certains champs dans une classe.

Classes abstraites – Interfaces (2/2)

```
public interface Couleur {
  final int ROUGE = 0, JAUNE = 1;
}

interface PointCirculaire {
  void static rotation (Point p, double theta);
}

interface PointMobile {
  void static translation (Point p, double dx, double dy);
}

class Point implements PointCirculaire, PointMobile {
  ...
}
```

Exercice 5 Quel type utilise-t-on pour référencer les objets d'une classe implémentant un interface ?

Exercice 6 Même question à l'intérieur de la classe implémentant l'interface ?

Initialisation des classes

Le mot-clé static suivi d'un bloc d'instructions permet de faire une initialisation de la classe à son chargement (lors du premier accès à un de ses champs).

```
class Point {
  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);
  }

  static {
    System.out.println ("La classe Point vient d'être chargée");
  }
}
```

Racine de la hiérarchie des classes

`Object` est la classe la plus générale :

$$\forall C \quad C <: \texttt{Object}$$

(C est une classe ou un tableau quelconque).

- La hiérarchie des classes est une simple arborescence.
- Les méthodes de `Object` sont

  `clone`, **`finalize`**, **`getClass`**, **`hashCode`**, **`notify`**, **`notifyAll`**, **`wait`**, **`equals`**, **`toString`**.
- Seules **`equals`**, **`toString`**, **`finalize`** peuvent être redéfinies.
- Tous les objets contiennent ces méthodes.

- On convertit les scalaires int, float, char, ... en objets avec un « conteneur » :

```
int x = 3;
Objet xobj = new Integer(x);
int y = xobj.intValue();
```

Réflexivité

- Toutes les classes C dans un environnement courant sont réifiées en objets de la classe `Class`.

```
void printClassName(Object x) {
  System.out.println("La classe de " + x
                     " est " + x.getClass().getName());
}
```

$\Rightarrow$ les données de l'interpréteur (JVM) peuvent être réifiées.

- On peut agir sur l'environnement courant (réflexion)
- Ce genre de programmation est à banir, car souvent obscure.
- La réflexivité est utilisée pour faire des débogueurs.

Polymorphisme (1/3)

Pas de polymorphisme en Java (avant 1.5). Pour l'approximer, on peut tenter de se servir de la classe `Object`.

```
class Liste {
  Object valeur; Liste suivant;

  static int length (Liste x) {
    if (x == null) return 0;
    else return 1 + length (x.suivant);
  }

  static Liste append (Liste x, Liste y) {
    if (x == null) return y;
    else return new Liste(x.valeur, append(x.suivant, y));
  }
}
```

Marche pour `length`, mais pas pour `append` où on doit faire des conversions explicites.

Polymorphisme (2/3)

ou en style orienté-objet.

```
abstract class Liste {
  abstract int length () ;
  abstract Liste append (Liste y);
}

class Nil extends Liste {
  int length () { return 0; }
  Liste append (Liste y) { return y; }
}

class Cons extends Liste {
  Object valeur; Liste suivant;

  static int length () { return 1 + suivant.length(); }
  static Liste append (Liste y) {
    return new Cons(valeur, suivant.append(y));
  }
}
```

Exercice 7 Comment calculer la longueur d'une liste d'entiers à partir de la fonction précédente.

Polymorphisme (3/3)

- GJ (*Generic Java*) défini par [Bracha, Odersky, Stoutamire, Wadler, 1997].
- En Java 1.5, on peut avoir des variables de types

```
public class LinkedList<E> {
  void add (int i, E x) { ... }
  E get (int i) { ... }
  E getFirst () { ... }
  ListIterator<E> listIterator(int i) { ... }
}

public interface ListIterator<E> extends Iterator<E>
  boolean hasNext();
  E next();
}
```

- génériques de Java $\neq$ génériques de C++ (*templates*)
  pas de duplication du code
- polymorphisme total $\Rightarrow$ ML, Caml, Ocaml

Procédural ou Objets ?

(bis)

- 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 : affaire de goût.
- objets $\neq$ modularité.
- programmation par objets utilisée dans :
  - les boîtes à outils graphiques (*look* commun à toutes les fenêtres)
  - réseau (données et méthodes se déplacent simultanément).
- programmation incrémentale très populaire dans l'industrie.

Paquetages et Classes graphiques

On utilisera (au choix) 3 bibliothèques graphiques :

- MacLib, plus simple, locale à l'X. Pour trouver la documentation consulter le lien suivant

  `http://www.enseignement.polytechnique.fr/profs/informatique/Philippe.Chassignet/MACLIB/Java/maclib_java.html`

- AWT (*Abstract Window Toolkit*) de Sun Microsystems, dans la version 1.1. Orienté-objet. Compatible avec les classes des appliquettes *applet*, exécutables sous un navigateur.

- Swing de Sun Microsystems, pour les versions plus récentes de JDK. Avec une boîte à outils plus garnie.

MacLib (1/2)

Initialement compatible avec *QuickDraw* du MacInstosh.

```
class Lissajoux {
  static final double X0 = 100, Y0 = 100, K = 80, A = 3, B = 2, D = 0.9;

  static int X(double t) { return (int) (X0 + K*Math.cos(A*t)); }
  static int Y(double t) { return (int) (Y0 + K*Math.sin(B*t+D)); }

  public static void main(String[ ] args) {
    final int N = 120;
    double t = 0;
    MacLib.initQuickDraw(); // initialisation du graphique
    MacLib.moveTo(X(0), Y(0));
    for (int i = 0; i < N; ++i) {
      t = t + 2 * Math.PI/N;
      MacLib.lineTo(X(t), Y(t));
} } } Exécution
```

Merci à Philippe Chassignet (LIX).

MacLib (2/2)

Ou avec la notation objets :

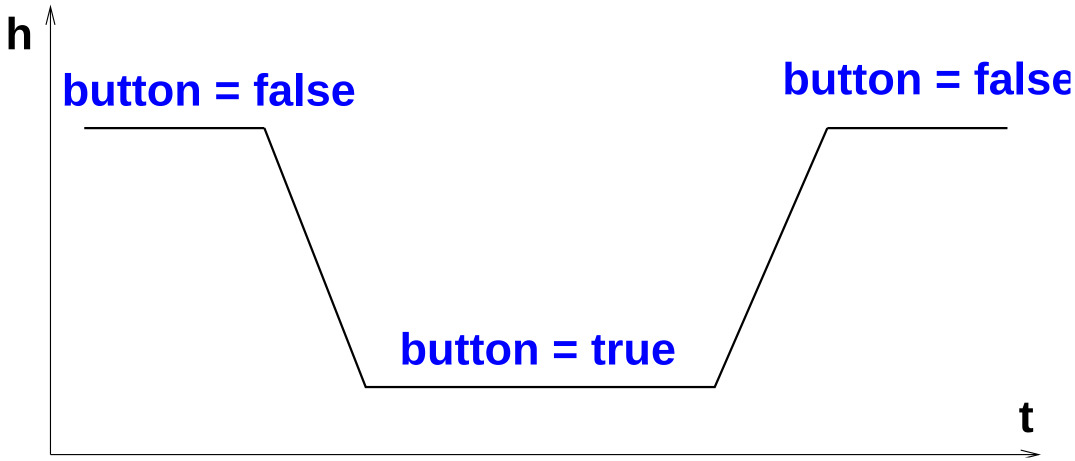
```
class Lissajoux {
  static final double X0 = 100, Y0 = 100, K = 80, A = 3, B = 2, D = 0.9;

  static int X(double t) { return (int) (X0 + K*Math.cos(A*t)); }
  static int Y(double t) { return (int) (Y0 + K*Math.sin(B*t+D)); }

  public static void main(String[ ] args) {
    final int N = 120;
    double t = 0;
    GrafPort g = new GrafPort("mon dessin");
    g.moveTo(X(0), Y(0));
    for (int i = 0; i < N; ++i) {
      t = t + 2 * Math.PI/N;
      g.lineTo(X(t), Y(t));
} } }
```

Permet d'avoir plusieurs `GrafPort`.

Entrée graphique (1/3)



Front descendant

(ne pas oublier d'attendre le front montant)

```
for(;;) {
    while (!g.button())
        ;
    Point p = g.getMouse ();
    while (g.button())
        ;
    action (p.h, p.v);
}
```

Attente active (*busy wait*).

Front montant (plus sûr)

```
for (;;) {
    while (!g.button())
        ;
    while (g.button())
        ;
    Point p = g.getMouse ();
    action (p.h, p.v);
}
```

Entrée graphique (2/3)

- in.read() est blocant
  $\Rightarrow$ problème pour lire simultanément le clavier et la souris.
- problème de la séquentialité. Il faut gérer l'asynchronie.
- solution 1 : avoir un *read* non blocant
- solution 2 : faire des processus et gérer le parallélisme asynchrone.
- solution 3 : avoir une structure d'événements gérés par le système. Par exemple le pilote (*driver*) d'événements de X-window.
- solutions plus sophistiquées
  - *callbacks* dans la programmation par objets
  - langages spécialisés pour gérer modulairement les interactions : Squeak `[Cardelli-Pike]` ; Esterel `[Berry-` $\cdots$`]` cas particulier des systèmes réactifs.
- pour double-click, il faut estampiller les événements par le temps.

Entrée graphique (3/3)

- En style procédural :
  Un programme d'interaction a typiquement la structure suivante

```
for (;;) {
  Event e = nextEvent();
  switch (e.type) {
  case keyPressed: ... break;
  case keyReleased: ... break;
  case mousePressed: ... break;
  case mouseReleased: ... break;
  ...
  }
}
```

  ⇒ peu modulaire, car la boucle principale d'interaction *multiplexe* toutes les interactions.

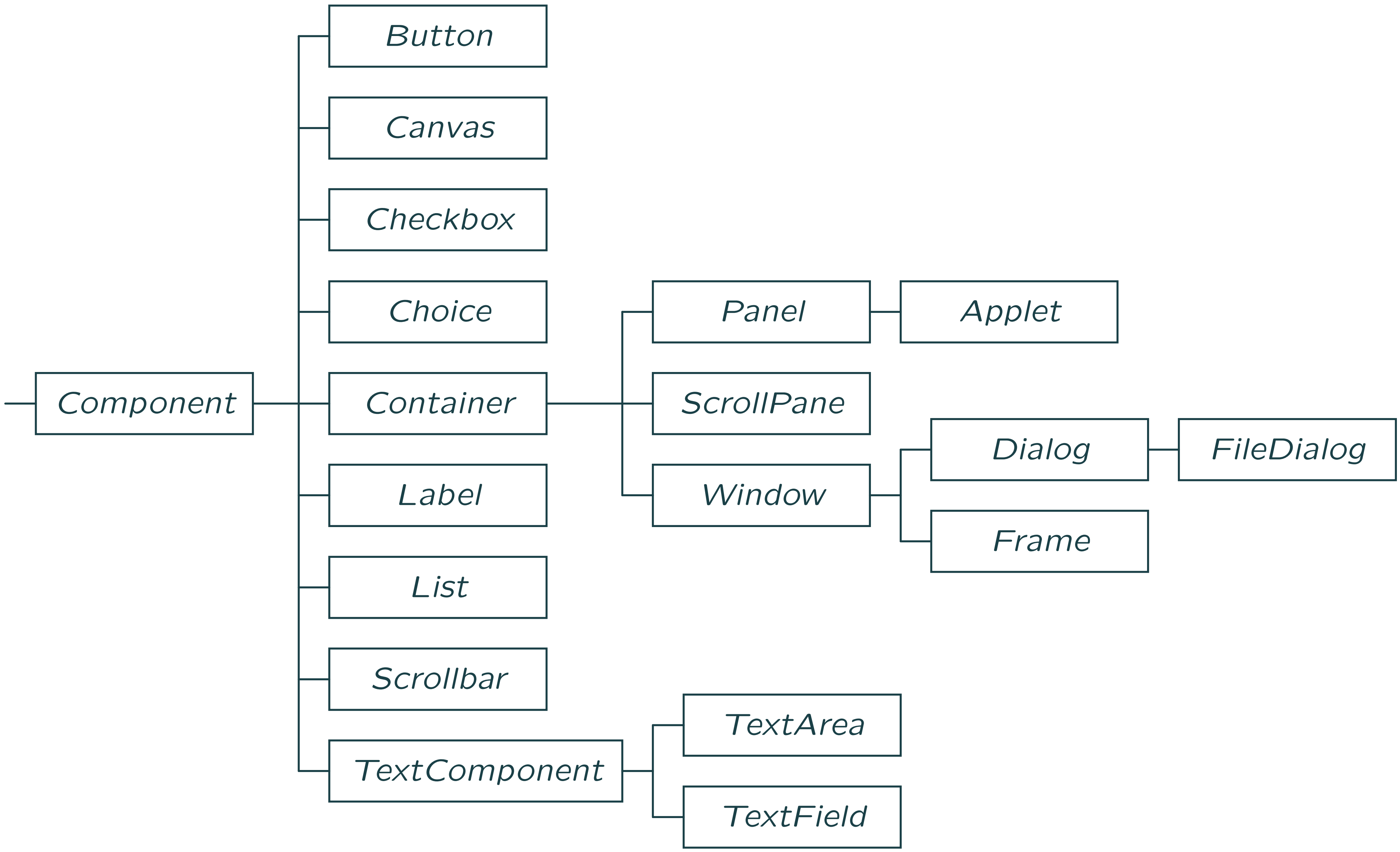
- En programmation par objets : La structure des classes permet d'y remédier en hiérarchisant les récepteurs possibles pour chaque événement (cf. AWT).

- Remarque : en style procédural, avec la présence de primitives pour les automates non déterministes, on y arriverait tout aussi bien (exemple des langages réactifs).

Librairie AWT

Un interface utilisateur graphique (*GUI*) est formé de :

- composants (*component*) : boutons, canevas, *checkbox*, choix, *container*, étiquette, liste de textes, barre de déroulement, texte, etc.
- conteneurs (*container*) : listes de composants, affichés de devant vers l'arrière. Plusieurs types de conteneurs : les panneaux, les appliquettes, les zones de déroulement, les fenêtres ou les cadres (*frames*), . . .
- détecteurs (*listeners*) d'événements attachés à des composants par la méthode `addXXXListener`.
  On spécialise les méthodes dans ces détecteurs pour engendrer des actions spécifiques.
- Modèle/Présentation/Contrôle (*MVC*) sont séparés (comme en Smalltalk).


Component
Button
Canvas
Checkbox
Choice
Container
Label
List
Scrollbar
TextComponent
Panel
Applet
ScrollPane
Window
Dialog
FileDialog
Frame
TextArea
TextField

awt

Fenêtre graphique

```
import java.awt.*;
class Frame1 {
  public static void main (String[ ] args) {
    Frame f = new Frame ("Bonjour");
    f.add ("Center", new Label ("Bonjour les élèves!", Label.CENTER));
    f.setSize (300, 100);
    f.setVisible(true);
} } Exécution
```

ou en programmation par objets :

```
class Frame2 extends Frame {
  Frame2 (String s) {
    super(s);
    add ("Center", new Label ("Bonjour les élèves!", Label.CENTER));
    setSize (300, 400);
    setVisible(true);
  }
  public static void main (String[ ] args) {
    Frame2 f = new Frame2 ("Bonjour");
} } Exécution
```

Contexte graphique

```
class Frame3 extends Frame {
  Frame3 (String s) {
    super(s);
    add ("North", new Label ("Bonjour les élèves!", Label.CENTER));
    setSize (300, 400);
    setVisible(true);
  }

  public static void main (String[ ] args) {
    Frame3 f = new Frame3 ("Frame2");
  }

  public void paint (Graphics g) {
    int w = getSize().width;
    int h = getSize().height;
    int x = w/2; int y = h/2;
    g.setColor(Color.red);
    g.fillRect(x-w/4, y-w/4, w/4, w/2);
    g.setColor(Color.yellow);
    g.fillRect(x, y-w/4, w/4, w/2);
  }
} Exécution
```

Les méthodes `paint` et `repaint` affichent les composants.

Un bouton avec interaction

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;

public class Frame4 extends Frame {
  Button q = new Button ("Quit");

  public Frame4 (String title) {
    super (title);
    setLayout (new FlowLayout());
    add(q);
    setSize (300, 100);
    q.addActionListener (new Quit());
    setVisible(true);
  }

  public static void main (String[ ] args) {
    Frame4 f = new Frame4 (args[0]);
} }

class Quit implements ActionListener {
  public void actionPerformed (ActionEvent e) {
    System.exit(0);
} } Exécution
```

Deux boutons et un texte

```
public class Frame5 extends Frame {
  Button q = new Button ("Quit");
  Button a = new Button ("A");
  TextField t = new TextField (20);

  public Frame5 (String title) {
    super (title); setLayout (new FlowLayout());
    add(q); add(a); add(t);
    setSize (300, 100);
    q.addActionListener (new Quit());
    a.addActionListener (new ActionA(t, "Bouton a!"));
    setVisible(true);
  }
  ...
} }

class ActionA implements ActionListener {
  TextField t; String s;
  ActionA (TextField t0, String s0) { t = t0; s = s0; }

  public void actionPerformed (ActionEvent e) {
    t.setText(s);
} } Exécution
```

Une interaction à la souris

```
public class Frame6 extends Frame {
  public Frame6 (String title) {
    super (title);
    setLayout (new FlowLayout());
    add(q); add(a); add(t);
    validate();
    pack();
    addMouseListener (new ActionB(t, "Bouton relache'."));
    q.addActionListener (new Quit());
    a.addActionListener (new ActionA(t, "Bouton a!"));
    setVisible(true);
  }
  ...
}

class ActionB extends MouseAdapter {
  TextField t; String s;
  ActionB (TextField t0, String s0) {t = t0; s = s0; }

  public void mouseReleased (MouseEvent e) {
    t.setText(s);
  } Exécution
```

Evénements souris

- événements souris : bouton enfoncé, bouton relaché, souris déplacée, souris déplacée bouton enfoncé (*drag*), souris entrant sur un composant, souris sortant d'un composant.
- un détecteur d'événements-souris `MouseListener` est un interface contenant 5 méthodes `mousePressed`, `mouseReleased`, `mouseClicked`, `mouseEntered`, `mouseExited`.
- un `MouseAdapter` est une implémentation de l'interface précédent avec les 5 méthodes vides. Ainsi on ne définit que les méthodes à spécifier.
- les méthodes `getX()`, `getY()`, `getPoint()` retournent les coordonnées de l'événement.

Exercice 8 Programmer un petit interface utilisateur où on imprime les coordonnées du point courant sur un clic souris.

Exercice 9 Programmer un petit interface utilisateur qui dessine un vecteur entre deux points rentrés à la souris.