

# Programmation avec le langage Java

Norbert KAJLER, Fabien MOUTARDE

CCSI

Mines ParisTech

Norbert.Kajler@mines-paristech.fr ; Fabien.Moutarde@mines-paristech.fr

## INTRODUCTION

### Avertissement :

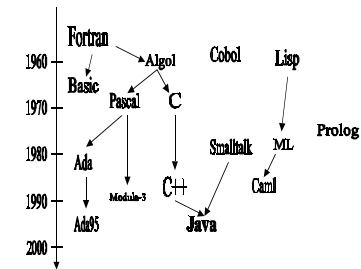
Ceci n'est PAS un polycopié, mais une simple copie de transparents, prévue pour faciliter le suivi des cours et la prise de notes manuscrites complémentaires.

## Plan

- Introduction
- Syntaxe de base p.17
  - Variables, types, portée p.19
  - Opérateurs p.49
  - Instructions de contrôle p.65
  - Fonctions p.81
  - Entrées-sorties standards p.97
  - Programme, compilation, exécution p.105
- Classes p.113
- Paquetages, import, javadoc,... p.137
- Héritage p.153
- Interfaces p.177
- Exceptions p.193
- Programmation générique p.209
- Threads p.225
- Paquetages standards p.241
- java.lang p.243
- Entrée-sorties : paquetage java.io p.273
- Collections, (+ dates, ...): java.util p.289
- Graphisme : p.321
  - Applets p.323
  - java.awt p.337
  - Événements p.361
  - javax.swing p.377
- Programmation réseau : java.net p.385
- Programmation distribuée : java.rmi p.393
- Accès bases de données : java.sql p.401
- JavaBeans p.409

## Les langages de programmation

- Niveaux et catégories de langages :
  - langage binaire
  - assembleur : instructions de base du processeur (transferts entre registres, addition, ...)
  - langages impératifs  
Basic, Fortran, Pascal, C, ...
  - langages fonctionnels  
Lisp, Caml, ...
  - langages orientés-objet  
SmallTalk, C++, Java,...



- Initialement, projet de la société Sun (rachetée depuis par Oracle) pour l'électronique grand public (1991)
- Transformé en langage pour le Web, sous le nom de « Java », grâce à sa portabilité (1994/95)
- Lancement officiel en mai 1995
- Après l'engouement pour les applets, Java est progressivement reconnu comme un langage à part entière
- Langage de programmation sans doute le plus utilisé aujourd'hui :
  - plusieurs millions de développeurs Java
  - nombreux outils de développement
  - 6 milliards d'objets avec une « machine virtuelle Java », dont 85% des téléphones portables et 91% des ordinateurs (chiffres 2008)

- 1996 : Java 1.0
- 1997 : Java 1.1
  - Modification du modèle des événements pour AWT, JDBC, RMI, ...
- 1998 : Java 1.2 (renommé Java2 version 1.2 ou J2SE 1.2)
  - Collections, Swing, Java2D, ...
- 2000 : v.1.3 (ou « Kestrel » ou J2SE 1.3)
- 2002 : v.1.4 (ou « Merlin » ou J2SE 1.3)
- 2004 : v.1.5 (ou « Tiger » ou J2SE 5.0 !!)
  - généricité (proche des templates de C++), types énumérés, autoboxing/unboxing des types primitifs dans les collections, web services, ...
- 2006 : v.1.6 (ou « Mustang » ou Java SE 6)
  - améliorations des performances (Swing notamment), interactions avec scripts (PHP, Python, Ruby, JavaScript), Java DB...
- 2011 : v.1.7 (ou « Dolphin » ou Java SE 7)
  - NIO (new I/O), try-with, améliorations de la généricité et des instructions switch, catch, ...

- **logiciels portables**
- **programmes fiables**  
(rigueur du langage => peu de bogues)
- **développement rapide**
- pages Web interactives (via les « applets »)
- logiciels (ou briques logicielles) téléchargeables, éventuellement automatiquement
- gestion de la sécurité (par défaut, accès restreint aux ressources locales pour les applets)

- Un langage orienté-objet :
  - portable
  - compilé puis interprété (bytecode+JVM)
  - robuste (typage fort, pas de pointeurs, garbage collector)
  - modulaire (packages)
  - intégrant le multi-threading
- une énorme librairie de classes standards

- Java est très proche de C++ (syntaxe de base identique à C et C++)
- Simplifications de Java (par rapport à C++) :
  - pas de manipulation de pointeurs sous forme d'adresse mémoire, gestion mémoire automatique (garbage collector)
  - pas de surcharge des opérateurs
  - pas d'héritage *multiple*
  - pas de préprocesseur
- Principaux ajouts (par rapport à C++) :
  - tableaux avec test de dépassement de bornes
  - chaînes de caractères sous forme de classe
  - notion d'interface
  - classe racine 'Object', introspection
  - structuration en paquetages
  - multi-threading incorporé
  - vaste bibliothèque de classes

- Plusieurs implantations disponibles du langage Java, dont celles d'origine ORACLE/SUN (créateur du langage)
- Pour exécuter du code Java : le « **JRE** » (Java Runtime Environment) d'ORACLE/SUN suffit (gratuit et largement disponible)
- Pour créer/compiler du code java : le « **Java SE** » (Standard Edition) dénommée aussi « **JDK** » (Java Development Kit) d'ORACLE/SUN (gratuit) contient :
  - compilateur (javac)
  - interpréteur / machine virtuelle (java)
  - toute la librairie de classes standards
  - divers outils : génération doc (javadoc), visualisation d'applet (appletviewer), debugger (jdb), ...
- Nombreux outils de développement dont la plateforme « **Eclipse** » (gratuite)
- Les sources de Java sont disponibles gratuitement (code de toutes les classes prédéfinies)



## SYNTAXE DE BASE

## Premiers exemples



- *Quelques lignes de code Java :*

```
int i, somme;
somme = 0;
for (i=1; i<=9; i++)
    somme = somme+i;
```

Annotations: **déclarations** (green oval), **affectation** (red oval), **boucle** (blue oval)

- *Un programme en Java :*

```
class Prog {
    public static void main(String [] args){
        int i, somme=0;
        for (i=1; i<=9; i++) {
            somme += i;
        }
        System.out.println(somme);
    }
}
```

Annotations: **structure essentielle : classe** (red oval), **Programme principal** (blue oval)

## VARIABLES, TYPES, PORTEE, COMMENTAIRES, ...

## Variables et types

- notion de **variable** :  
**nom (identificateur) + type + zone mémoire**
- en Java, deux grandes catégories de types :
  - types « **primitifs** » (entiers, flottants, ...)
  - **références** à des types « composites » :
    - tableaux
    - énumérations
    - objets
    - interfaces

- **boolean**
- **char (16-bit, Unicode)**
- byte : entier (signé) 8-bit
- short : entier (signé) 16-bit
- **int : entier (signé) 32-bit**
- long : entier (signé) 64-bit
- float : flottant (IEEE 754) 32-bit
- **double : flottant (IEEE 754) 64-bit**

- 2 valeurs : true ou false
- véritable type
- type retourné par les opérateurs de comparaison
- type attendu dans tous les tests
- ne peut pas être converti en entier

- littéraux de type entier :
  - en base dix : 139
  - en octal : 0213
  - en hexadécimal : 0x8b
- L ou l pour spécifier un long : 139L
- valeurs min/max :
  - byte = [-128; +127]
  - short = [-32768 ; +32767]
  - int = [-2.147.483.648 ; +2.147.483.647]
  - long = [-9,223... 10<sup>18</sup> ; +9,223... 10<sup>18</sup>]
- conversion automatique seulement vers les types entiers plus grands (int→long, etc...) et vers les types flottants

- 16-bit → 65536 valeurs : quasiment tous les caractères de toutes les écritures !
- ne sont affichables que si le système possède les polices de caractères adéquates !
- littéraux entre simples quotes : 'a' 'Z'
- caractères spéciaux : '\n' '\t' '\b' '\\ ' ...
- possibilité d'utiliser la valeur Unicode : '\u03c0' pour la lettre  $\pi$
- tests du type :
  - Character.isLetter(c), Character.isDigit(c), ...
  - où c est une variable de type char
- convertible automatiquement en int ou long (et manuellement en byte ou short)
- inversement, (char)val est le caractère dont le code Unicode est l'entier val

- notation « ingénieur » :  $2.45e-25$
- littéraux de type double par défaut :
 

```
float x = 2.5; // Erreur
double y = 2.5; // OK
```
- valeurs f ou F pour spécifier un float : `float x = 2.5f;`
- valeurs min/max *de valeur absolue* (hors 0) :
  - float => [ 1.40239846e-45; 3.40282347e+38 ]
  - double => [ 4.9406...e-324; 1.7976...e+308 ]
- valeurs spéciales : Infinity, -Infinity, NaN
- conversion automatique : seulement float -> double
- la conversion « manuelle » en entier tronque la partie décimale :
 

```
float x = -2.8f;
int i = (int) x; // => i=-2
```

- variable dont la valeur ne peut plus être changée une fois fixée
- se déclare avec le mot-clé final :
 

```
final double PI = 3.14159;
ce qui interdit d'écrire ensuite...
PI = 3.14; // ERREUR...
```
- possibilité de calculer la valeur de la constante plus tard à l'exécution, et ailleurs qu'au niveau de la déclaration :
 

```
final int MAX_VAL;
// OK : constante « blanche »
// ...
MAX_VAL = lireValeur();
```

- déclaration préalable obligatoire
- identificateurs :
  - caractères Unicode
  - commencent par une lettre, \_ ou \$
  - ensuite : lettre, chiffre, \_ ou \$
- exemples de déclaration :
 

```
int i;
float x, y, z;
char c = 'A', d;
boolean flag = true;
```
- initialisation obligatoire avant usage :
 

```
int i, j;
j = i; // ERREUR : i non initialisé
```
- « portée » des variables (= zone de validité de la déclaration) : jusqu'à la fin du *bloc englobant* (voir plus loin)

- pas obligatoires, mais très fortement recommandées (car important pour la *lisibilité* du code et sa *maintenance*)
- identificateurs en minuscules, sauf :
  - majuscule au début des « sous-mots » intérieurs :
 

```
unExempleSimple
```
  - début des noms en majuscule pour classes et interfaces (et elles *seules*) :
 

```
UnNomDeClasse
```
- pour les constantes, majuscules et séparation des mots par \_
 

```
final int VALEUR_MAX;
```
- pas d'emploi de \$ (et de caractères non ASCII)

- Sur une ligne (style C++) :  

```
//Commentaire -> fin de la ligne
int x; // Ligne partielle
```
- Sur plusieurs lignes (style C) :  

```
/* Commentaire qui s'étend
sur plusieurs lignes */
```
- De documentation :  

```
/** Commentaire pour javadoc */
```
- javadoc : outil qui analyse le code Java, et produit **automatiquement** une documentation HTML avec la liste des classes, leurs attributs, méthodes... (avec leurs éventuels « commentaires de documentation » respectifs)



- servent à manipuler objets et tableaux
- à voir comme une sorte de « poignée »
- plusieurs références différentes peuvent référencer un même objet ou tableau
- les références sont typées
- une affectation modifie la référence, et non la chose référencée :  

```
int t1[] = {1,2,3};
int t2[] = t1;
// t2 : 2° réf. au même tableau
t2 = new int[5];
// t1 reste réf. à {1,2,3}
t1 = null;
// => t1 ne pointe plus vers rien
```
- null : valeur d'une référence « vers rien » (pour tous types de références)

- manipulés par des références
- vérification des bornes à l'utilisation
- allocation *dynamique* par new  
 (=> *taille définissable à l'exécution*)
- taille fixée une fois pour toute
- taille accessible par le « champ » length

- **déclaration** :  

```
int tab[];
int [] tab2; // 2° forme autorisée
```
- **création** :  
 - par new après la déclaration (ou lors de la déclaration) :  

```
int tab[]; // déclaration
tab = new int[5]; // création
```

 - ou *implicite* en cas d'initialisation lors de la création (cf. ci-dessous)
- **initialisation** :  

```
// A la déclaration :
int tab[] = {1, 2, 3};

// Lors de la création :
tab = new int[] {1, 2, 3};


// Sinon, cases du tableau initialisées par défaut
// à 0 ou false ou null (selon le type de base)
```





- accès à la taille :
 

```
int [] tab = new int[5];
int size = tab.length;
```


- indices : entre 0 et length-1
- si tentative d'accès hors des bornes, lancement de l'exception :
 

```
ArrayIndexOutOfBoundsException
```
- l'affectation ne modifie que la référence :
 

```
int t1[] = {1, 2, 3};
int t2[] = {4, 5};
t1 = t2;
// => t1 réfère même tableau que t2
```
- espace mémoire libéré automatiquement par le « ramasse-miette » (en anglais : "Garbage Collector") dès que plus désigné par aucune référence
 

ex. : l'espace occupé par {1,2,3} ci-dessus est libéré automatiquement après l'instruction t1=t2
- recherche, tri, etc. : voir fonctions utilitaires de la classe Arrays (cf java.util)



```
public class ExempleTableau {
    public static void main(String[] args) {
        // DECLARATION
        double[] tab;

        // CREATION ET DIMENSIONNEMENT
        int lg = 1 + (int)( 9*Math.random() );
        tab = new double[lg];

        // AFFECTATION DES ELEMENTS DU TABLEAU
        for (int i=0 ; i<tab.length ; i++)
            tab[i] = 1./(i+1);

        // AFFICHAGE
        for (int i=0 ; i<tab.length ; i++)
            System.out.print(tab[i] + " ");
        System.out.println();
    }
}
```

Taille du tableau

- Méthode « manuelle » :
 

création d'un nouveau tableau, puis copie case par case
- Copie par appel de System.arraycopy() :
 

```
// copie des 50 premiers éléments de src dans dst à partir de l'indice 2 :
System.arraycopy(src, 0, dst, 2, 50);
```
- Allocation et copie par Arrays.copyOf() ou Arrays.copyOfRange() :
 

```
int[] t2 = Arrays.copyOf(t, 10); // copie les 10 premières cases
int[] t3 = Arrays.copyOfRange(t, 5, 80); // copie les cases 5,6..79
```
- Allocation et copie par clonage :
 

```
int[] copie = t.clone();
```
- Attention :** pour un tableau d'*objets*, copie des références
  - les mêmes objets sont ensuite partagés par les 2 tableaux
- Note : déplacement interne dans un tableau possible par System.arraycopy() :
 

```
System.arraycopy(t, 0, t, 1, t.length-1); // décale de 1 vers droite
```

- Tableaux de (références vers) tableaux :
 

```
// Déclaration et création :
float matrix[][]=new float[2][3];
// Utilisation :
for (int i=0 ; i<matrix.length ; i++)
    for (int j=0 ; j<matrix[i].length ; j++)
        matrix[i][j] = i*j;
```
- Possibilité de forme non rectangulaire :
 

```
float triangle[][];
int dim;
// ...
triangle = new float[dim][];
for (int i=1 ; i<dim ; i++) {
    triangle[i] = new float[i];
}
```
- Quelques (rares) fonctions à connaître sur les tableaux de tableaux :
 

```
Arrays.deepEquals();
Arrays.deepToString();
```



## Tableaux d'objets

- Des tableaux contenant des (références à des) objets d'une classe donnée peuvent être déclarés et créés *pour toute classe* (prédéfinie ou bien écrite par le programmeur).

Par exemple, un tableau de chaînes de caractères (classe String : voir plus loin) se déclare et se dimensionne ainsi :

```
String[] tabChaines;  
tabChaines = new String[2];
```

- ATTENTION : le dimensionnement d'un tableau d'objets crée uniquement des « cases » pour stocker des *références* aux objets, mais *pas les objets* eux-mêmes. Ces références valent initialement null, et il faut donc les faire ensuite pointer vers les objets voulus par des affectations.

Par exemple, une suite possible des instructions précédentes est :

```
tabChaines[0] = "OUI";  
tabChaines[1] = "NON";
```



## Références constantes

- Ce sont des références associées de façon définitive à un objet ou tableau donné

- mot-clé final :

```
final double[] tab = new double[10];
```

```
// La référence (tab) est figée :  
tab = new double[20]; // ici ERREUR
```

```
// Le contenu du tableau reste modifiable :  
tab[0] = 1.732; // OK  
tab[0] = 3.; // OK
```



## Chaînes de caractères

- Ce sont des objets des classes String ou StringBuffer
- chaînes littérales : "une chaîne"
- concaténation par l'opérateur +

- chaînes *non modifiables* : String

```
int age = 24;  
// Création :  
String s1 = "Age : " + age;  
// Création par conversion :  
float x = 1.618f;  
String s2 = String.valueOf(x);  
// Utilisation :  
int l = s1.length();  
char c = s1.charAt(0);  
int diff = s1.compareTo(s2);  
boolean tst = s2.equals(s1);  
s2 = s1;  
s2 = "Bonjour";  
String[] sub = s1.split(":");
```



## Chaînes de caractères (2)

- chaînes *modifiables* : StringBuffer

```
// Création :  
StringBuffer buf = new StringBuffer("Bonjour");
```

```
// Utilisation :  
int l = buf.length();  
char c = buf.charAt(0);  
buf.setCharAt(0, 'L');  
buf.insert(3, "gues ");  
buf.append("née");  
buf.deleteCharAt(6);  
String s = buf.toString();  
String s2 = buf.substring(7, 11);
```

```
// ATTENTION : pour StringBuffer,  
// - pas de compareTo()  
// - equals() ne teste pas l'égalité des chaînes contenues  
// - pas de + entre StringBuffer  
// (par contre buf+s OK si s String, mais produit une String)
```

- Permet de définir proprement un type ayant un ensemble restreint de « valeurs » possibles
- Mot-clef `enum`
- Exemple :

```
enum CouleurFeu {  
    VERT, ORANGE, ROUGE  
}  
// . . .  
CouleurFeu col = CouleurFeu.ROUGE;
```

- Est en fait un type particulier de « classe » (voir plus loin)
- Peut servir dans un `switch` (voir plus loin)



## OPERATEURS

## Principaux opérateurs

- affectation : =
- arithmétiques : + - \* / %
- comparaisons : < <= > >= == !=
- booléens : && || ! ^ & |
- opérations bit-à-bit (sur les entiers) : & | ^ ~ << >> >>>
- opération et affectation simultanées : += -= \*= /= %=
   
 &= |= ^= <<= >>= >>>=
- pré/post-incrémentation : ++
- pré/post-décrémentation : --
- opérateur ternaire : ?:
- création tableau ou objet (allocation mémoire) : new
- test de type des références : instanceof

## Opérateurs arithmétiques

Opérateur	Fonction	Usage
+	<b>addition</b>	expr1 + expr2
-	<b>soustraction</b>	expr1 - expr2
-	<b>changement de signe</b>	- expr
*	<b>multiplication</b>	expr1 * expr2
/	<b>division</b>	expr1 / expr2
%	<b>modulo</b>	expr1 % expr2

- Attention aux divisions entre entiers ...
- Les fonctions mathématiques sont dans la classe **Math** :
  - Math.pow(x, y),
  - Math.sin(x),
  - Math.log(x),
  - ...

## Opérateurs de comparaison

Opérateur	Fonction
==	<b>égalité</b>
!=	<b>inégalité</b>
<	<b>inférieur strict</b>
<=	<b>inférieur ou égal</b>
>	<b>supérieur strict</b>
>=	<b>supérieur ou égal</b>

- Résultat de type booléen

Opérateur	Fonction	Usage
&&	<b>et</b> (version <i>optimisée</i> )	<code>expr1 &amp;&amp; expr2</code>
	<b>ou</b> (version <i>optimisée</i> )	<code>expr1    expr2</code>
^	<b>ou exclusif</b> (xor)	<code>expr1 ^ expr2</code>
!	<b>négation</b>	<code>! expr</code>
&	<b>et</b> (version <i>non optimisée</i> )	<code>expr1 &amp; expr2</code>
	<b>ou</b> (version <i>non optimisée</i> )	<code>expr1   expr2</code>

- Les opérandes doivent être des expressions à valeurs booléennes
- Remarques :
  - Pour && : le 2e opérande n'est pas évalué si le 1er est faux (pas le cas pour &)
  - Pour || : le 2e opérande n'est pas évalué si le 1er est vrai (pas le cas pour |)

Opérateur	Fonction	Usage
&	<b>et</b>	<code>op1&amp;op2</code>
	<b>ou</b>	<code>op1 op2</code>
^	<b>ou exclusif</b> (xor)	<code>op1^op2</code>
~	<b>négation</b>	<code>~op1</code>
<<	<b>décalage à gauche</b> (x2)	<code>op1&lt;&lt;op2</code>
>>	<b>décalage à droite</b>	<code>op1&gt;&gt;op2</code>
>>>	<b>décalage à droite non signé</b> (/2)	<code>op1&gt;&gt;&gt;op2</code>

- Opérandes entiers uniquement
- Travaillent sur la représentation binaire

- Exemple :
 

```
int i, j;
i = 0;
j = i;
```
- évaluation de droite à gauche :
 

```
i = j = 2; // → i et j valent 2
```
- affectation combinée avec opération arithmétique ou bit-à-bit :
 

```
+= -= *= &= ...

i += 3; équivalent à i = i+3;
```

<code>i++</code>	<b>post-incrémentation</b>
<code>++i</code>	<b>pré-incrémentation</b>
<code>i--</code>	<b>post-décrémentation</b>
<code>--i</code>	<b>pré-décrémentation</b>

- Opérateurs servant essentiellement à compacter les écritures :
 

```
n = i++; équivalent à | n = i;
                  | i = i + 1;
```

```
n = ++i; équivalent à | i = i + 1;
                  | n = i;
```

- **Ternaire conditionnel :**  
`bool ? expr1 : expr2`  
 ↪ vaut `expr1` si `bool` est vrai, et `expr2` sinon
- **Conversion :** `(type)`  
`float x = 1.5f;`  
`int i = (int) x;`
- **Allocation mémoire** (création de tableaux ou d'objets) : `new`
- **Test de type des références :** `instanceof`  
`(ref instanceof C)` vaut :
  - `true` si `ref` référence un objet pouvant être considéré comme une *instance* de la classe `C`
  - `false` sinon (y compris si `ref==null`)

[ ] . (params) expr++ expr--
++expr --expr +expr -expr ~ !
new (type) expr
* / %
+ -
<< >> >>>
< > <= >= instanceof
== !=
&
^
&&
? :
= *= /= %= += ...

- A priorité égale, évaluation de *gauche à droite* pour les opérateurs binaires, sauf pour les affectations (`=`, `*=`, ...) qui s'évaluent de *droite à gauche*





## BLOCS, INSTRUCTIONS DE CONTROLE (TESTS, BOUCLES, ...)

## Instructions et blocs

- chaque instruction se termine par un `';`
- ```
int i;
i = 4*3;
```
- on peut grouper plusieurs instructions en un **bloc** (délimité par des accolades), exemple :
 

```
int a=1, b=2;
{ // début de bloc
  int x=a;
  a = b;
  b = x;
} // fin de bloc
x = 3; // ERREUR: x n'est pas connu ici
```
  - Remarque : la portée d'une variable va de sa déclaration jusqu'à la fin du bloc où elle est déclarée

## Instructions de contrôle

Permettent de modifier l'ordre normal (*séquentiel*) d'exécution des instructions

- exécution conditionnelle :
  - `if ... else`
- cas multiples :
  - `switch`
- boucles :
  - `for`
  - `while`
  - `do ... while`

## Exécution conditionnelle

```
if (boolExpr) instruction;

if (boolExpr) {
  instruction(s); // exécuté si VRAI
}
else {
  instruction(s); // exécuté si FAUX
}

if (boolExpr) {
  instruction(s); // exécuté si VRAI
}
else if (boolExpr2) {
  instruction(s); // ...
} else {
  instruction(s); // ...
}
```

```
switch (expr) {
  case cst1:
    // instruction(s) si expr==cst1
    break;
  case cst2:
    // instruction(s) si expr==cst2
  case cst3:
    // instruction(s) si expr==cst3 // expr==cst2
    break;
  default:
    // instruction(s) si aucun des cas prévus
    break;
}
```

- expr : de type **entier** ou **char** ou bien type **énuméré** (enum)
- cst1, cst2, ... : littéral ou constante (final)

- Deux types de boucles :

```
while (boolExpr) {
  // corps de la boucle :
  instruction(s);
}
```

ou alors

```
// cas avec une et une
// seule instruction
while (boolExpr)
  instruction;
```

```
do {
  // corps de la boucle
  // exécuté au moins
  // une fois :
  instruction(s);
} while (boolExpr);
```

ou alors

```
// cas avec une et une
// seule instruction
do instruction;
while (boolExpr);
```

```
for (initialisations ; boolExpr ; incr) {
  instruction(s); // corps de la boucle
}
```

- **initialisations** : déclaration et/ou affectations, séparées par des virgules
- **incréments** : expressions séparées par des virgules
- équivalent à :

```
initialisations;
while (boolExpr) {
  instruction(s);
  incréments;
}
```

```
int somme=0;
for (int i=1 ; i<=n ; i++) {
  somme += i;
}
```

```
for (i=0, j=1 ; i<10 && (i+j)<10 ; i++, j*=2) {
  // . . .
}
```

```
for ( ; ; ) ;
```

## Boucles d'itérations simplifiées (« for each »)

```
for (type param : expression) {  
    // . . .  
}
```

où *expression* est soit un tableau (de type cohérent avec celui de *param*), soit un objet implémentant l'interface `Iterable` (voir plus loin).

- Exemples (où *expression* est un tableau) :

```
int[] prems = { 2, 3, 5, 7, 11, 13 };  
int somme = 0;  
for (int i : prems) {  
    somme += i*i;  
}  
String[] rep = { "oui", "non", "peut-être" };  
for (String s : rep) {  
    System.out.println(s);  
}
```

## Interruptions des boucles

- `break`            sortie de la boucle
- `continue`        passage à l'itération suivante
- `return`            sortie immédiate de la fonction en cours (cf. + loin),  
                      donc a fortiori sortie de la boucle en cours par la même occasion



## FONCTIONS

## Les fonctions



- éléments essentiels de structuration en programmation « impérative »
- en général, une fonction est définie par :
  - un type de retour
  - un nom
  - une liste de paramètres typés en entrée
  - une séquence d'instructions (corps de la fonction)
- en Java, chaque fonction est définie dans une classe (ex. : la classe Math regroupe les fonctions mathématiques)

- exemple de fonction :

```
class MaClasse {
    public static int carre(int i) {
        return i*i;
    }
}
```

Annotations: "Eventuellement vide:" points to the return type 'int'; "Type de retour" points to 'int'; "nom" points to 'carre'.

## Fonction : retour

- type de retour : n'importe quel type, ou bien **void**
- instructions de retour :
  - `return expression;`
  - `return;` // possible uniquement pour fonction de type *void*

```
class MaClasse {
    /** Retourne l'index d'une valeur dans un tableau
     * (ou -1 si pas trouvée) */
    public static int indexDe(float val, float[] tab) {
        int len = tab.length;
        for (int i=0 ; i<len ; i++) {
            if (tab[i] == val) return i;
        }
        return -1;
    }
}
```

## Appel de fonction

- en général, nom de la classe en préfixe :
 

```
y = Math.sin(x);
k = MaClasse.carre(i);
```
- dans une même classe, par son nom seul :

```
class MaClasse {
    public static int carre(int i) {
        return i*i;
    }
    public static void afficheCarre(int i) {
        int k = carre(i); // On aurait pu aussi bien
                        // écrire : MaClasse.carre(i)
        System.out.println(k);
    }
}
```

- Les variables déclarées dans une fonction sont **locales** à cette fonction
- Idem pour les paramètres

```
class Portee {
    public static int calcul(int val){
        int tmp = 3*val;
        return tmp;
    }
    public static void main(String[] args){
        int tmp = 1;
        System.out.println( calcul(9) );
        // Que vaut tmp ici ?
        // Et val ??
    }
}
```

Diagramme illustrant la portée des variables locales :

- La variable `tmp` dans la méthode `calcul` est portée par l'ovale rouge "tmp-de-calcul".
- La variable `tmp` dans la méthode `main` est portée par l'ovale bleu "tmp-de-main".

- En Java, l'exécution de programme consiste en la recherche et l'appel d'une *fonction (publique)* particulière :
  - nommée `main`
  - prenant en paramètre un `String[]`
  - ne retournant rien

- Exemple, avec utilisation du paramètre :

```
class Echo {
    public static void main(String [] args){
        for (String s : args)
            System.out.print(s + " ");
    }
}

// Exemple d'utilisation :
// java Echo un deux trois
// un deux trois
```

- **Par valeur** pour les types « primitifs » :

```
public static void echange(int i, int j){
    int tmp = i; // i et j : copies locales
    i = j;
    j = tmp;
}
public static void main(String[] args){
    int a=1, b=2;
    echange(a,b); // a et b ne sont pas modifiés
}
```

- **Par valeur (i.e. recopie)** des références :

```
public static void ech(String s1, String s2) {
    String tmp = s1; // s1 et s2 : copies locales
    s1 = s2;
    s2 = tmp;
}
public static void main(String[] args) {
    String a="oui", b="non";
    ech(a,b); // a et b ne sont pas modifiés
}
```

- la référence est passée par valeur (i.e. le paramètre est une copie de la référence), **mais le contenu de l'objet référencé peut être modifié par la fonction** (car la copie de référence pointe vers le même objet...):

```
public static void increm(int t[]) {
    for (int i=0 ; i<t.length ; i++)
        t[i]++;
}
public static void tronquer(StringBuffer b){
    b.deleteCharAt(b.length() - 1);
}
public static void main(String[] args){
    int tab[] = {1, 2, 3};
    increm(tab);
    // tab vaut {2, 3, 4}
    StringBuffer buf = new StringBuffer("oui");
    tronquer(buf);
    // buf vaut "ou"
}
```



```
class Passage {
    public static int fonc(int x){
        x++;
        return x;
    }

    public static void main(String[] args){
        int val = 1;
        int y = fonc(val);
        // Valeur ici de val ?
        int[] tab={1, 2, 3};
        f2(tab);
        // Etat de tab maintenant ?
    }

    public static void f2(int[] t) {
        t = new int[] {2, 2};
    }
}
```



- Une fonction peut s'appeler elle-même
- il faut penser à arrêter la récursion à un moment donné (sinon , récursion infinie...)
- exemple : fonction puissance

```
class ExempleRecuratif {
    public static double puiss(double x, int n){
        if ( n==1 )
            return x;
        else
            return x*puiss(x, n-1);
    }
    //...
}
```

L'exemple ci-dessus est-il totalement correct ?

Que se passe-t-il pour  $n < 0$  ???

- Possibilité de définir (dans la même classe) plusieurs fonctions de même nom, différenciées par le nombre et/ou le type des arguments :

```
class NomClasse {
    public static int longueur(String s){
        return s.length();
    }
    public static int longueur(int i){
        String si = String.valueOf(i);
        return si.length();
    }
    public static void main(String [] args) {
        int k = 12345;
        int lk = longueur(k); // lk vaut 5
        String s = "oui";
        int ls = longueur(s); // ls vaut 3
    }
}
```

- Appel de fonction : les arguments doivent être du type prévu ou d'un type convertible automatiquement vers le type prévu

- Possibilité de terminer la liste des paramètres d'une fonction par une « ellipse » permettant un appel de fonction avec un nombre variable d'argument(s) de même type (sauf si le type est Object) :

```
public static double[] f(int exp, double... nb) {
    double[] res = new double[nb.length];
    for (int i=0 ; i<res.length ; i++) {
        res[i] = Math.pow(nb[i], exp);
    }
    return res;
}
//...
double[] t1 = f(2, 2.5); // nb.length vaudra 1 dans f
double[] t2 = f(2, 1.1, 2.2, 3.3); // nb.length vaudra 3
double[] t3 = f(2); // nb.length vaudra 0
```

- Le paramètre avec « ellipse » est traité dans la fonction comme un tableau
- Possibilité d'arguments de types hétérogènes via le type Object...





## ENTREES-SORTIES STANDARDS

## Entrées-sorties standards

- écriture :

```
float z=1.732f;
System.out.print("z=");
System.out.print(z);
System.out.println(",2z=" + (2*z));
```

- lecture :

```
// Lecture d'un caractère à la fois
int car = System.in.read();

// Lecture de 10 caractères
byte buf[] = new byte[10];
int nbLus = System.in.read(buf);
```

**NOTA-BENE** : utiliser la classe Scanner pour lire autre chose que des caractères ou tableaux de caractères (voir page suivante).

## Lecture formatée : classe Scanner

```
import java.util.Scanner;
//...
Scanner sc = new Scanner(System.in);
String ch = sc.next();
int k = sc.nextInt();
double val;
if ( sc.hasNextDouble() )
    val = sc.nextDouble();
String ligne = sc.nextLine();
```

- Il existe une méthode `nextXyz()` et une méthode `hasNextXyz()` pour chaque type primitif `xyz`
- Lance `InputMismatchException` si l'élément suivant n'est pas convertible dans le type demandé
- Possibilité de choisir un séparateur avec `useDelimiter(Pattern)`
- ATTENTION** : utilise, par défaut, le format « local » des nombres (par exemple en français : 2,5 et **pas** 2.5) ; possibilité de choisir une « localisation » avec la méthode `useLocale()`

## Affichage formaté

- `printf(String, Object...)` est une méthode à nombre d'arguments variable qui facilite l'affichage formaté :

```
double rac2 = Math.sqrt(2);
System.out.printf("sqrt(2)=%.3f", rac2);
// imprime : sqrt(2)=1,414

int i=3, j=30, k=303;
System.out.printf("| %3d | %3d | %3d |", i, j, k);

// imprime : | 3 | 30 | 303 |

double x=2.5, y=-3.755;
System.out.printf(" x:%+.2f \n y:%+.2f", x, y);
// imprime quoi ?
```

- Voir la documentation en ligne pour plus de détails.



## EXEMPLE DE PROGRAMME, COMPILATION, EXECUTION

## Exemple de programme

```
// Début du fichier : les « import »
import java.util.Scanner;

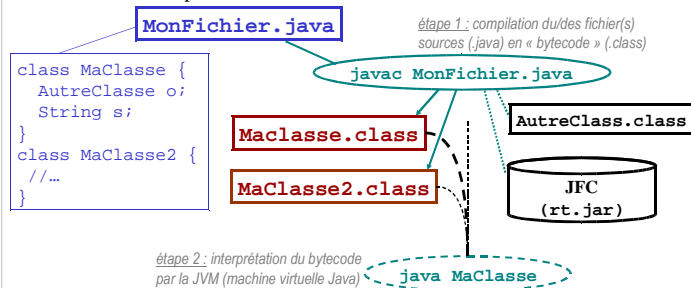
// Toutes les autres instructions sont dans une
// (ou plusieurs) classe(s)
public class MonProgramme {

    // Un programme « ordinaire » contient toujours une
    // fonction principale (main) comme ci-dessous :
    public static void main(String[] args){
        System.out.print("Entrez un int : ");
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int n = sc.nextInt();
        for (int i=0; i<n; i++) {
            System.out.println(i);
        } // fin de la boucle for
    } // fin de la fonction main

} // fin de la définition de la classe
```

## Compilation et exécution

- En général, un fichier `MaClasse.java` doit contenir la classe `MaClasse`, et elle seule (en fait c'est plus compliqué, voir plus loin)
- La compilation de `MaClasse.java` → `MaClasse.class`
- Le fichier `MaClasse.class` peut être exécuté si et seulement si la classe `MaClasse` comporte une fonction « main ».

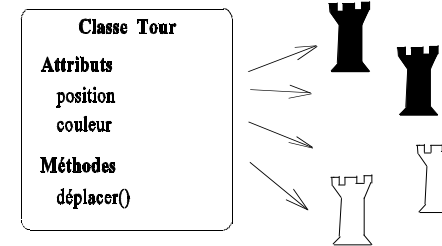




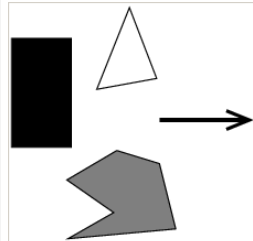
# CLASSES

## Classes

- **Classe** : modèle d'objets ayant les mêmes types de propriétés et de comportements
- Chaque **instance** d'une classe possède ses propres valeurs pour chaque attribut
- Exemple :



## Concepts « objet » : attributs et méthodes



**Classe Polygone**  
**Attributs**  
 arêtes  
 couleur des bords  
 couleur du fond  
**Méthodes**  
 dessiner()  
 effacer()  
 déplacer()

- **Utilisation :**

```
// DECLARATION
Polygone p;

// CREATION
p = new Polygone(...);

// APPELS DE METHODES
p.dessiner();
p.deplacer(10, 5);
```

## Classes

- Une classe est un modèle d'objet défini par ses « membres » (attributs et méthodes)
- Les attributs (état) sont les *données* propres à l'objet
- Les méthodes (comportement) sont les *opérations applicables* à l'objet

- Exemple :

```
class Cercle {
    double rayon=0;
    double calculerSurface() {
        return Math.PI*rayon*rayon;
    }
}
//...
Cercle c = new Cercle();
double surf = c.calculerSurface();
```



## Objet

- instance d'une classe
- création uniquement par new :

```
Cercle c1;  
// c1 : référence non encore initialisée  
c1 = new Cercle();  
// c1 : référence à une instance de la classe Cercle
```
- destruction automatique par le « ramasse-miettes » (garbage collector) quand il n'y a plus aucune référence vers l'objet :

```
Cercle c2 = new Cercle();  
// ...  
c2 = c1;  
// destruction de l'instance créé par new ci-dessus  
// (aucune référence ne pointant plus dessus)t
```



## Attribut

- Utilisation dans le cas général → usage de l'opérateur . (« point »)

```
Cercle c = new Cercle();  
double r = c.rayon;
```

- Utilisation depuis une méthode de la classe → accès direct pour l'instance courante

```
class Cercle {  
    // ...  
    double comparerA(Cercle autre){  
        return rayon - autre.rayon;  
    }  
}
```



## Méthode

- invocation « directe » depuis une autre méthode de la même classe :

```
class Cercle {  
    //...  
    void afficherAire(){  
        double a = calculerSurface();  
        System.out.println(a);  
    }  
}
```
- invocation des méthodes dans les autres cas → usage de l'opérateur .

```
Cercle c1 = new Cercle();  
//...  
double s = c1.calculerSurface();
```
- « surcharge » possible : plusieurs méthodes de même nom, mais de signatures différentes (i.e. avec types de paramètres différents)



## La référence « this »

- possibilité dans les méthodes de désigner *explicitement* l'instance courante :
  - pour accéder à un attribut « masqué » par un paramètre :

```
class Cercle {  
    double rayon=0;  
    // ...  
    double comparerA(double rayon){  
        return this.rayon-rayon;  
    }  
}
```

- pour appeler une fonction (ou méthode) avec l'instance courante en paramètre :

```
class Cercle {  
    void dessinerSur(Ecran e){  
        // ...  
    }  
}  
class Ecran {  
    // ...  
    void tracer(Cercle c){  
        c.dessinerSur(this);  
    }  
}
```

- cacher le détail d'implantation, et ne laisser voir que l'interface fonctionnelle
- pour chaque attribut et méthode, visibilité possible :
  - public
  - private
  - protected
  - par défaut, accès « package »
- encapsulation « usuelle » : attributs privés, et méthodes publiques (sauf celles à usage interne) :

```
class Cercle {
    private double rayon;
    public double calculerSurface() {
        return Math.PI*rayon*rayon;
    }
    // ...
}
```

- Contient les instructions à exécuter à la création des instances (en particulier : l'initialisation des attributs) :

```
class Cercle {
    private double rayon;
    public double calculerSurface(){
        return Math.PI*rayon*rayon;
    }
    public Cercle(double r) {
        rayon = r;
    }
}
```

- Est appelé à chaque création d'instance (par new) :  
`Cercle c = new Cercle(2.5);`
- **NOTA-BENE** : *jamais* de type de retour (ce n'est pas une méthode)

- Il peut y avoir plusieurs constructeurs (mais les signatures doivent être différentes)
- On peut invoquer un constructeur depuis un autre avec `this(...)` :

```
class Cercle {
    // ...
    public Cercle(double r) {
        rayon = r;
    }
    public Cercle() {
        this(0); // invoque Cercle(0)
    }
}
```

- **Conseils** :
  - écrire un constructeur « complet » avec tous les paramètres possibles ;
  - ensuite, faire en sorte que tous les autres constructeurs (en général un constructeur *sans argument* et un *pour construire par recopie d'un objet de même type*) appellent le constructeur « complet »

- appelé par le « ramasse-miettes » (garbage collector ou GC) avant de supprimer l'objet
- donc habituellement jamais appelé explicitement
- utile essentiellement pour fermer des fichiers associés à l'instance et susceptibles d'être encore ouverts à sa disparition
- `protected void finalize() {...}`
- appelé une seule fois par instance (donc pas ré-appelée par le GC si appelé « à la main » avant)



- **ATTENTION** : un tableau d'objets est en fait un tableau de *références* vers objet :
 

```
Cercle [] tabC = new Cercle[10];
// tabC[0]==null
```
- Il faut donc allouer les objets eux-mêmes ensuite :
 

```
for (int i=0 ; i<10 ; i++) {
    tabC[i] = new Cercle();
}
```
- Par exemple, soient les 2 instructions suivantes :
 

```
String [] tabChaine;
tabChaine = new String[2];
```

Que contient alors tabChaines ??

Et si on fait maintenant :

```
tabChaine[0] = "oui";
tabChaine[1] = "non";
```

Comment cela se présente-t-il en mémoire ?

- variable partagée par *toutes* les instances de la classe (nommé aussi attribut « **de classe** »)
- mot-clef: `static`

```
class Cercle {
    //...
    static int nbCercles = 0;
    static public double[] defRayon;
    static { // initialiseur statique
        defRayon = new double[10];
        for (int i=0 ; i<10 ; i++) {
            defRayon[i] = 3*i;
        }
    }
    public Cercle(double r){
        nbCercles++;
        // ...
    }
}
```

- attribut à la fois `static` et `final`
- exemple :
 

```
class Math {
    //...
    static final double PI = 3.1415926;
}
```

- type de méthode ne s'appliquant pas à une instance particulière de la classe (appelée aussi méthode « **de classe** »)
- équivalent des fonctions « ordinaires » des langages non-objet
- mot-clef: `static`
- exemples :
  - fonctions mathématiques prédéfinies telles que : `Math.random()`, `Math.sin(double)`, ...
  - fonction principale (`main`)
  - class Cercle {
 

```
// ...
          static private int epaisseur = 1;
          static public void setTrait(int e){
              epaisseur = e; }
          }
```



## Appel de méthode « statique »

- appel depuis une autre méthode de la même classe :

```
class Cercle {
    // ...
    public void bidule(){
        setTrait(0);
    }
}
```

- appel depuis l'extérieur de la classe → préfixer par le nom de la classe :

```
Cercle.setTrait(2);
```

## Cas particulier de classe : type énuméré

- Classe ayant un **nombre FINI** d'instances, toutes prédéfinies

- Mot-clef : `enum` (au lieu de `class`)

- Exemple d'énumération « simple » :

```
enum Reponse {
    OUI, NON, PEUT_ETRE
}
//...
Reponse r1 = Reponse.OUI;
```

## Type énuméré « élaboré »

- Un `enum` est une classe, il peut avoir des attributs et méthodes :

```
enum Jeune {
    BEBE("Bebe", 0, 3),
    ENFANT("Enfant", 3, 12),
    ADO("Adolescent", 12, 18);
    private String type;
    private int ageMin;
    private int ageMax;
    Jeune(String type, int ageMin, int ageMax){
        this.type = type;
        this.ageMin = ageMin;
        this.ageMax = ageMax;
    }
    public String getType(){ return type; }
    public int getAgeMin(){ return ageMin; }
    public int getAgeMax(){ return ageMax; }
}
//...
if ( age < Jeune.BEBE.getAgeMax() ) {
    Jeune j1 = Jeune.BEBE;
    // ...
}
```



## PAQUETAGE, IMPORT, JavaDoc, classes internes...

## Paquetage

- entité de structuration regroupant plusieurs classes (et/ou interfaces) et/ou sous-paquetages
- le paquetage d'appartenance est indiqué au début du fichier source par :  
`package nomPackage ;`
- les fichiers `.class` de chaque paquetage doivent être dans un répertoire ayant le nom exact du paquetage
- les paquetages (et classes) sont recherchés dans une liste de répertoires (et/ou de fichiers zip) fixée par la variable d'environnement `CLASSPATH`

## Paquetage et visibilité

- par défaut, les classes et interfaces ne sont accessibles que dans leur paquetage : seules celles qui sont déclarées `public` pourront être importées dans d'autres paquetages
- les membres de classes sans accès précisé (i.e. ni `public`, ni `protected`, ni `private`) sont visibles dans tout le paquetage de leur classe
- fichier hors-paquetage => classes et interfaces dans le « paquetage anonyme »

## Classe publique

- classe utilisable à l'extérieur de son paquetage
- mot-clef : `public`  

```
public class Cercle {
    //...
}
```
- par défaut, une classe n'est utilisable que dans son paquetage (éventuellement le « paquetage anonyme » si pas de paquetage précisé en début de fichier)

- au maximum une classe ou interface *publique* par fichier source (auquel cas, le nom du fichier doit impérativement être celui de la classe ou interface publique contenue dans le fichier)
- il peut y avoir d'autres classes et interfaces non publiques dans le même fichier
- la compilation du fichier PubClasse.java :  

```
javac PubClasse.java
```

 produit autant de fichiers suffixé par .class qu'il y a de classes dans le fichier .java
- exécution du main de la classe NomClasse :  

```
java NomClasse
```

 ou alors (si on est dans le *répertoire-père* de nomPackage) :  

```
java nomPackage.NomClasse
```

- Nom (complet) d'une classe à l'extérieur de son paquetage :  

```
nomPackage.NomClasse
```

 (sauf si la classe est importée)
- Importation : permet d'utiliser une classe d'un autre paquetage avec juste son nom (sans le préfixer par son package)
- Importation de classe (publique) par :  

```
import nomPackage.NomClasse;
```
- Importation « à la demande » de toute classe publique du package :  

```
import nomPackage.*;
```

- Permet d'importer tout ou partie des membres (attributs ou méthodes) statiques d'une classe donnée
- Exemple :  

```
import java.lang.Math.PI;
import java.lang.Math.sin();
import java.lang.Integer.*;
//...
final double PI2 = PI*PI; // (PI désigne Math.PI)
double x = sin(PI/3); // sin() désigne Math.sin()

long val;
//...
if ( val > MAX_VALUE ) {
    // MAX_VALUE désigne Integer.MAX_VALUE
    // ...
}
```

- attention au choix du nom (parlant, mais évitant conflit de nom)
- suggestion de nommage : type hostname inversé  

```
fr.societe.service.nom_paquetage
```
- bien penser la hiérarchisation si plusieurs paquetages liés

- outil javadoc du JDK
- écrire commentaires spécifiques
 

```
/** bla-bla ... */
```

 juste avant la déclaration :
  - de chaque classe (ou interface)
  - de chaque méthode
  - de chaque attribut
- la commande `javadoc NomClasse.java` produit automatiquement des fichiers HTML décrivant la classe et intégrant ces commentaires
- par défaut, seuls les éléments publics et protégés apparaissent (car ce sont les seuls qu'ont à connaître les utilisateurs de la classe)

- On peut insérer dans les commentaires de documentation des tags qui seront formatés de manière spécifique.
- Ils commencent en début de ligne par @, et vont jusqu'à fin de ligne :
  - `@author nom` (pour une classe ou interface)
  - `@param nom description` (pour une méthode: commentaire sur un de ses paramètres)
  - `@return description` (pour une méthode : commentaire sur ce qui est retourné)
  - `@exception nom description` (pour une méthode : commentaire sur un type d'exception potentiellement émise)
  - `@see NomClasse` (lien hypertexte vers la documentation de la classe `NomClasse`)
  - `@see NomClasse#nomMethode` (idem, mais lien vers l'endroit où est décrite la méthode `nomMethode`)

- classes ou interfaces définies à l'intérieur d'une autre (au même niveau d'imbrication que les attributs et méthodes)
- intérêt : classes (ou interfaces) utilitaires très liées à la classe englobante
- pour les classes internes, 2 catégories :
  - static : classes « normales » mais fortement liées à l'englobante
  - membres : associées à chaque instance => peuvent accéder directement aux attributs privés de classe englobante
- ```
public class A {
    private int x;
    static public class Liee { //... }
    public class Membre {
        void meth(){ x = 1; //...}
    }
}
```

```
A.Liee l = new A.Liee();
A a = new A();
A.Membre m = new a.Membre();
```

- classes membres définies à l'intérieur du corps d'une méthode (d'une autre classe)
- classes anonymes : classes locales sans nom, définie juste à l'intérieur d'un `new` (pour créer une instance spécialisée ou une implantation)

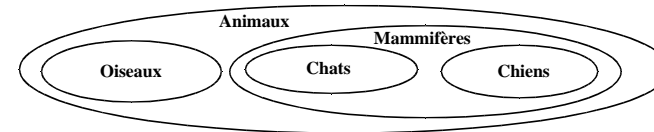
```
class MonApplet{
    private ActionListener al;
    private String message;
    public void init() {
        //...
        al = new ActionListener() {
            public void actionPerformed() {
                message = "DONE";
            }
        }
    }
}
```



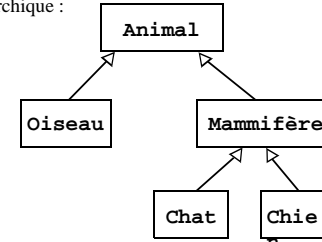
## HERITAGE, classe racine, introspection

## Notion de hiérarchie de classes

Vision ensembliste :



Vision hiérarchique :



## Héritage

- Pour réutiliser une classe existante en l'adaptant, et/ou factoriser des choses communes à plusieurs classes

- Mot-clef : **extends**

```

class Figure{
    private String nom;
    protected Position pos;
    public Figure(Position p){ pos = p; }
    public void afficher() { pos.afficher(); }
    public void deplacer(int dx, int dy) {
        pos.ajouter(dx,dy);
    }
}

class Cercle extends Figure{
    // Cas particulier de Figure, hérite de tous ses attributs/méthodes
    // ...
}
    
```

- En Java, héritage *simple* uniquement (pas plus d'une classe mère)

## Héritage, attributs et méthodes

- la sous-classe hérite de tous les attributs (y compris « `static` ») et méthodes membres de la classe mère (sauf les méthodes privées et les constructeurs) :

```

Cercle c = new Cercle();
// appel d'une méthode héritée
c.deplacer(2, -1);
    
```

- La sous-classe peut évidemment avoir des attributs et méthodes supplémentaires correspondant à sa spécificité :

```

class Cercle extends Figure{
    private double rayon;
    public double circonference() {
        return 2*Math.PI*rayon;
        //...
    }
}
    
```

- Toute référence vers une instance de la classe fille peut être vue aussi comme une référence vers la classe mère (conversion automatique fille -> mère) :

```
Figure f = new Cercle(); // OK
// Affectation d'un Cercle dans une Figure

Cercle c = new Cercle(1);
if ( f.contient(c) ) { // ...
    // OK : passage d'un Cercle en paramètre
    // à une méthode attendant une Figure
}
```

- Une classe fille ne peut accéder qu'aux membres (attributs ou méthodes) « *publics* » ou « *protégés* » de sa classe mère (ainsi qu'aux attributs et méthodes « *package* » ssi elle appartient au même paquetage que sa classe mère) :

```
class Cercle extends Figure {
    //...
    void essai(){
        // essai d'accès à un champ privé
        // de la classe mère
        String s = nom; // ERREUR !
    }
}
```

- les constructeurs ne sont pas hérités, mais on peut appeler ceux de la classe mère avec `super(...)` :

```
class Cercle extends Figure{
    //...
    Cercle(float r, Position pos) {
        // appel du constructeur Figure(pos)
        super(pos);
        rayon = r;
    }
}
```

- l'appel `super(...)` doit **impérativement** être la 1ère instruction du constructeur
- si la 1ère instruction n'appelle ni le constructeur de la classe mère, ni un autre constructeur de la classe fille, alors appel automatique de `super()` sans argument
- ordre des opérations :
  - 1/ appel du constructeur de la classe mère
  - 2/ initialiseurs et blocs d'initialisation
  - 3/ corps du constructeur fille

- on peut définir un comportement différent pour les méthodes héritées (et accessibles) en redéfinissant une méthode de même nom et même prototype (signature) :

```
class Cercle extends Figure{
    private float rayon;
    //...
    public void afficher() {
        // appel de la méthode de la mère
        super.afficher();
        System.out.println("rayon=" + rayon);
    }
}
```

- ... sauf pour les méthodes déclarées `final` dans la classe mère
- la visibilité de la méthode redéfinie peut être différente (mais seulement augmentée)



## Polymorphisme dynamique

- Quand on manipule un objet via une référence à une classe mère, ce sont toujours les méthodes (non statiques) de la classe *effective* de l'objet qui sont appelées :

```
Figure f = new Cercle();
// Appel de afficher() de Cercle
// (bien que référence de type Figure) :
f.afficher();
```

## Méthode abstraite

- méthode non implantée (on ne fait que spécifier son nom, les types de ses paramètres et son type de retour)
- mot-clef: `abstract`

```
class Figure {
    //...
    public abstract void colorier();
}
```
- destinée à être (re)définie dans les classes filles
- ne peut exister que dans une classe elle-même déclarée abstraite (cf. ci-après)
- impossible pour les méthodes « statiques »

## Classe abstraite

- classe non instanciable (sert uniquement de classe mère)
- mot-clef: `abstract`

```
abstract class Figure {
    //...
}
```
- toute classe qui définit une méthode abstraite (ou qui en hérite et ne la redéfinit pas) doit obligatoirement être déclarée abstraite

## Classe non dérivable

- classe qui ne pourra pas servir de classe mère
- mot-clef: `final`

```
final class ClasseTerminee {
    //...
}
```
- intérêt : sécurité
- exemple : beaucoup de classes du paquetage `java.lang`

- Méthode qui ne pourra pas être redéfinie dans les classes filles
- Mot-clef : `final`
- Exemple :
 

```
abstract class Figure {
    Position pos;
    final public deplacer(int dx, int dy){
        pos.ajouter(dx, dy);
    }
}
```
- Comme classes non dérivables, mais plus flexible

- si `Fille` dérive de `Mere`, alors `Fille[]` est considéré comme un sous-type de `Mere[]` :
 

```
Fille[] tabF = new Fille[3];
Mere[] tabM = tabF; // OK
```
- **typage dynamique** : même manipulé via un `Mere[]`, un tableau de `Fille` ne peut contenir que des références à `Fille` :
 

```
tabM[0] = new Mere(); // Erreur
```

- Ancêtre de toutes les classes
- Définit donc des méthodes héritées par *toutes* les classes :
  - `public boolean equals(Object obj)`  
par défaut, retourne `this==obj` (compare les références), mais prévue pour être redéfinie pour comparer les contenus (ex : classe `String`)
  - `public String toString()`  
par défaut, retourne `"NomClasse@"+hashCode()`, mais à redéfinir en une représentation textuelle de l'objet pertinente dans un `System.out.print()`
  - `public int hashCode()`
  - `protected Object clone()`
  - `public Class getClass()`
  - ...

- duplique l'objet auquel elle est appliquée (copie des attributs)
- tout objet (et tableau) en hérite
- utilisable directement pour les tableaux « ordinaires » :
 

```
int[] tab = { 1, 2, 3, 4 };
int[] tab2 = tab.clone();
```
- attention si tableau multi-dim ou d'objets, car copie des références
- pour les objets que l'on veut clonables :
  - 1/ déclarer que la classe implante l'interface `Cloneable`,
  - 2/ redéfinir la méthode `clone()` comme `public`, et soit retournant `super.clone()`, soit adaptée à la classe

- La classe Object permet aussi de faire de la programmation générique, i.e. des classes ou fonctions pouvant fonctionner avec des instances de n'importe quelles classes
- Exemple de fonction générique :

```
int chercher(Object o, Object[] tab) {
    for (int i=0 ; i<tab.length ; i++) {
        if (o.equals(tab[i])) {
            return i;
        }
    }
    return -1;
}
```
- Exemple de fonction « générique » prédéfinie :

```
java.util.Arrays.sort(Object[] tab)
```
- **NOTA-BENE** : depuis Java 1.5, la programmation « générique » se fait plutôt sous forme *paramétrée* (syntaxe proche des « templates » de C++, voir plus loin)

- chaque classe (et interface) est représentée par une instance de Class
- permet notamment d'instancier une classe à partir de son nom :

```
Class c1;
c1 = Class.forName("NomDeClasse");
Object o = c1.newInstance();
```
- permet de tout savoir sur la classe (introspection) :

```
Method[] getDeclaredMethods()
Field[] getDeclaredFields()
Constructors[] getDeclaredConstructors()
Class[] getInterfaces()
Class getSuperClass()
boolean isInterface()
boolean isArray()
boolean isPrimitive()
```



## INTERFACES

## Nature et intérêt des interfaces

- définition abstraite d'un service, indépendamment de la façon dont il est implémenté (« type abstrait de données »)
- concrètement, ensemble de méthodes publiques abstraites (et de constantes de classe)
- facilite la programmation générique
- permet un héritage multiple restreint

## Définition d'interfaces

- Exemples :

```
interface Redimensionnable {
    void grossir(int facteur);
    void reduire(int facteur);
}

interface Coloriable {
    Couleur ROUGE = new Couleur("rouge");
    //...
    void colorier(Couleur c);
}

interface Pile {
    Object sommet();
    void empiler(Object o);
    void depiler();
    boolean estVide();
}
```

## Utilisation des interfaces

- utilisation : toute classe peut *implanter* une (ou plusieurs) interface(s) :  

```
class Cercle implements Coloriable, Redimensionnable {
    //...
}
```
- une classe qui implante une interface doit redéfinir *toutes* les méthodes de l'interface (ou bien être abstraite) :  

```
class Cercle implements Coloriable, Redimensionnable {
    int rayon;
    //...
    public void grossir(int facteur) {
        rayon *= facteur;
    }
    public void reduire(int facteur) {...}
    public void colorier(Couleur c) {...}
}
```

```
abstract class Figure implements Coloriable {
    // classe abstraite ==> pas indispensable de redéfinir
    // la méthode colorier()
    // ...
}
```

- Chaque interface définit un type de référence
- Une référence à une interface peut désigner toute instance de toute classe qui implante l'interface en question :

```
Redimensionnable redim;
Coloriable col;
Cercle cercle = new Cercle();
redim = cercle;
col = cercle;

// cercle, col et redim forment 3 vues différentes
// du même objet...
// ...et les méthodes applicables dépendent
// de la vue utilisée :

col.colorier(Coloriable.ROUGE); // OK
col.grossir(2); // ERREUR
redim.grossir(2); // OK
cercle.colorier(Coloriable.ROUGE); // OK
```

- Si une méthode/fonction prend en paramètre une référence à interface, on peut lui passer en argument une référence à toute instance de toute classe qui implante cette interface :

```
interface Comparable {
    int compareTo(Object o);
}
class Tri {
    public static void trier(Comparable[] tab) {
        //...
        if (tab[i].compareTo(tab[j]) > 0)
            //...
    }
}
class W implements Comparable { //...
    public int compareTo(Object o) { ... }
}
W[] tabW = new W[10];
// ...
Tri.trier(tabW);
```

- **NOTA-BENE** : depuis Java 1.5, la programmation « générique » se fait plutôt sous forme *paramétrée* (proche des « templates » de C++ : voir plus loin)

- Une interface peut jouer le rôle d'une sorte de « référence à fonction » :

```
interface FonctionAUneVariable{
    double valeur(double);
}
class Integration {
    public static double integrer(FonctionAUneVariable f,
        double deb, double fin, double pas){
        double s=0., x=deb;
        long n = (long) ((fin-deb)/pas)+1;
        for (long k=0 ; k<n ; k++, x+=pas)
            s += f.valeur(x);
        return s*pas;
    }
}
class Exp implements FonctionAUneVariable {
    double valeur(double d) {
        return Math.exp(d);
    }
}
double d = Integration.integrer(new Exp(), 0., 1., 0.001);
```

- Une interface peut dériver d'une (ou plusieurs) autres interfaces :
- ```
interface X {...}
interface Y {...}
interface Z extends X,Y{...}
```
- si une classe Mere implante une interface, alors toutes ses classes filles héritent de cette propriété :

```
class Mere implements Z {...}
class Fille extends Mere {...}
//...
Z z = new Fille(); // OK
X x = new Fille(); // OK
// OK car Fille implante (par héritage)
// l'interface Z (et donc aussi l'interface X)
```

- Une interface peut ne contenir aucune méthode ni constante, et servir juste de « marqueur » pour indiquer une propriété des classes qui l'implément
- Exemples :
  - interface `Cloneable` pour identifier les classes aux instances desquelles on peut appliquer la méthode de duplication `clone()`
  - interface `Serializable` pour identifier les classes dont on peut sauvegarder des instances sur fichier (cf `java.io`)





## EXCEPTIONS

## Principe des exceptions

- Mécanisme pour traiter les anomalies se produisant à l'exécution
- Principe fondamental = séparer *détection* et *traitement* des anomalies :
  - signaler tout problème dès sa détection
  - mais regrouper le traitement des problèmes ailleurs, en fonction de leur type

## Exemple (1 / 3)

- Que fait-cette méthode ?

```
static void divTab(int [] tab) {
    Scanner sc = new Scanner(System.in);
    int index = sc.nextInt();
    int div = tab[index];
    for (int j=0 ; j<tab.length ; j++) {
        tab[j] /= div;
    }
}
```

## Exemple (2 / 3)

- Gestion des erreurs sans utiliser d'exceptions :

```
static void divTab(int [] tab) {
    if( tab == null )
        System.err.println("tab==null");
    else {
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int index = sc.nextInt();
        if( index<0 || index>=tab.length )
            System.err.println("index incorrect");
        else {
            int div = tab[index];
            if( div == 0 ) {
                System.err.println("diviseur nul");
            }
            else {
                for (int j=0 ; j<tab.length ; j++)
                    tab[j] /= div;
            }
        }
    }
}
```

## Exemple (3 / 3)

- Utilisation des exceptions de Java :
  - toute exception générée provoque l'arrêt brutal du programme ;
  - pour éviter cela, prévoir la *capture* et le *traitement* des exceptions ;
  - mots-clefs : `try`, `catch` et `finally`

```
static void divTab2(int[] tab) {
    try {
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        int index = sc.nextInt();
        int div = tab[index];
        for (int j = 0 ; j < tab.length ; j++)
            tab[j] /= div;
    } catch (NullPointerException e) {
        System.err.println("tab=null");
    } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
        System.err.println("index incorrect");
    } catch (ArithmeticException e) {
        System.err.println("diviseur nul");
    } finally { // on passe toujours ici }
}
```

## Traitement des exceptions

- Si une exception est générée dans le bloc `try{ ... }` :
  - on passe immédiatement dans le premier gestionnaire `catch` compatible avec l'exception (i.e. attrapant exactement le type d'exception généré, ou bien un type « ancêtre » au sens de l'héritage)
  - on exécute le `catch`
  - puis on continue APRÈS l'ensemble `try{...}catch(...){...}`
- Si pas de `catch` adéquat, on remonte au `try` « englobant » le plus proche, on cherche un `catch` correspondant, etc... (et arrêt programme si fin de la pile d'appels)
- Le `finally` est facultatif ; il est exécuté à la fin du bloc `try` quoiqu'il arrive (fin normale, sortie par `return`, sortie après `catch`, ou avec exception non traitée)

## Nature des exceptions

- Concrètement, une exception est un objet instance de classes spécifiques
- Divers types d'exceptions (classes) sont prédéfinies, et susceptibles d'être générées automatiquement à l'exécution, par exemple :
  - `ArithmeticException`
  - `ArrayIndexOutOfBoundsException`
  - `NullPointerException`
  - `FileNotFoundException`
- On peut aussi définir de nouveaux types d'exceptions

## Catégories d'exceptions

- classe mère : `Throwable`
- erreurs « système » : classe `Error` (dérivée de `Throwable`)
- autres anomalies : classe `Exception` (dérivée de `Throwable`) et ses sous-classes
- cas particuliers : classe `RuntimeException` (dérivée de `Exception`) et ses sous-classes = exceptions « non contrôlées » (voir plus loin)
- méthodes communes :
  - `NomException(String)` : constructeur avec message explicatif sur la cause de l'exception
  - `String getMessage()` : renvoie le message explicatif en question
  - `String toString()` : renvoie le type de l'exception (nom de sa classe) et le message explicatif
  - `void printStackTrace()` : affiche la pile d'appel jusqu'au point de lancement de l'exception

## Exceptions contrôlées ou non

- Les exceptions de type `RuntimeException` et ses sous-classes (par exemple `ArithmeticException`, `NullPointerException`, `ArrayIndexOutOfBoundsException`) sont dites « non contrôlées »
- contrairement aux autres exceptions (dites « contrôlées »), on peut en lancer une, ou appeler une méthode risquant d'en lancer une, sans être **obligé** :
  - de faire cet appel dans un `try{}` avec le `catch()` correspondant
  - soit de mettre dans la méthode englobante la clause `throws` adéquate (cf. + loin)

## Types d'exception usuels

- Exception
  - `RuntimeException`
    - `ArithmeticException`
    - `NullPointerException`
    - `NegativeArraySizeException`
    - `ArrayIndexOutOfBoundsException`
    - `StringIndexOutOfBoundsException`
    - `IllegalArgumentException`
      - `NumberFormatException`
    - `UnsupportedOperationException`
  - `IOException`
    - `FileNotFoundException`
    - `EOFException`
  - `InterruptedException`

## Lancement d'exception

- Possibilité de lancer « manuellement des exceptions » (en plus de celles générées automatiquement)
- mot-clef : `throw`
- Exemple :
 

```
if (test_anomalie)
    throw new Exception("blabla");
if (autre_test)
    throw new IllegalArgumentException("bla");
```
- interrompt immédiatement le cours normal du programme pour rechercher un gestionnaire adéquat englobant (cf. traitement des exceptions)
- lancer de préférence une exception d'un type spécifique à l'anomalie et contenant un texte précisant l'anomalie

## Création de types d'exception

- Nouveaux types d'exception : il suffit de créer une sous-classe de `Exception` ou de `RuntimeException` (ou d'une de leurs sous-classes prédéfinies) :

```
class MonException extends Exception {
    MonException(String s) {
        super(s);
        //...
    }
    //...
}

// ... puis plus loin :
if (test_anomalie) {
    throw new MonException("commentaire");
}
```

- toutes les exceptions (sauf celle dérivant de RuntimeException) sont dites « contrôlées »
- une méthode doit déclarer les exceptions « contrôlées » :
  - qu'elle envoie elle-même
  - qu'elle laisse passer (i.e. émises par méthodes appelées, et non traitées)

```
// ...  
void lire() throws MonException, IOException {  
    // lancement explicite d'une exception si pb. :  
    if (testAnomalie() == true) {  
        throw new MonException("bla");  
    }  
    // appel d'une méthode susceptible de générer  
    // une exception contrôlée de type IOException :  
    int car = System.in.read();  
}
```

## PROGRAMMATION GÉNÉRIQUE PARAMÉTRÉE ("generics")

## Motivation pour la généricité

```
class UtilTab {
    public static String[] concatenerTableauxChaines
        (String[] t1, String[] t2) {
        String[] res = new String[t1.length + t2.length];
        System.arraycopy(t1, 0, res, 0, t1.length);
        System.arraycopy(t2, 0, res, t1.length, t2.length);
        return res;
    }

    static public void main(String[] args) {
        String[] ts1 = { "un", "deux", "trois" };
        String[] ts2 = { "quatre", "cinq" };
        String[] concat = concatenerTableauxChaines(ts1, ts2);
    }
}
```

- Autant de fonctions à écrire que de type de tableaux que l'on souhaite pouvoir concaténer !!

## Motivation pour la généricité (2)

```
class CoupleDeChaines {
    private String premier, deuxieme;
    public CoupleDeChaines(String s1, String s2){
        premier = s1;
        deuxieme = s2;
    }
    public void afficher () {
        System.out.println( "(" + premier + " ; " + deuxieme + " )" );
    }
    public static void main(String[] args) {
        CoupleDeChaines c = new CoupleDeChaines("un", "deux");
        c.intervertir();
        String s = c.premier();
    }
    public String premier() { return premier; }
    public String deuxieme() { return deuxieme; }
    public void intervertir() {
        String tmp=premier;
        premier = deuxieme;
        deuxieme = tmp;
    }
}
```

## Inconvénients de la généricité « non-typée »

```
class UtilTab {
    public static Object[] concatenerTableauxObj
        (Object[] t1, Object[] t2) {
        Object[] res = new Object[t1.length + t2.length];
        System.arraycopy(t1, 0, res, 0, t1.length);
        System.arraycopy(t2, 0, res, t1.length, t2.length);
        return res;
    }

    static public void main(String[] args) {
        String[] ts1 = { "un", "deux", "trois" };
        String[] ts2 = { "quatre", "cinq" };
        Object[] concat = concatenerTableauxObj(ts1, ts2);
        Integer[] ti1 = new Integer[] { 1, 2, 3 };
        Integer[] ti2 = new Integer[] { 4, 5 };
        concat = concatenerTableauxObj(ti1, ti2);
    }
}
```

- Type de retour indépendant du type *réel* des tableaux passés en arguments
- Impossible de définir des dépendances requises entre les types des paramètres (et de retour)

## Inconvénients de la généricité « non-typée » (2)

```
class CoupleObjets {
    private Object premier, deuxieme;
    public CoupleObjets(Object o1, Object o2) {
        premier = o1; deuxieme = o2;
    }
    public Object premier() {
        return premier;
    }
    // ...
    static public void main(String[] args) {
        CoupleObjets cs = new CoupleObjets("un", "deux");
        String s = (String) (cs.premier());
        cs = new CoupleObjets("un", new Integer(11));
        CoupleObjets ci = new CoupleObjets(new Integer(1), new Integer(2));
        cs = ci; // OK (même type)
    }
}
```

Types de retour des méthodes indépendants du type *réel* des objets du couple créé (→ nécessité de conversions à l'utilisation...)

### Impossible :

- de définir des couples ayant *une certaine homogénéité de type* (la vérification n'est possible qu'à l'exécution);
- de distinguer *au niveau type* des couples ayant des contenus de types différents.

## Les « generics » de Java

- Java 1.5 a introduit dans le langage une syntaxe (désignée sous le terme de « generics ») permettant une programmation générique paramétrée assez similaire (au premier abord) aux « templates » de C++

- Permet d'ajouter à une classe, à une interface, ou à une méthode, un (ou plusieurs) paramètre(s) formel(s) de type sous la forme : **<NomDeTypeFormel1, NomDeTypeFormel2, ...>**

[ en pratique, par souci de lisibilité, on utilise généralement pour le(s) type(s) formel(s) un (des) nom(s) d'une seule lettre majuscule telle que T,S,U,V ou E ]

## Méthode générique paramétrée

```
class UtilTab {
    public static <T> T[] concatenerTableaux(T[] t1, T[] t2) {
        T[] res = (T[]) java.lang.reflect.Array.newInstance(t1.getClass()
            .getComponentType(), t1.length + t2.length);
        System.arraycopy(t1, 0, res, 0, t1.length);
        System.arraycopy(t2, 0, res, t1.length, t2.length);
        return res;
    }

    static public void main(String[] args) {
        String[] ts1 = { "aa", "bb", "cc" }, ts2 = { "dd", "ee" };
        String[] concat = concatenerTableaux(ts1, ts2); // T<->String
        Integer[] ti1 = new Integer[] { 1, 2, 3 };
        Integer[] ti2 = new Integer[] { 4, 5 };
        Integer[] ti = concatenerTableaux(ti1, ti2); // T<->Integer
    }
}
```

- <T> définit un *paramètre formel de type* pouvant être remplacé par n'importe quelle *classe*
- Valeur de T déterminée à la compilation (classe la plus spécifique possible telle que la signature des méthodes soit compatible avec les types des arguments d'appel)

## Classe générique paramétrée

```
class CoupleGenerique<T> {
    private T premier, deuxieme;
    public CoupleGenerique(T o1, T o2) {
        premier = o1; deuxieme = o2;
    }
    public T premier() { return premier; }
    public T deuxieme() { return deuxieme; }
    public void intervertir() {
        T tmp = premier; premier = deuxieme; deuxieme = tmp;
    }
    static public void main(String[] args) {
        CoupleGenerique<String> cs
            = new CoupleGenerique<String>("un", "deux");
        cs.intervertir();
        String s = cs.premier();
        CoupleGenerique<Integer> ci
            = new CoupleGenerique<Integer>(new Integer(3), new Integer(5));
        Integer val = ci.deuxieme();
        // cs = ci; IMPOSSIBLE (types differents)
    }
}
```

- Valeur du type T définie explicitement par le programmeur à chaque usage de la classe

## Classe générique paramétrée et héritage

- Une classe générique paramétrée `GenClasse<T>`:
  - peut dériver d'une classe non-générique
 

```
class GenClasse<T> extends Number
```

 (d'ailleurs `Object` est ancêtre de `GenClasse<T>`, comme de n'importe quelle classe Java)
  - peut servir de mère :
    - à d'autres classes génériques
 

```
class FilleGenClasse<T> extends GenClasse<T>
class GenClasse2<T,V> extends GenClasse<T>
```
    - à des classes non-génériques
 

```
class FilleNonGen extends GenClasse<String>
```
- ATTENTION : il n'y a aucun lien d'héritage entre `GenClasse<Fille>` et `GenClasse<Mere>` (où `Fille` dérive de `Mere`)
- On peut spécifier des contraintes (« bornes ») sur les valeurs possibles du type `T` :
 

```
class SpecifGenClasse<T extends Animal>
//...
SpecifGenClasse<Chien> gc;
// OK : Chien est un « descendant » de Animal
SpecifGenClasse<String> gs;
// ERREUR : String « hors bornes de type »
```

## Interfaces et généricité paramétrée

- On peut naturellement définir aussi des interfaces génériques paramétrées.  
Exemple :
 

```
interface Pile<T> {
    void empiler(T obj);
    T sommet();
    void depiler();
    boolean estVide();
}
```
- Une classe générique paramétrée peut être déclarée comme implantant une (ou des) interface(s), générique(s) ou non :
 

```
class GenClasse<T> implements Cloneable
class GeCla<T> implements Cloneable, Pile<T>, Comparable<GeCla<T>>
```
- Des interfaces peuvent intervenir dans la contrainte sur le type `T` d'une classe générique :
 

```
class Clonage<T extends Cloneable> { //... }
class PoulailleurUniforme<T extends Animal & Cloneable & Ovipare> {
    //...
}
class Groupe<T extends Comparable<T>> { //... }
```

## Types paramétrés et « wildcard »

- Chaque valeur correcte de `T` pour une classe générique `GenClasse<T>` définit un type différent et incompatible. Exemple :
 

```
CoupleGenerique<String> et CoupleGenerique<Integer>
```
- On peut cependant avoir besoin de manipuler de manière commune des instances de différentes variantes d'une même classe générique, ce qui est possible grâce au « wildcard » (noté `?`):
 

```
static public void intervertir(CoupleGenerique<?> c){
    c.intervertir();
}
// ...
CoupleGenerique<String> cs = new CoupleGenerique<String>("un", "deux");
CoupleGenerique<Integer> ci = new CoupleGenerique<Integer>(3, 4);
intervertir(cs);
intervertir(ci);
```

**Note :** on peut faire pointer un `CoupleGenerique<?>` vers n'importe quel `CoupleGenerique<T>`, par contre les méthodes ayant un paramètre de type `T` seront inaccessibles via cette référence...

## Wildcard borné

- On peut aussi avoir besoin d'être plus spécifique sur les valeurs acceptables pour le type `T` :
 

```
GenClasse<? extends ClasseOuInterface>
→ OK pour tout T héritant de (ou implantant) ClasseOuInterface
```
- Exemple :
 

```
static public double diff(CoupleGenerique<? extends Number> c){
    double res = c.premier().doubleValue();
    res -= c.deuxieme.doubleValue();
    return res;
}
//...
CoupleGenerique<Integer> ci = new CoupleGenerique<Integer>(3,10);
CoupleGenerique<Double> cd = new CoupleGenerique<Double>(5.5,3.3);
double x = diff(ci);
double y = diff(cd);
```
- Note : possible, inversement, de définir une borne « inférieure » pour le type `T`, par exemple : `Pile<? super Number>`

- De nombreuses classes et interfaces prédéfinies en Java sont génériques.
- C'est en particulier le cas de toutes les « collections » de `java.util` (voir cette section)



# THREADS

## Programmation multi-threads

- un « thread » est une séquence d'instructions exécutées séquentiellement
- en Java, un même programme peut lancer plusieurs threads  
=> exécution « en parallèle » de plusieurs processus (partageant les mêmes données)
- Intérêts : interactivité, réactivité (essentiellement pour les interfaces homme-machine), et plus léger que multi-process Unix
- Inconvénients : problèmes de synchronisation, de gestion des ressources partagées, risque de « deadlock », caractère non déterministe

## Thread

- un thread Java est un fil d'exécution interne au programme, représenté par un objet (instance de la classe `Thread`) qui possède :
  - une instruction courante
  - un état (actif, inactif, en attente, ...)
  - un nom (facultatif)
- il faut donc d'abord le créer, et ENSUITE le démarrer

## Classe Thread

- démarrage par la méthode `start()`, qui exécute la méthode `run()`
- arrêt quand on sort de `run()` par fin normale ou exception
- mise en sommeil du thread courant : méthode statique `Thread.sleep(long milliseconds)`
- changement de thread courant (pour laisser la main aux autres threads) : méthode statique `Thread.yield()`

- Deux approches pour créer un thread :
  - soit créer une classe dérivée de Thread, et redéfinir sa méthode run()
  - ou bien, créer une classe implémentant l'interface Runnable, donc ayant une méthode run(), puis créer un Thread avec ce Runnable en paramètre du constructeur

- Pour pouvoir suspendre/arrêter un thread, faire en sorte qu'il teste périodiquement un (ou des) drapeau(x) lui indiquant s'il doit être suspendu/redémarré/arrêté. Exemple :

```
private Thread t;
boolean suspendThread = false;
boolean stopThread = false;
public void run() {
    while ( !stopThread ) {
        if ( !suspendThread ) {
            // ...
        }
    }
}
public static void main(String[] args) {
    t = new Thread(this); t.start();
    // ...
    suspendThread = true; //suspension
    // ...
    suspendThread = false; //redémarrage
    // ...
    stopThread = true; //arrêt définitif
}
```

```
class Compteur extends Thread {
    private int compteur = 0;
    private boolean pause = false;
    private boolean stop = false;
    /** Méthode lancée automatiquement au démarrage du thread par start() */
    public void run() {
        while (!stop) {
            if (!pause) compteur++;
            try {
                sleep(50);
            } catch (InterruptedException e) {}
        }
    }
    public int valeur(){
        return compteur;
    }
    public void suspendre() { pause = true; }
    public void redemarrer() { pause = false;}
    public void tuer() { stop = true; }
}
```

- gestion des conflits de modification de données par « lock » sur les méthodes déclarées synchronized :
  - durant toute l'exécution par un thread d'une méthode synchronisée, aucun autre thread ne peut appeler simultanément une autre méthode synchronisée du même objet
- possibilité de faire un « bloc synchronisé » exigeant un lock sur un objet donné :
 

```
synchronized (obj) {
    //...
}
```
- si modification asynchrone d'un attribut, le déclarer volatile (pour forcer compilateur à rechercher valeur courante à chaque accès)

## Synchronisation des exécutions

- attente de condition remplie : appel de la méthode `wait()` de l'objet sur lequel le thread travaille

```
class File {
    Element tete, queue;
    public synchronized Element suivant(){
        try{
            while (tete==null)
                wait();
        }
        catch (InterruptedException e) { return null; }
        return tete;
    }
}
```

- déblocage de threads en attente sur l'objet courant : méthodes `notify()` et `notifyAll()` de l'objet

```
public synchronized arrivee(Element e){
    // ajout du nouvel element dans la file
    // ...
    notifyAll();
}
```

## Synchronisation des exécutions (2)

- attente de fin d'un autre thread (rendez-vous) : appel de la méthode `join()` de ce thread

```
// Calcul est supposée implanter Runnable
Calcul c;
Thread calc = new Thread(c);
calc.start();
//...
try {
    // attente de la fin de calc
    calc.join();
} catch (InterruptedException e){
    // ...
}
```

## Blocages

- la programmation avec threads nécessite de faire très attention à ce qu'aucun « deadlock » ne puisse se produire
- cas typiques de blocage :
  - t1 attend la fin de t2 et réciproquement
  - t1 attend la fin de t2 alors qu'il a un « lock » sur un objet sur lequel t2 attend de pouvoir mettre un « lock »
  - t1 suspend t2 pendant qu'il a un « lock » sur o, puis essaie de prendre un « lock » sur le même o

## Priorités des threads

- plus sa priorité grande, plus le thread dispose d'une part importante du temps d'exécution (mais aucune garantie que supérieur strict)
- par défaut, `Thread.NORM_PRIORITY`
- `getPriority()` retourne la valeur
- `setPriority(int p)` avec p entre `Thread.MIN_PRIORITY` et `Thread.MAX_PRIORITY`
- `sleep(long milliseconds)` met en sommeil le thread courant
- `yield()` interrompt le thread courant pour permettre à un autre de prendre la main



## Groupement de threads

- classe ThreadGroup
- permet de regrouper des threads que l'on veut pouvoir traiter de la même façon (par exemple les suspendre tous ensemble, modifier la priorité de tous en même temps, ...)



## PAQUETAGES STANDARDS

## Paquetages standards

- `java.lang` : bases
- `java.io` : entrée-sorties
- `java.util` : utilitaires, structures de données
- `java.text` : internationalisation
- `java.awt` : graphisme (Abstract Window Toolkit)
- `java.applet` : appliquettes
- `javax.swing` : graphisme « 2ème génération »
- `java.beans` : composants
- `java.rmi` : objets distribués (Remote Method Invocation)
- `java.net` : réseau
- `java.math` : précision arbitraire, ...
- `java.sql` : bases de données (JDBC)
- `java.security` : cryptage, authentification, ...
- ...

## Paquetage `java.lang`

- des classes de base : `String`, `StringBuffer`, `System`, `Thread`, `Object` ...
- des classes permettant d'encapsuler les types élémentaires dans des objets (classes `Integer`, `Float`, ...)
- la librairie mathématique (classe `Math`)
- Nota-Bene : ce paquetage est « importé » automatiquement

## classe `String`

- constructeurs : `String()`, `String(String)`, ...
- longueur : `length()`
- accès à un caractère : `char charAt(int)`
- recherche dans la chaîne :  
`int indexOf(char)`, `int indexOf(String)`
- comparaison de contenu (ordre lexico.) : `int compareTo(String)`
- test égalité de contenu : `boolean equals(Object)`
- test égalité partielle :  
`boolean regionMatches(int start, String other, int oStart, int len)`
- test de début/fin de la chaîne :  
`boolean startsWith(String)`,  
`boolean endsWith(String)`, ...

## classe String (2)

- concaténation (renvoie une nouvelle chaîne avec le résultat) :  
String concat(String)
- sous-chaîne :  
String substring(int deb, int fin)  
void getChars(int deb, int fin, char[] dest, int destDeb)
- découpage :  
String[] split(String delim)
- suppression des blancs de début et fin :  
String trim()
- changement de casse :  
String toLowerCase() ; String toUpperCase() ; ...
- substitution de caractère :  
String replace(char old, char new)
- conversion en chaîne des types de base (méthodes statiques) :  
String.valueOf(int) ; String.valueOf(float) ; ...

## classe StringBuffer

- constructeurs :  
StringBuffer(), StringBuffer(String), StringBuffer(int), ...
- concaténation :  
StringBuffer append(String), StringBuffer append(int), ...
- modification de caractère :  
StringBuffer setCharAt(int index, char c)
- insertion : StringBuffer insert(int index, char c), ...
- suppression :  
deleteCharAt(int index), delete(int debut, int fin)
- troncature : void setLength(int)
- miroir : StringBuffer reverse()
- conversion en String : String toString()
- capacité : int capacity(), ...
- comme String : charAt(int), substring(), getChars()

## Classe StringBuilder

- Variante de la classe StringBuffer (mêmes fonctionnalités), avec des implantations plus efficaces des méthodes, mais à ne pas utiliser en cas de multi-threading (méthodes non « synchronisées »)

## Classe racine (Object)

- ancêtre de toutes les classes
- comparaison : public boolean equals(Object obj)
- conversion en chaîne : public String toString()
- duplication : protected Object Clone()
- code de hachage : public int hashCode()
- destruction : protected void finalize()
- synchronisation threads : notify(), notifyAll(), wait()
- classe instanciée : public Class getClass()

- Classe abstraite ancêtre de tous les types énumérés (i.e. définis avec le mot-clef enum)
- Implante l'interface de comparaison Comparable (voir + loin), de sorte que toute valeur d'un type énuméré est automatiquement comparable à toute autre valeur d'un *même* type énuméré ; l'*ordre « naturel » utilisé* par la méthode compareTo(Enum autre) est l'*ordre de déclaration des constantes* dans le type énuméré

- représentation des classes et interfaces (et tableaux)
- obtention via une instance (o.getClass()), ou par le nom : Class.forName("NomComplettClasse")
- littéraux : NomClasse.class (ex: String.class désigne la classe String)
- instantiation : Object newInstance()
- récupération des membres de la classe
  - Method[] getDeclaredMethods()
  - méthodes publiques: Method[] getMethods()
  - Field[] getDeclaredFields() et getFields()
  - Constructors[] getDeclaredConstructors(), getConstructors()
  - Class[] getInterfaces()
  - Class getSuperClass()
  - classes internes: Class[] getClasses()

- recherche d'un membre donné :  
Method getMethod(String),  
Field getField(String), ...
- informations sur la classe :
  - nom **complet** : String getName()
  - toString() : idem, précédé de « class » ou « interface » selon les cas
  - boolean isInterface()
  - boolean isArray()
  - boolean isPrimitive()
  - int getModifiers() : retourne un « masque » de la forme Modifier.PUBLIC|Modifier.STATIC...
  - type des éléments (pour tableaux seulement): Class  
getComponentType()
- tester l'appartenance d'un objet à la classe (instanceof dynamique) :  
boolean isInstance(Object)

- représentation des attributs
- implante l'interface Member :
  - accès au nom : String getName()
  - nature: int getModifiers()
  - Class getDeclaringClass()
- type: Class getType()  
(renvoie instances spéciales int.class, float.class, boolean.class,... si type primitif)
- accès/modification de valeur :
  - void set(Object instance, Object valeur)
  - void Object get(Object instance)

- représentation des méthodes des classes
- implante Member (cf. Field)
- type des paramètres :  
`Class[] getParameterType()`
- type de retour :  
`Class getReturnType()`
- invocation :  
`Object invoke(Object instance, Object[] args)`

- pour chaque type élémentaire (`boolean`, `char`, `int`, `float`, ...), il existe une classe « enveloppe » correspondante (`Boolean`, `Character`, `Integer`, `Float`, ...) pour pouvoir manipuler si nécessaire des valeurs élémentaires comme des objets
- elles ont toutes :
  - un constructeur à partir d'une valeur du type primitif correspondant
  - un constructeur à partir de `String`, et une méthode statique équivalente `NomClasse.valueOf(String)`
  - une méthode `String toString()`
  - un attribut `TYPE` avec l'objet `Class` correspondant

- Les conversions dans les deux sens entre chaque type primitif et sa classe « enveloppe » correspondante se font automatiquement :

```
Integer objEntier = 4;
// OK : équivalent de = new Integer(4);
```

```
Double objDouble =
    Double.valueOf("1.618");
double x = 10.*objDouble;
// OK : équivalent de = 10.*objDouble.doubleValue();
```

```
Object[] tab= new Object[3];
tab[0] = true;
tab[1] = 'W';
tab[2] = 33;
// OK : équivalent de tab[0]= new Boolean(true);
// tab[1]= new Character('W');
// tab[2]= new Integer(33);
```

- classe abstraite mère des classes `Byte`, `Integer`, `Float`, ...
- dans chaque classe fille :
  - valeurs min/max du type : constantes de classe `MIN_VALUE` et `MAX_VALUE`
  - méthodes de conversion : `byte byteValue()`, `int intValue()`, `float floatValue()`, ...
  - conversion en chaîne du type élémentaire : méthode statique `String toString(type)`



- presque totalement similaires
- évaluer un entier écrit sous forme de chaîne de caractères :  
`int Integer.parseInt(String), byte  
Byte.parseByte(String),...`
- idem en précisant une base :  
`int Integer.parseInt(String s, int base)`
- écriture en base 2 à 36 :  
`String Integer.toString(int val,  
int base)`
- ...

- totalement similaires
- infini :  
`float Float.POSITIVE_INFINITY,  
float Float.NEGATIVE_INFINITY,  
boolean Float.isInfinite(float)`
- indéterminé :  
`boolean Float.isNaN(float)`

- ne contient quasiment que des fonctions (méthodes statiques)
- test de la nature d'un caractère :  
`boolean Character.isLetter(char),  
Character.isDigit(char),  
Character.isWhiteSpace(char), ...`
- Accès au type précis d'un caractère :  
`int Character.getType(char ch)` renvoie un identifiant  
parmi : `Character.LOWERCASE_LETTER,`  
`Character.DECIMAL_DIGIT_NUMBER`  
...
- changement de casse :  
`char Character.toLowerCase(char), ...`
- ...

- classe mère Throwable :
  - `Throwable(String)` : constructeur avec un message explicatif sur la cause de l'exception
  - `String getMessage()` : renvoie le message explicatif en question
  - `void printStackTrace()` : affiche la pile d'appel jusqu'au point de lancement de l'exception
- rien de plus dans les classes filles `Exception`, `RuntimeException`, ... mais toutes ont un constructeur de la forme :
  - `NomException(String)` : constructeur avec un message explicatif sur la cause de l'exception

## classe System

- entrée-sorties standards :  
`InputStream System.in,`  
`PrintStream System.out et System.err`
- redirection des I/O : `System.setIn(InputStream), ...`
- lancement forcé du Garbage Collector : `System.gc()`
- fin d'exécution : `System.exit(int status)`
- accès aux variables d'environnement :  
`String System.getProperty(String name)...`
- réglage sécurité :  
`System.setSecurityManager(SecurityManager)`
- heure (en ms depuis 1/1/1970) :  
`long System.currentTimeMillis()`
- copie rapide de tableau :  
`System.arraycopy(src, deb, dest, debD, len)`

## classe Runtime

- classe instanciée une fois (et une seule) dans chaque programme Java s'exécutant
- récupération de l'instance courante : `Runtime`  
`Runtime.getRuntime()`
- lancement de programme externe (dans un process séparé) :  
`Process exec(String commande)...`  
 exemple :  
`Runtime.getRuntime().exec("ls -l *.c");`
- bilan mémoire :  
`long freeMemory()` et `totalMemory()`

## classe Process

- classe abstraite permettant de gérer les programmes externes lancés en process séparés par `exec()` de `Runtime`
- attente de fin et récupération du status :  
`int waitFor()`
- suppression du process (kill) : `destroy()`
- connexion avec les I/O standard :
  - `InputStream getInputStream()` : récupère la sortie standard (pour lire dessus)
  - `OutputStream getOutputStream()` : permet de se connecter à l'entrée standard du process (pour écrire des choses dessus)

## classe Thread

- classe pour gérer les « sous-processus » internes à un programme Java
- constructeurs : `Thread(String), Thread(Runnable)`
- thread courant : `Thread.currentThread()`
- démarrage : `start()`
- envoyer message : `interrupt()`  
 $\Rightarrow$  `isInterrupted()` devient true (à exploiter dans la méthode `run()`)
- état : `boolean isAlive()`  
 $==$  true depuis `start()` jusqu'à fin d'exécution
- attente de la fin du thread `t` : `t.join()`
- contrôle du thread actif courant (méth. statiques) :
  - mise en sommeil : `Thread.sleep(long millisec)`
  - rendre la main : `Thread.yield()`
- infos : `getName(), getPriority(), getThreadGroup()`
- priorité : `setPriority(int p)`, `p` entre `Thread.MIN_PRIORITY` et `Thread.MAX_PRIORITY`

- Constantes : `Math.PI`, `Math.E`
- Fonctions mathématiques usuelles (toutes *static*, avec `double` en entrée et en sortie) :  
`sin()`, `cos()`, `tan()`, `acos()`, ... `sqrt()`, `exp()`, `log()`,  
`pow()`, `ceil()`, `floor()`, `rint()`, ...
- Autres fonctions :
  - `int round(float)`,  
`long round(double)` : arrondis à l'entier le plus proche
  - `abs(a)`, `min(a,b)`, `max(a,b)`  
pour `a` et `b` : `int`, `long`, `float` et `double`
  - `double random()` : nombre compris dans l'intervalle `[ 0. ... 1. [` et tiré – par défaut – d'une série pseudo-aléatoire nouvelle à chaque exécution du programme

- Identique à la classe `Math` en termes de fonctionnalités mais avec des caractéristiques différentes en termes de performances et de portabilité :
  - utilise des algorithmes standards définis dans la bibliothèque mathématique **fdlibm** « *Freely Distributable Math Library* »
  - résultats des calculs strictement identiques quelque soit le matériel utilisé
  - performances *possiblement* inférieures comparées à celles de la classe `Math` (lorsque le hardware utilisé fournit des routines optimisées).

- `Appendable` : implantée par classes prédéfinies permettant l'append de caractères (`StringBuffer`, `FileWriter`, ...)
- `CharSequence`
- `Cloneable` : voir description de méthode `clone()` dans section sur classes/objets
- `Comparable` : interface de comparaison (voir section sur `java.util`)
- `Iterable<T>` : interface déclarant l'unique méthode `Iterator<T> iterator()`, et caractérisant les types permettant les « itérations simplifiées » (voir section sur les instructions de contrôle)
- `Readable` : source de caractères (implantée notamment par `FileReader`, `StringReader`, ...)
- `Runnable` : voir section sur les thread



## ENTREES-SORTIES :

### paquetage `java.io`

- lecture/écriture séquentielle (flux)
- gestion fichiers

## Les 4 catégories de flux

- flux d'octets : classes abstraites `InputStream` et `OutputStream`
- flux de caractères : classes abstraites `Reader` et `Writer`
- principales méthodes de lecture :
  - `int read()` : prochain élément du flux (ou -1 si « fin de flux »)
  - `int read(byte[] buf)` pour `InputStream`
  - et `int read(char[] buf)` pour `Reader`
  - `long skip(long nb)` : saute nb éléments
  - `void close()`
- principales méthodes d'écriture :
  - `void write(int c)`
  - `void write(byte[] / char[] buf)`
  - pour `Writer` : `void write(String s)`
  - `void flush()`
  - `void close()`

## Les flux « concrets »

- lecture/écriture (séquentielle) dans fichiers :  
`FileInputStream/FileOutputStream`,  
`FileReader/FileWriter`  
 nom du fichier spécifié dans le constructeur : `new FileReader(filename)`
- lecture/écriture dans tableau en mémoire :  
`ByteArrayInput(/Output)Stream`  
`CharArrayReader/CharArrayWriter`  
 tableau donné dans le constructeur : `new CharArrayReader(tab)`,  
 récupéré par `toByteArray()` (resp. `toCharArray()`)
- lecture/écriture dans une chaîne :  
`StringReader/StringWriter`  
 chaîne donnée dans le constructeur (`new StringReader(ch)`),  
 ou récupérée par `toString()`
- enchaînements de flux (« pipes ») :  
`PipedInputStream/PipedOutputStream`,  
`PipedReader/PipedWriter`

## Conversions pour flux binaire

- pour lire/écrire *autre chose* que des octets ou caractères, on utilise des classes avec d'autres méthodes, qui font la conversion avec les flux « concrets » de bas niveau :
- flux données binaires (types primitifs) :  
`DataInputStream/DataOutputStream`
  - couche au-dessus d'un flux d'octets  
`(new DataOutputStream(outStream), ...)`
  - méthodes de lecture : `readFloat()`, `readInt()`, ...
  - et écriture : `writeFloat(x)`, `writeInt(i)`, ...
- flux données binaires (objets persistants) :  
`ObjectInputStream / ObjectOutputStream`
  - couche au-dessus d'un flux d'octets
  - mêmes méthodes que `DataXXXStream` +  
`Object readObject()`  
 (resp. `writeObject(o)`)
  - objets doivent être de classe implantant l'interface `Serializable`

## Autres conversions de flux

- flux « avec tampon » (pour éviter des accès disque ou réseau à chaque lecture/écriture) :  
BufferedInputStream / BufferedOutputStream,  
BufferedReader / BufferedWriter
- flux pour écriture formatée en mode texte (comme pratiqué sur System.out): classe PrintWriter  
avec comme méthodes utiles: print(), println(),  
printf() ...
- flux compressés : paquetage java.util.zip  
(classes ZipInputStream, ZipOutputStream,...)
- conversion flux octets / flux caractères :  
InputStreamReader/OutputStreamWriter

## En pratique : écriture d'un fichier « texte »

- 1/ Importer les classes nécessaires :  
`import java.io.*;`
  - 2/ Ouvrir un flux de caractères vers un fichier :  
`FileWriter out = new FileWriter("nomFichier");`
  - 3/ Ecrire les caractères et/ou chaînes de caractères sur ce flux :  
`out.write(ch); // ch peut être :`  
`// - un char`  
`// - une String`
  - 4/ Fermeture du flux :  
`out.close();`
- Remarque :** chaque étape (sauf l'import) est susceptible de lancer une IOException donc mettre les instructions à risque dans un bloc try/catch :
- ```
try {
    //...
} catch(IOException e) {
    //...
}
```
- (ou bien, utiliser une clause throws).

## En pratique : lecture d'un fichier « texte »

- 1/ Importer les classes nécessaires :  
`import java.io.*;`
  - 2/ Ouvrir un flux de caractères depuis un fichier :  
`FileReader in = new FileReader("nomFichier");`
  - 3/ Lire caractère par caractère sur ce flux :  
`ch = in.read();`  
`// ch vaut -1 en fin de fichier`
  - 4/ Fermeture du flux :  
`in.close();`
- Remarques :**
- Chaque étape (sauf l'import) peut lancer une IOException → bloc try/catch (ou throws).
  - Pour lire des nombres ou toutes données structurées écrites sous forme texte, utiliser la classe Scanner :  

```
import java.util.Scanner;
Scanner sc = new Scanner(in);
double val = sc.nextDouble();
```

## En pratique : écriture d'un fichier « binaire »

- 1/ Importer : `import java.io.*;`
  - 2/ Ouvrir un flux d'octets vers un fichier :  
`FileOutputStream out =`  
`new FileOutputStream("nomFichier");`
  - 3/ Brancher un flux d'écriture d'objets sur le flux d'octets :  
`ObjectOutputStream objOut =`  
`new ObjectOutputStream(out);`
  - 4/ Ecrire les nombres et/ou objets sur ce flux :  
`objOut.writeInt(i); // i entier`  
`objOut.writeFloat(x); // x flottant`  
`// ...`  
`objOut.writeObject(o);`  
`// o objet d'une classe qui implante l'interface Serializable`
  - 5/ Fermeture des flux : `objOut.close();`
- Remarque :** chaque étape (sauf l'import) peut lancer une IOException → bloc try/catch (ou clause throws).

## En pratique : lecture d'un fichier « binaire »

```
1/ Importer : import java.io.*;
2/ Ouvrir un flux d'octets depuis un fichier :
   FileInputStream in = new FileInputStream("nomFichier");
3/ Brancher un flux de lecture d'objets et de données sur le flux d'octets :
   ObjectInputStream objIn = new ObjectInputStream(in);
4/ Lire les nombres et/ou objets sur ce flux :
   int i = objIn.readInt();
   float x = objIn.readFloat();
   // ...
   Object o = objIn.readObject();
5/ Fermeture des flux : objIn.close();
```

### Remarques :

- Chaque étape (sauf l'import) peut lancer une `IOException` → bloc `try/catch` (ou `throws`).
- Penser à convertir ce que retourne `readObject()` dans le bon type (celui de l'objet écrit à cet endroit du fichier).

## Lecture/écriture simultanées et non-séquentielles sur fichier

- Possible via classe **RandomAccessFile**
- constructeur : `RandomAccessFile(filename, mode)`  
mode valant "r" (readonly) ou "rw" (read/write)
- écrire sur le fichier :
 

```
raf.writeInt(i); // i entier
raf.writeFloat(x); // x flottant
raf.writeUTF(s); // s String
//...
```
- lire sur le fichier :
 

```
int i = raf.readInt();
float x = raf.readFloat();
String s = raf.readUTF();
String l = raf.readLine();
//...
```
- taille : `int len = raf.length();`
- déplacement dans le fichier : `raf.seek(pos);`

## Classes utilitaires pour entrées-sorties

- **StreamTokenizer** : pour découpage de flux de caractères en « jetons (ou tokens) » de type mot, nombre, blanc ou caractère
  - constructeur : `StreamTokenizer(Reader r)`
  - lecture jeton suivant : `int nextToken()`  
(renvoie et met dans le champ `ttype` le type du jeton parmi `TT_WORD`, `TT_NUMBER`, `TT_EOL`, `TT_EOF`, et met le nombre dans le champ `nval`, ou la chaîne dans le champ `sval` le cas échéant)
- **File** : pour manipuler fichiers/répertoires (accès à la taille, listage du contenu, suppression, renommage, ...)
  - constructeurs :
 

```
File(String name), File(String path, String name),...
```
  - méthodes :
    - `boolean exists()`, `long length()`, `File getParent()`
    - `boolean isDirectory()`, `String[] list()`
    - `void delete()`, `void mkdir()`,
    - `boolean renameTo(File f)`, ...





**Paquetage java.util :**  
**COLLECTIONS,**  
**DATES, ...**

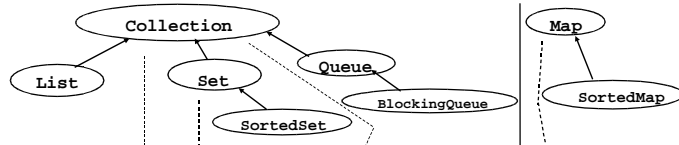
- Ensembles, Listes, Piles, Tables de hachage,...
- interface d'itérateurs
- gestion des dates/heures
- internationalisation

## Les collections

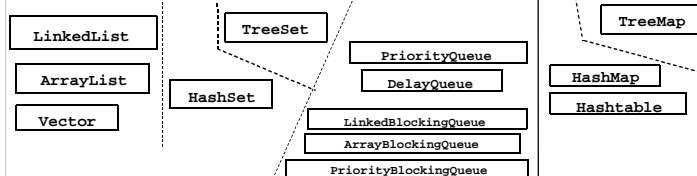
- une collection = un objet regroupant plusieurs éléments (ex. : tableau, liste, ...)
- Java propose, en plus des tableaux, plusieurs types de collections :
  - ensemble : aucun élément dupliqué, pas d'ordre intrinsèque
  - liste : collection ordonnée, avec répétition possible du même élément
  - table : série de couples (clef → valeur)
  - ...
- Depuis la version 1.5, toutes les classes et interfaces de ces collections sont « generics », ce qui permet de définir et manipuler des collections d'objets *d'un type donné*

## Les principales collections Java

### Principales interfaces :



### Principales classes implantant ces interfaces :



## L'interface Collection

- L'interface `Collection` (ou plutôt l'interface `Collection<E>`, où `E` est le type des éléments) permet de manipuler toutes les collections de façon unifiée, et regroupe les méthodes communes à toutes les collections :
  - taille : `int size()`
  - test si vide : `boolean isEmpty()`
  - ajout : `boolean add(E element)`  
 [Note : quand `Collection` n'est pas paramétrée par `<E>`, le prototype est `boolean add(Object element)`]
  - suppression : `boolean remove(Object elt)`
  - suppression de tous les éléments : `void clear()`
  - recherche : `boolean contains(Object elmt)`
  - parcours : `Iterator<E> iterator()`
  - conversion en tableau : `Object[] toArray()`
  - ...

- Permet de parcourir n'importe quelle collection
- habituellement, paramétrée par le type `E` des éléments de la collection : `Iterator<E>`
- s'obtient par appel de `iterator()` sur la collection à parcourir
- contient les méthodes :
  - `boolean hasNext()`
  - `E next()`  
[ ou `Object next()` quand `Iterator` n'est pas paramétrée par `<E>` ]
  - `void remove()`
- **ATTENTION** : il faut en recréer un nouveau (par appel de `iterator()`) dès que la collection a été modifiée par appel à `add()`, `remove()`, ... directement sur la collection

- La classe `Collections` contient toutes sortes de fonctions permettant d'effectuer des manipulations courantes sur les `Collection` :
  - tri avec les fonctions `sort()`
  - recherche du plus petit/grand élément avec les fonctions `min()` et `max()`
  - inversion de l'ordre d'une `List` (fonction `reverse()`)
  - réarrangement aléatoire d'une `List` (fonction `shuffle()`)
  - transformation en `Collection` non modifiable
  - ...
- La classe `Arrays` contient le même genre de fonctions pour les tableaux : `binarySearch()`, `sort()`, `fill()`, ...

- L'interface `Comparable<T>` (du paquetage `java.lang`) spécifie que toute instance de la classe qui l'implante peut être comparée à toute instance de la classe `T`; elle déclare une seule méthode :
 

```
public int compareTo(T autre);
```

 (<0 si `this` "<" `autre`, >0 si `this` ">" `autre`, ou 0 si les deux sont "égaux")
 

Si `MaClasse` implante `Comparable<MaClasse>`, ceci permet notamment de trier un `MaClasse[] tab` avec `Arrays.sort(tab)` ou encore de trier une `Collection<MaClasse> coll` avec `Collections.sort(coll)`
- L'interface `Comparator<T>` (du paquetage `java.util`) déclare principalement :
 

```
public int compare(T t1, T t2);
```

 (négatif, positif, ou nul selon l'ordre `t1 t2`)
 

elle permet de définir des « comparateurs d'instances » de la classe `T`, notamment pour `Arrays.sort(T[], Comparator)` et `Collections.sort(List<T>, Comparator)`

- *Habituellement paramétrée par le type `E` des éléments de la liste : `List<E>`*
- idem que `Collection`, avec en plus des méthodes pour l'accès par position, et itérateur spécifique :
  - `E get(int index)`
  - `E set(int index, E element)`
  - `void add(int index, E element)`
  - `E remove(int index)`
  - `int indexOf(Object elt)`
  - `ListIterator<E> listIterator(int debut)`
  - `ListIterator<E> listIterator()`
  - ...

[ remplacer `E` par `Object` quand `List` n'est pas paramétrée par `<E>` ]
- trois implantations de l'interface `List<E>` :
  - classe `LinkedList<E>`
  - classe `ArrayList<E>`
  - classe `Vector<E>` (implantation similaire à `ArrayList`)

## L'interface ListIterator

- permet de parcourir une List (habituellement paramétrée par le type E des éléments de la liste : ListIterator<E>)
- s'obtient par appel de listIterator() sur la liste à parcourir
- étend l'interface Iterator<E> en ajoutant des méthodes :
  - pour parcourir en sens inverse (previous(), hasPrevious(), ...)
  - pour insérer (add(E o))
  - pour modifier (set(E o))
  - ...
- **ATTENTION** : comme pour les Iterator, il faut en recréer un nouveau (par appel de listIterator()) dès que la liste a été modifiée par appel à add()/remove()/... directement sur la liste

## Exemple d'utilisation de liste [sans paramétrage de type]

```
import java.util.*;
public class ExempleList {
    public static void main(String[] args) {
        List list; // DECLARATION D'UNE LISTE (sans préciser implantation)
        list = new LinkedList(); // CREATION D'UNE LISTE *CHAINEE*
        list.add("Paul"); // INSERTION D'UN OBJET DANS LA LISTE (A LA FIN)
        list.add(0, "Léa"); // INSERTION D'UN OBJET EN *DEBUT* DE LISTE
        list.add("Julie"); // INSERTION D'UN OBJET EN *FIN* DE LISTE
        System.out.println(list); // AFFICHAGE DE LA LISTE
        int n = list.size(); // ACCES A LA TAILLE DE LA LISTE
        System.out.println("Nombre d'elements = " + n);
        list.set(1, "Marc"); // REMPLACEMENT D'UN ELEMENT DE LA LISTE
        // ACCES A UN DES ELEMENTS DE LA LISTE :
        String nom = (String) list.get(1); // -> "Marc"
        System.out.println(nom);
        // SUPPRESSION D'UN ELEMENT DE LA LISTE :
        list.remove(1); // retire "Marc"
        // ...
    }
}
```

## Exemple d'utilisation de liste [sans paramétrage de type] (suite)

```
// ...
// PARCOURS DE LA LISTE AVEC UN ITERATEUR
ListIterator iter = list.listIterator();
while (iter.hasNext()){
    // TANT QU'IL RESTE UN ELEMENT, ACCES A L'ELEMENT SUIVANT
    String s = (String) (iter.next());
    // (penser à convertir dans le bon type)
    System.out.println(s);
    if (s.equals("Léa")) {
        iter.add("Jean"); // ajout durant le parcours
    }
}

String s = (String) iter.previous(); // retour en arriere
iter.remove(); // suppression durant le parcours

list.add("Alain"); // modif sans passer par l'iterateur !
System.out.println(list);

// ATTENTION, après modif, l'itérateur n'est plus valide :
System.out.println(iter.next());
// -> ConcurrentModificationException
```

## Utilisation de liste en tirant parti de la généricité

- Si le type des éléments est uniforme, mieux vaut utiliser les collections en mode « générique »
- Dans l'exemple précédent, il faut donc écrire :
  - déclaration : List<String> list;
  - (on précise le type des éléments de la liste)
  - création : list = new LinkedList<String>();
  - accès à un élément : String nom = list.get(1);
  - (plus besoin de convertir ici, car le type de retour de get() est adapté à celui des éléments)
  - création itérateur : ListIterator<String> iter = list.listIterator();
  - utilisation itérateur : type de retour de iter.next() et iter.previous() adaptés → plus besoin de conversion des références (String s = iter.next());

## Types et classes des collections paramétrées

- Remarque préalable : *les collections ne peuvent contenir que des objets (pas de types primitifs)* ; à part cela, le type E des éléments peut-être n'importe quelle *classe ou interface* (éventuellement paramétrée)
- Les types `ArrayList<String>` et `ArrayList<Integer>` (par exemple) sont *distincts et incompatibles* (bien qu'il n'y ait en fait qu'une unique classe `ArrayList`)
- ATTENTION : il est impossible de créer des tableaux dont les éléments sont d'un type paramétré (`new ArrayList<String>[3]` est illégal !)  
 → utiliser à la place des collections de collections, e.g. :  

```
List<List<String>> lili ;
lili = new ArrayList<List<String>>();
```

## Références vers collections de divers types

- On peut déclarer et utiliser des références capables de pointer vers les diverses variantes d'une même classe ou interface : ainsi, **`List<?>`** **`List`** ; peut pointer vers toute liste indépendamment du type des éléments
- On peut aussi restreindre les types possibles d'éléments :  

```
List<? extends Truc> li; (où Truc est une classe ou interface)
puis li = new ArrayList<Machin>();
avec Machin extends (ou implements) Truc
```
- **ATTENTION** : ces références de type `Xyz<?>` ou `Xyz<? extends Truc>` ne permettent PAS l'utilisation des méthodes de `Xyz` pour lesquels un des paramètres est de type E (ou `<E>` est le paramètre de type de `Xyz`)...

## Classe Vector

- Habituellement paramétrée par le type E de ses éléments : `Vector<E>`
- Similaire à la classe `ArrayList` en termes de fonctionnalités
- Principale différence : `Vector` est « synchronized »

## Classe Stack

- Habituellement paramétrée par le type E de ses éléments : `Stack<E>`
- Implantation par dérivation de la classe `Vector`, en ajoutant les méthodes :
  - empiler : `push(E item)`
  - sommet : `E peek()`
  - dépiler : `E pop()`

[remplacer E par `Object` quand  
`Stack` n'est pas paramétrée par `<E>` ]

## Les ensembles (interfaces Set et SortedSet)

- **Set<E>** : exactement les mêmes méthodes que `Collection<E>`, mais impossible de mettre deux fois le même élément dans un même Set
- **SortedSet<E>** y ajoute des méthodes pour :
  - accéder au plus grand ou au plus petit : `last()`, `first()`
  - extraire un sous-ensemble : `subSet(E min, E max),...`
- Deux implémentations :
  - classe `HashSet<E>` pour `Set<E>` (utilisant une table de hachage `HashMap<E, Object>`)
  - classe `TreeSet<E>` pour `SortedSet<E>` (utilisant un « arbre bicolore » `TreeMap<E, Object>`)
- Opérations sur les ensembles :
  - Test d'inclusion : `e1.containsAll(e2)`
  - Union : `e1.addAll(e2)` [modifie e1 !]
  - Intersection : `e1.retainAll(e2)` [modifie e1 !]

## Les files d'attente (interface Queue)

- Cette nouvelle sous-interface `Queue<E>` de `Collection<E>` offre les fonctionnalités d'une file d'attente.
- En plus des méthodes de `Collection`, on trouve :
  - essai d'ajout : `boolean offer(E elt)` : [idem `add(elt)`, sauf que la réussite de l'ajout dans la file n'est pas garanti (cas d'une file pleine...)]
  - récupération et suppression de l'élément en tête (si file non vide) : `E poll()`
  - `E remove()` : idem `poll()`, mais lance `NoSuchElementException` si la file est vide
  - accès à la tête de file : `E peek()`
  - `E element()` : idem `peek()` mais lance `NoSuchElementException` si la file est vide
- La sous-interface `BlockingQueue<E>` bloque jusqu'à ce que la file soit non-vidée, en cas d'essai d'accès à la tête.

## Implantations de Queue

- **PriorityQueue<E>** : les éléments sont traités selon leur ordre « naturel »

Autres implantations, dans le sous-paquetage `java.util.concurrent` :

- **LinkedBlockingQueue<E>** : une FIFO (« First In First Out ») bloquante.
- **ArrayBlockingQueue<E>** : une FIFO (« First In First Out ») bloquante à capacité limitée (stockage dans un tableau).
- **PriorityBlockingQueue<E>** : idem `PriorityQueue<E>` mais en version bloquante
- **DelayQueue<E>** : les éléments doivent implémenter l'interface `Delayed`, et ne sont traités qu'une fois leur « délai » expiré, en commençant par ceux ayant expiré les premiers

## Les tables (interface Map)

- Série de couples (clef → valeur)
  - toute clef est présente au plus une fois
  - une clef présente est associée à une **unique** valeur

[ paramétrée par les types respectifs *K* et *V* des clefs et des valeurs : `Map<K, V>` ]
- Principales méthodes :
  - ajout : `put(K clef, V valeur)`
  - valeur associée à une clef : `V get(Object clef)`
  - suppression : `V remove(Object clef)`
  - taille : `boolean isEmpty()` et `int size()`
  - `boolean containsKey(Object clef)`
  - `boolean containsValue(Object val)`
  - collection des valeurs : `Collection<V> values()`
  - ensemble des clefs : `Set<K> keySet()`
  - ensemble des couples clef-valeur : `Set<Map.Entry<K, V>> entrySet()`  
(chaque couple est une instance de `Map.Entry<K, V>`)

## Table triée : interface SortedMap

- SortedMap<K, V> est un cas particulier de Map<K, V> qui garantit que les couples sont stockés *par ordre croissant de clef*
- Méthodes supplémentaires par rapport à Map :
  - K firstKey()
  - K lastKey()
  - SortedMap headMap(K clefLimite)
  - SortedMap tailMap(K clefLimite)
  - SortedMap subMap(K clefMin, K clefMax)

[remplacer K et V par Object dans les prototypes quand SortedMap n'est pas paramétrée par <K, V> ]

## Principales implantations de table

- Deux implantations principales :
  - HashMap<K, V> = implantation de Map<K, V> par hachage
  - TreeMap<K, V> = implantation de SortedMap<K, V> par « arbre bicolore »
- NOTE :** Il existe aussi une autre implantation de Map, très voisine de HashMap : la classe Hashtable. En plus des méthodes standards de Map, elle possède les méthodes suivantes :
  - liste des éléments : Enumeration elements()
  - liste des clef : Enumeration keys()

## Collections et enum

- La classe **EnumSet**<E> extends Enum<E>> est une implantation de Set spécialisée (et optimisée) pour le *stockage de valeurs d'un même type énuméré* (enum)
  - pas de constructeur : la création se fait par une des méthodes « static » de la classe ; exemple :
 

```
Set<MonEnum> s;
s = EnumSet.allOf(MonEnum.class);
```
  - Manipulation avec les méthodes standard d'un Set
- EnumMap<K> extends Enum<K>, V> est une classe offrant une implantation de Map spécialisée et optimisée pour des tables dont les *clefs* sont des valeurs d'un même type énuméré.

## Enumeration

- Enumeration<E> contient deux méthodes :
  - élément suivant : E nextElement()
  - test de fin : boolean hasMoreElements()

## « parsing » : classes Scanner et Pattern

- Un Scanner permet de « parser » tout ce qui est « Readable » (flux, Strings, etc.) :

```
import java.util.Scanner;
// . . .
Scanner scFlux = new Scanner(System.in);
String tst = "bleu 12 rouge 1,618";
Scanner scString = new Scanner(tst);
String s = scString.next();
int k = scString.nextInt();
double x = scFlux.nextDouble();
if (scFlux.hasNext()) { /* ... */ }
if (scFlux.hasNextDouble()) { /* ... */ }
```

- La classe Pattern permet de définir et rechercher des « expressions régulières » :

```
if ( Pattern.matches("[a-d].[0-9]", chaine) ) { /* ... */ }
Pattern pat = Pattern.compile("[^aeiouy]*\s");
```

- Usage conjoint avec Scanner :

```
if (scFlux.hasNext(pat)){ /* ... */ }
```

## classe Scanner : exemples

- Lecture depuis le clavier (sans gestion d'erreurs) :
 

```
Scanner scin = new Scanner(System.in);
System.out.println("Entrez une chaîne : ");
String s = scin.next();
System.out.println("Entrez un entier : ");
int n = scin.nextInt();
System.out.println("s=" + s + ", n=" + n);
```
- Lecture d'un fichier ligne par ligne et affichage de son contenu à l'écran :

```
try {
    Scanner sc = new Scanner( new FileReader(fichier.txt) );
    String ligne;
    while (sc.hasNextLine()) {
        ligne = sc.nextLine();
        System.out.println(ligne);
    }
}
catch (FileNotFoundException e) {
    System.err.println(e);
}
```

## classe Scanner : exemple

- Lecture depuis le clavier avec pattern et gestion d'erreurs :

```
Scanner sc = new Scanner(System.in);

Pattern p = Pattern.compile("[Yy]");

try {
    String s1 = sc.next(p);
    // accepte uniquement Y ou y
}
catch (InputMismatchException e){
    System.out.println("Y ou y attendu");
}

. . .
```

## Divers : BitSet, StringTokenizer, Random

- Champ de bits : classe BitSet
  - constructeur : `BitSet(int taille)`
  - mise à vrai : `set(int position)`
  - mise à faux : `clear(int position)`
  - opérations : `and(BitSet autre)`, `or(BitSet autre)`, `xor(BitSet autre)`
  - taille courante : `int size()`
- Découpage de chaîne en tronçons : classe `StringTokenizer`
  - constructeur : `StringTokenizer(String aDecouper), ...`
  - boolean `hasNextToken()`
  - String `nextToken()`
  - String `nextToken(String delim)`
    - [ delim : chaîne contenant l'ensemble des délimiteurs à prendre en compte ]
- Classe `Random` : pour la génération de séries (pseudo-)aléatoires de nombres



## Dates, heure, etc...

- Date et heure : classe Calendar
  - maintenant : `Calendar now=Calendar.getInstance();`
  - extraire année, mois, ... : méthode `int get(int champ)`  
[ avec champ valant `Calendar.YEAR`, `Calendar.MONTH`, ... ]
  - modifier : `set(int quoi, int valeur)`, ou `set(annee, mois, jour)`, ...
  - comparer : `boolean after(Calendar c2)`, ...
  - chaîne affichable : `Date getTime()`
- Internationalisation : classe Locale





## INTERFACES HOMME-MACHINE (IHM) GRAPHIQUES

## IHM graphiques

- Java inclut diverses classes facilitant la création d'Interfaces Homme-Machine (IHM) graphiques PORTABLES
  
- cette IHM peut être :
  - soit une applet intégrée dans une page Web,
  - soit une application indépendante
  
- principaux paquetages :
  - `java.awt` : bases communes et composants de « 1ère génération »
  - `java.awt.event` : gestion des événements
  - `java.applet` : applets non Swing
  - `javax.swing` : complément et alternative aux composants AWT

## Applet v.s. application

- Pour les applets téléchargées, il y a de nombreuses restrictions concernant la sécurité :
  - accès aux fichiers locaux restreints
  - pas de connexion réseau avec des sites autres que le site d'origine
  - pas le droit de lancer d'autres programmes
  - interdiction de contenir des méthodes « natives », ou de charger des librairies
  
- Ces restrictions ne s'appliquent pas :
  - aux applets locales exécutées avec `appletviewer`
  - aux applets téléchargées mais définies comme « de confiance » par l'utilisateur, et authentifiées par une signature chiffrée

## tag HTML <APPLET>

- Pour insérer une applet dans une page Web, celle-ci doit contenir :
 

```
<APPLET code="NomApplet.class"
        width=w height=h
        ...
      </APPLET>
```

 où `w` et `h` = dimension réservée à l'applet (en pixels)
  
- On peut insérer (entre le tag ouvrant et le tag fermant) des tags de la forme :
 

```
<PARAM name=Nom value=Val>
```

 pour passer des paramètres récupérables dans l'applet

## Applets, versions de Java et navigateurs

- Les navigateurs usuels (Firefox, IE) utilisent pour exécuter les applets leur propre JVM qui peut correspondre à une version plus ou moins récente du langage
- Solution #1 : ne pas utiliser dans les applets les nouveautés les plus récentes de Java
- Solution #2 : exiger la présence d'un plug-in Java dans le navigateur :
  - côté utilisateur, il faut donc installer un « Java Plug-in » dans le navigateur ;
  - côté développeur, faire en sorte que la référence à l'applet dans le fichier HTML utilise la balise <OBJECT> au lieu de la balise <APPLET>

## Ecrire une Applet

Pas de `main()`, mais une sous-classe de `Applet`, redéfinissant tout ou partie des méthodes suivantes (appelées par le browser, ou par `appletviewer`) :

- `init()` : exécutée au chargement de l'applet
- `start()` : exécutée au démarrage de l'applet  
[doit rendre la main => lancer des threads si besoin d'une boucle continue]
- `paint(Graphics)` : dessine l'applet (est normalement appelée automatiquement par `update()` quand nécessaire)
- `update(Graphics)` : appelée automatiquement quand il faut re-dessiner l'applet (par défaut : efface, puis appelle `paint()`)
- `print(Graphics)` : pour imprimer, si différent de affichage
- `stop()` : exécutée quand l'applet devient temporairement invisible (=> suspendre les threads, ...)
- `destroy()` : exécutée au déchargement de l'applet (=> libérer les ressources)

## Ecrire une Applet (2)

- méthodes essentielles souvent utilisées :
  - `repaint()` : demande de ré-affichage (exécutée par le système dès que possible)
  - `Image getImage(URL base, String name)`: chargement en mémoire d'un fichier image
  - `AudioClip getAudioClip(Url base, String name)`: chargement d'un fichier son
  - `URL getDocumentBase()` : récupération de l'URL du document web incluant l'applet
  - `URL getCodeBase()` : récupération de l'URL du répertoire de l'applet
  - `String getParameter(String)` : pour récupérer valeur d'un des <PARAM>
- affichage d'une image : `g.drawImage(img, x,y,this);`  
[ dans la méthode `paint(Graphics g)` ]
- utilisation d'un son `AudioClip ac` :  
`ac.play(), ac.loop(), ac.stop()`

## Une applet élémentaire

```
import java.applet.*; // Pour classe Applet
import java.awt.*;    // Pour classe Graphics

public class BonjourApplet extends Applet {
    /**
     Redéfinition de paint(),
     appelée quand il faut par le browser
    */
    public void paint(Graphics g) {
        g.drawString("Bonjour !", 25, 50);
    }
}
```

## Une applet avec image et son

Affichage d'une image à une position modifiée à chaque redémarrage, et son joué durant l'affichage

```
import java.applet.*;
import java.awt.*;
import java.net.*;
// pour la classe URL

public class ImageSonApplet
    extends Applet {
    private Image img;
    private int xIm, yIm;
    private AudioClip son;

    // Chargement image et son :
    public void init() {
        URL base = getDocumentBase();
        img=getImage(base, "im.gif");
        son=getAudioClip(base, "s.au");
        xIm=10; yIm=20;
    }

    // Jouer le son :
    public void start(){
        son.loop();
    }

    // Afficher image :
    public void paint(Graphics g){
        g.drawImage
            (img,xIm,yIm,this);
    }

    // Arrêter son, modifier la
    // position :
    public void stop() {
        son.stop();
        xIm+=20; yIm+=20;
    }
}
```

## Une applet animée simple (sans thread)

Affiche un disque de rayon qui varie en permanence (croît/décroit/croît/...)

```
import java.applet.*;
import java.awt.*;
public class AnimApplet extends Applet {
    private int x=50, y=50, r=5, dr=1;
    private final int MAX_DIM = 40;
    public void paint(Graphics g) {
        g.fillOval(x, y, 2*r, 2*r);
        iteration();
        repaint(); // demande le ré-affichage du dessin
    }
    public void iteration() { // effectue une itération
        if ( r>MAX_DIM || r<1 ) {
            dr *= -1; // changement du sens de variation
        }
        r += dr; // modification du rayon
    }
}
```

## Une applet animée par un thread

Affiche un disque de rayon variable

```
import java.applet.*;
import java.awt.*;
public class AnimApplet2 extends Applet implements Runnable {
    private int x=50, y=50, dt=100, r=5, dr=1;
    private final int MAX_DIM = 40;
    private Thread anim;
    private boolean suspendAnim=false;
    public void init(){ anim=new Thread(this); }
    public void start() {
        if (!anim.isAlive()) anim.start(); else suspendAnim=false;
    }
    public void paint(Graphics g) { g.fillOval(x,y,2*r,2*r); }
    public void run() { // corps du thread d'animation
        while (true) {
            if (!suspendAnim) { if (r>MAX_DIM||r<1) dr*=-1; r+=dr; }
            try { Thread.sleep(dt); }
            catch (InterruptedException e){}
            repaint();
        }
    }
    public void stop() { suspendAnim=true; }
}
```



## Paquetage java.awt (et sous-paquetages)

- composants graphiques élémentaires (boutons, menus, ...) de première génération
- conteneurs (fenêtres, ...) de première génération
- primitives graphiques pour dessiner
- gestion des images et des sons
- gestion des événements

## Composants graphiques élémentaires

- Briques de base à assembler pour fabriquer l'IHM
- Classe abstraite Component dont héritent les sous-classes :
  - Button : bouton
  - Label : texte affiché par le programme
  - TextField et TextArea : pour entrer du texte
  - Checkbox (et CheckboxGroup) : case à cocher/décocher [ éventuellement choix parmi un ensemble mutuellement exclusif ]
  - Choice : menu déroulant permettant un choix exclusif entre les valeurs proposées
  - List : ensemble de choix cumulables, présentés dans une fenêtre scrollable
  - MenuBar, Menu, MenuItem : pour faire menus déroulants usuels
  - PopupMenu : menu « contextuel » lié à un autre composant au-dessus duquel il peut apparaître
  - ScrollBar : barre de défilement
  - Canvas : zone pour dessiner, ou base pour créer de nouveaux composants par dérivation
  - Container (classe abstraite) : pour grouper des composants selon un certain positionnement

## Types de Conteneurs

- Classe abstraite Container (sous-classe de Component), dont héritent les sous-classes :
  - Panel : conteneur de base, pour grouper des composants
  - ScrollPane : conteneur avec barres de défilement, mais pour un seul composant
  - Window : fenêtre (sans bordure, ni titre), pour création fenêtres perso par dérivation
  - Frame : fenêtre « usuelle » avec bandeau en haut
  - Dialog : fenêtre secondaire, associée à une fenêtre maîtresse (notamment pour pop-up de dialogue)
  - FileDialog : fenêtre de sélection de fichier
- Note : la classe Applet dérive de Panel

## Placement dans les conteneurs

- A chaque conteneur est associé un LayoutManager qui définit la façon de positionner ses composants
- Interface LayoutManager, implantée par les classes :
  - FlowLayout : de gauche à droite et de haut en bas, dans ordre d'ajout (ou en fonction de position demandée)
  - GridLayout : nb. de lignes et colonnes définis à création, puis idem FlowLayout, sauf nb. de colonnes reste fixe lors de redimensionnements (=> composants retaillés en conséquence)
  - BorderLayout : 5 composants seulement, placés en haut, bas, droite, gauche ou centre (cf. constantes de classe NORTH, SOUTH, EAST, WEST, CENTER)
  - CardLayout : superposé
  - GridBagLayout : basé grille, mais très paramétrable via GridBagConstraints

## Fonctionnement des conteneurs

- Gestion des composants :
  - `add(Component c)` : ajout en première place vide (au centre pour `BorderLayout`)
  - `add(Component c, Object contrainte)` : ajout en précisant une contrainte (`BorderLayout.NORTH` pour container en mode `BorderLayout`, ...)
  - `add(Component c, int pos)` : ajout à la position `pos` entre 0 et la place du dernier composant +1 (ne marche pas pour `BorderLayout`)
  - `int getComponentCount()` : nb. de composants
  - `Component [] getComponents()` : tableau des composants
  - `Component getComponent(int pos)` : composant situé à la position `pos`
  - `void remove(int pos)` : retrait du composant situé à position `pos`
  - `void removeAll()`
  - ...
- Gestion du type de placement :
  - `void setLayout(LayoutManager)`
  - `LayoutManager getLayout()`
  - ...

## Les Menus

- créer une `MenuBar mb`
- l'insérer dans un `Frame f` :
 

```
f.setMenuBar(mb);
```
- créer les menus `m` et les ajouter à la `MenuBar` :
 

```
mb.add(m);
```
- créer les `CheckboxMenuItem` et/ou `MenuItem` et les ajouter aux menus
- **NOTE** : `Menu` dérive de `MenuItem`  
=> on fait des sous-menus en ajoutant un menu comme item dans un autre

## Dessiner

- Pour dessiner sur un composant, il faut un « contexte graphique » (objet `Graphics`) associé
- on obtient une copie du `Graphics courant` pour un composant par appel de sa méthode `getGraphics()` [possible a priori uniquement pour les conteneurs et les composants de type `Canvas`]
- méthodes de `Graphics` pour dessiner :
  - `drawString(String texte, int x, int y)`
  - `drawLine(int x1, int y1, int x2, int y2)`
  - `drawRect(int x, int y, int l, int h)`
  - `drawOval(int x, int y, int l, int h)`
  - `drawArc(int x, int y, int l, int h, int angleDeb, int angleArc)`
  - `drawPolygone(int[] tabX, int[] tabY, int nbPoints)`  
et `drawPolygon(Polygone)`
  - `drawPolyline(int[] tabX, int[] tabY, int nbPoints)`
  - Aussi, méthodes de remplissage associées : `fillRect()`, `fillArc()`, ...

## Couleurs

- les dessins sur un `Graphics` se font avec la « couleur courante », consultable et modifiable par ses méthodes respectives :
  - `Color getColor()`
  - `void setColor(Color)`
- les couleurs d'avant-plan et d'arrière-plan d'un composant sont aussi modifiables via les méthodes de `Component` :
  - `Color getForeground()`  
`void setForeground(Color)`
  - `Color getBackground()`  
`void setBackground(Color)`
- classe `Color` :
  - constructeur : `Color(int rouge, int vert, int bleu)`
  - couleurs usuelles : constantes de classe `Color.black`, `Color.red`, `Color.blue`, ...

## Polices de caractères

- Chaque Graphics et Component a une « font courante » consultable / modifiable par ses méthodes :
  - Font `getFont()`
  - `setFont(Font)`
- Polices existant sur toutes plates-formes : Serif, SansSerif, Monospaced, Dialog et DialogInput
- Liste complète locale par appel à :
 

```
String[] Toolkit.getDefaultToolkit().getFontList()
```
- Classe Font :
  - constructeur `Font(String nom, int style, int taille)` où nom est du type « Helvetica », style est une des constantes `Font.BOLD`, `Font.ITALIC`, `Font.PLAIN` (ou une combinaison par |), et taille est la dimension en « points »

## Images

- classe Image
- chargement par la méthode `getImage(url_base, name)` de `Applet`, ou bien, hors des applets, par la méthode `getImage(name)` de la classe `Toolkit` (on obtient un `Toolkit` par `getToolkit()`, ou bien par `Toolkit.getDefaultToolkit()`)
- affichage dans un Graphics :
 

```
boolean drawImage(Image i, int x, int y, ImageObserver o)
```
- méthodes de la classe Image :
  - `int getHeight(ImageObserver)`
  - `int getWidth(ImageObserver)`
  - `Image getScaledInstance(int l, int h, int method)`
  - `Graphics getGraphics()` // pour pouvoir dessiner dessus
  - ...

## Création d'images

Dans certains cas (double buffering pour animation, ...) on veut dessiner dans un objet Image non visible avant de l'afficher. Pour faire cela :

- créer une image par :
 

```
Image img = createImage(l,h);
// méthode de Component
```
- récupérer un Graphics associé :
 

```
Graphics g = img.getGraphics();
```
- dessiner sur g
- quand on le souhaite, afficher l'image dans le composant voulu par appel de `drawImage()` sur un `Graphics` associé au composant (et non à l'image)

## Autres méthodes de Graphics

- `clearRect(x, y, l, h)` : remet à la couleur de fond la zone rectangulaire spécifiée
- `copyArea(x, y, l, h, deltaX, deltaY)` : recopie d'une zone rectangulaire avec translation de (deltaX, deltaY)
- `setClip(x, y, l, h)` : modifie la zone où les choses sont effectivement dessinées

## Dimensions de l'écran et des composants

- pour connaître les dimensions de l'écran en pixels (par exemple pour adapter celles des fenêtres) :  
`Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize()`  
renvoie une instance de la classe `Dimension` qui regroupe dans des attributs publics `width` et `height`
- pour connaître (respectivement modifier) les dimensions d'un composant (en fait, de son rectangle englobant) :
  - `Dimension getSize()`, ou bien  
`int getWidth()` et `int getHeight()`
  - `setSize(w,h)` ou `setSize(Dimension d)`

## Position des composants

- position relative (coin en haut à gauche du rectangle englobant le composant) :
  - `Point getLocation()`  
ou bien `int getX()` et `int getY()`
  - `setLocation(x, y)`, `setLocation(Point p)`
- position absolue (sur l'écran) :
  - `Point getLocationOnScreen()`
- bornes (position + dimension) :
  - `Rectangle getBounds()`, où `Rectangle` regroupe `x`, `y`, `width`, `height`, et diverses méthodes
- test d'inclusion d'un point dans bornes :
  - `boolean contains(x, y)`,  
`boolean contains(Point p)`
- position de la souris : classe `MouseEvent`

## Curseur

- chaque composant a un curseur associé :
  - `Cursor getCursor()`
  - `setCursor(Cursor cur)`
- classe `Cursor` :
  - constructeur `Cursor(int type)` où `type` parmi :
    - `Cursor.DEFAULT_CURSOR`
    - `Cursor.CROSSHAIR_CURSOR`
    - `Cursor.HAND_CURSOR`
    - `Cursor.TEXT_CURSOR`
    - `Cursor.WAIT_CURSOR`
    - `Cursor.MOVE_CURSOR`
    - `Cursor.XX_RESIZE_CURSOR` où `XX` est N, S, E, W, NE, NW, SE, ou SW
  - méthodes statiques :  
`Cursor.getDefaultCursor()` `Cursor.getPredefinedCursor(int)`

## Ecrire une IHM hors applet

- écrire une sous-classe de `Frame` adaptée à l'application
- dans son constructeur, créer les sous-conteneurs et composants élémentaires, et installer chacun à sa place dans son conteneur (méthode `add()`)
- redéfinir éventuellement la méthode `paint(Graphics)` pour y faire tout ce qui est dessin
- dans le `main` :
  - créer une instance `f` de la sous-classe de `Frame` en question
  - dimensionner : `f.setSize(w, h)`
  - positionner : `f.setLocation(x, y)`
  - afficher la fenêtre : `f.setVisible(true)`



```
import java.awt.*;
class Appli extends Frame {
    private Label texte;
    private Image img;
    public Appli() { // constructeur :
        // initialisation des composants
        texte = new Label("UNE IMAGE :");
        add(texte, BorderLayout.NORTH);
        img = getToolkit().getImage("img.gif");
    }
    public void paint(Graphics g) { // affichage et dessin
        g.setColor(Color.green);
        int d = 10;
        g.fillRect(d, d, getWidth()-2*d, getHeight()-2*d);
        g.drawImage(img, 100, 100, this);
    }
    public static void main(String[] args){
        Appli a = new Appli();
        Dimension d;
        d = Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize();
        a.setSize(d.width/2, d.height/3);
        a.setLocation(150, 200);
        a.setVisible(true);
    }
}
```



## Gestion des événements

- c'est le mécanisme qui permet l'interaction avec l'utilisateur via l'interface graphique
- Modèle émetteur/récepteur, avec séparation claire entre
  - les éléments d'interface qui émettent les événements,
  - et des objets récepteurs qui « écoutent » les événements et agissent en conséquence
- classes dans le paquetage `java.awt.event`

## Modèle d'événement

- chaque composant peut générer des événements (classe abstraite `AWTEvent` et ses sous-classes `MouseEvent`, `ActionEvent`, ...)
- tout objet `o` qui doit réagir quand un type d'événement se produit dans un certain composant `c` doit :
  - implanter l'interface adéquate (`MouseListener`, `ActionListener`, ...)
  - être enregistré dans la liste des objets intéressés par ce type d'événements issu de ce composant (`c.addMouseListener(o)`, `c.addActionListener(o)`, ...)
- quand un événement se produit sur le composant `c`, il est transmis à tous les récepteurs enregistrés chez lui pour ce type d'événement, ceci par appel de sa méthode correspondante (e.g., pour appui sur bouton souris, `o.mousePressed(evt)` pour tous les `o` concernés, et où `evt` est l'événement)

## Principaux types d'événements

- `WindowEvent` : apparition, iconification, (dé-)masquage, fermeture, ...
- `ComponentEvent` : redimensionnement, déplacement, ...
- `FocusEvent` : début/fin de sélection comme destinataire des inputs (clavier et souris)
- `KeyEvent` : clavier (touche appuyée, ...)
- `MouseEvent` : souris (boutons, déplacement, ...)
- `ActionEvent` : appui sur `Button`, double-clic sur item de `List`, appui sur `Return` dans un `TextField`, choix d'un `MenuItem`, ...
- `ItemEvent` : (dé-)sélection d'une `Checkbox`, d'un item de `List` ou de `Choice`, passage sur un `MenuItem`, ...
- `TextEvent` : modification de texte
- `ContainerEvent` : ajout/suppression de composant
- `AdjustmentEvent` : défilement de `Scrollbar`

## Sources des événements

tous les Component	<code>ComponentEvent</code> <code>FocusEvent</code> <code>KeyEvent</code> <code>MouseEvent</code>
toutes les Window	<code>WindowEvent</code>
<code>Button</code> <code>MenuItem</code>	<code>ActionEvent</code>
<code>List</code>	<code>ActionEvent</code> <code>ItemEvent</code>
<code>CheckBox</code> <code>CheckBoxMenuItem</code> <code>Choice</code>	<code>ItemEvent</code>
<code>TextField</code>	<code>ActionEvent</code> <code>TextEvent</code>
<code>TextArea</code> et autres <code>TextComponent</code>	<code>TextEvent</code>
tous les Container	<code>ContainerEvent</code>
<code>Scrollbar</code>	<code>AdjustmentEvent</code>

## Interfaces récepteurs

A chaque classe XxxEvent est associée une interface XxxListener, qui regroupe une ou plusieurs méthodes (lesquelles passent toutes l'événement en paramètre) :

KeyEvent	KeyListener	keyPressed() keyReleased() keyTyped()
MouseEvent	MouseListener	mouseClicked() mouseEntered() mouseExited() mousePressed() mouseReleased()
	MouseMotionListener	mouseDragged() mouseMoved()
ComponentEvent	ComponentListener	componentHidden() componentMoved() componentResized() componentShown()
FocusEvent	FocusListener	focusGained() focusLost()

## Interfaces récepteurs (2)

WindowEvent	WindowListener	windowActivated() windowClosed() windowClosing() windowDeactivated() windowDeiconified() windowIconified() windowOpened()
ActionEvent	ActionListener	actionPerformed()
ItemEvent	ItemListener	itemStateChanged()
TextEvent	TextListener	textValueChanged()
AdjustmentEvent	AdjustmentListener	adjustmentValueChanged()
ContainerEvent	ContainerListener	componentAdded() componentRemoved()

## Classes Adapteurs

- pour chaque interface XxxListener est prédéfinie aussi une classe XxxAdapter qui implante l'interface avec des méthodes toutes vides
- ainsi, un objet intéressé par un seul sous-type d'événement (e.g. clic souris), peut être défini comme héritant de la classe adaptateur, et du coup n'avoir à redéfinir que la méthode souhaitée (e.g. hériter de la classe MouseAdapter en redéfinissant uniquement mouseClicked())

## Où écrire une méthode de gestion d'événement ?

- Plusieurs solutions possibles :
  - la plus simple et lisible : faire implanter l'interface récepteur adéquate par l'applet, la fenêtre principale, ou la principale classe de l'interface graphique
  - la plus lourde et la moins commode : définir une classe dédiée qui implante l'interface récepteur adéquate
  - créer « à la volée » (juste au moment de l'enregistrer comme écouteur) une classe qui implante l'interface récepteur adéquate

## Comment écrire une méthode de gestion d'événement ?

Se servir des méthodes des événements pour avoir des détails sur ce qui s'est passé :

- méthodes communes :
  - Object getSource() ret. référence au composant qui a émis l'événement
  - int getID() donne la nature précise de l'événement
- ComponentEvent : getComponent()
- InputEvent : long getWhen(), int getModifiers(), void consume(), boolean isConsumed()
- MouseEvent : int getX(), int getY()  
donnent les coordonnées de la souris (relatives à la source écoutée)
- KeyEvent : char getKeyChar() ou int getKeyCode()
- WindowEvent : getWindow()
- ActionEvent : String getActionCommand()
- ItemEvent : Object getItem() et int getStateChange()
- ContainerEvent : Component getChild()

## Exemple de gestion d'événements par la principale classe de l'IHM

```
import java.applet.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
// L'applet implante ActionListener
public class ButtonApplet extends Applet implements ActionListener {
    private Label lab;
    private int k = 0;
    public void init() {
        Button b = new Button("++");
        // Enregistrement de l'applet elle-même comme récepteur des évts
        du bouton :
        b.addActionListener(this);
        add(b);
        lab = new Label(String.valueOf(k));
        add(lab);
    }
    /* Méthode correspondant à l'interface ActionListener : ici on
    incrémente le label (à chaque appui sur le bouton). */
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        lab.setText(String.valueOf(++k));
        lab.setSize(lab.getMinimumSize());
    }
}
```

- **Note :** on peut faire la même chose avec une Frame au lieu d'une Applet

## Exemple de gestion d'événements par classe dédiée

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
public class CloseableFrame extends Frame {
    private Label lab;
    public CloseableFrame() {
        lab = new Label("Fermez-moi !");
        add(lab);
        // Enregistrement d'un objet séparé comme récepteur des évts :
        addWindowListener(new EcouteurFenetre());
    }
}

/* Classe dédiée à l'écoute de l'événement "fermeture fenêtre"
(elle implante WindowListener, en héritant de WindowAdapter
pour éviter d'écrire les méthodes ne contenant rien). */
class EcouteurFenetre extends WindowAdapter {
    public void windowClosing(WindowEvent e){
        // Arrêt du programme fermeture
        System.exit(0);
    }
}
```

## Exemple de gestion d'événements par création d'écouteur « à la volée »

```
import java.applet.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
public class MouseApplet extends Applet {
    private Label lab;
    private int k = 0;
    public void init() {
        lab = new Label(String.valueOf(k));
        add(lab);
        // Création « à la volée » d'un écouteur des clics souris :
        // on crée une instance de classe anonyme, héritant de
        // MouseAdapter pour éviter d'écrire les méthodes
        // ne contenant rien.
        addMouseListener(
            new MouseAdapter() {
                public void mouseClicked(MouseEvent e) {
                    k = e.getX();
                    lab.setText(String.valueOf(k));
                }
            }
        );
    }
}
```



- Complément et alternative aux composants de AWT permettant de ne pas être limité au « plus grand dénominateur commun » des composants Windows/Mac/X11-Motif : fonctionnalités plus riches et plus grande fiabilité, mais maniement un peu plus complexe, et vitesse d'affichage un peu plus lente (car les composants Swing sont « dessinés » au lieu de faire intervenir les composants de la plate-forme d'exécution)
- Contient :
  - des composants graphiques (boutons, menus, ...) de « 2-ème génération »
  - des applets et fenêtres de « 2-ème génération »

- Indispensables si on souhaite utiliser des composants Swing dans un applet
- classe JApplet
  - sous-classe de Applet de AWT
  - fonctionne donc de la même façon, sauf (principalement) existence d'une « contentPane » (comme dans tous les conteneurs "top-level" de Swing) ce qui implique :
    - tout composant (ou sous-Panel) *c* doit être ajouté à la contentPane par `getContentPane().add(c);`
    - le « LayoutManager » est celui de la contentPane (par défaut, c'est un BorderLayout) et se modifie donc par `getContentPane().setLayout(...);`
    - on peut mettre une barre de menu par `setJMenuBar(...);`

- Indispensables pour utiliser des composants Swing dans une fenêtre
- classe JFrame
  - sous-classe de Frame de AWT
  - fonctionne donc de la même façon, sauf principalement :
    - existence de « contentPane » donc :
      - tout composant (ou sous-Panel) *c* doit être ajouté à la contentPane par `getContentPane().add(c);`
      - le « LayoutManager » est celui de la contentPane (BorderLayout par défaut) et se modifie donc par `getContentPane().setLayout(...);`
    - possibilité de définir un comportement par défaut quand on la ferme (exécuté APRES les `windowClosing(...)` des `WindowListener` enregistrés) par `setDefaultCloseOperation(...);`

La plupart des composants graphiques usuels de AWT ont leur équivalent Swing, qui a le même nom avec un J devant :

- JComponent : ancêtre de tous les composants Swing (sauf JApplet, JDialog, JFrame)
- JButton : bouton usuel
- JCheckBox : case cochable (« indépendante »)
- JLabel : texte affiché par le programme
- JList : liste « scrollable » de choix
- JTextField, JTextArea : pour entrer du texte
- JPanel : conteneur de base pour grouper des composants
- JDialog : fenêtre secondaire (« esclave »)
- JMenu, JMenuBar, JMenuItem, JPopupMenu : pour les menus
- JScrollBar : barre de défilement
- JScrollPane : pour donner une vue scrollable d'un seul composant
- JWindow : fenêtre sans barre de titre ni bordure

Ces équivalents Swing ont généralement plus de fonctionnalités que leurs homologues AWT

## Nouveaux composants élémentaires

- `JRadioButton` : sorte de `JCheckBox`, mais avec un autre look et permettant choix mutuellement exclusifs via `ButtonGroup`
- `JComboBox` : liste déroulante (≈ `Choice` de AWT mais avec plus de fonctionnalités)
- `JPasswordField` : sorte de `JTextField` masquant les caractères tapés (par exemple pour saisie de mot de passe)
- `JTextPane` : zone de texte éditable avec police de caractères et style
- `JSlider` : curseur pour choisir graphiquement une valeur numérique
- `JToolTip` : bulle d'aide
- `JProgressBar` : barre d'avancement de tâche

## Nouveaux composants de haut niveau

- `JTable` : tableau (éditable) de données
- `JTree` : représentation de données arborescentes (façon Windows Explorer)
- `JToolBar` : barre d'outils
- `JColorChooser` : utilitaire pour choix de couleur

## Principaux nouveaux conteneurs

- `JOptionPane` : boîtes de dialogue usuelles, créables et affichables par un simple appel de fonction :  
`JOptionPane.showMessageDialog(...);`  
--> message + 1 bouton OK  
`int r=JOptionPane.showConfirmDialog(...);`  
--> message + boutons style Oui / Non / Annuler  
`int r=JOptionPane.showOptionDialog(...);`  
--> message + choix de boutons  
`String s=JOptionPane.showInputDialog(...);`  
--> message + zone saisie texte + boutons OK / Annuler
- `JSplitPane` : pour afficher deux composants côte à côte (ou l'un au-dessus de l'autre), et avec ligne de séparation déplaçable par l'utilisateur
- `JTabbedPane` : regroupement de plusieurs composants accessibles via des onglets
- `JFileChooser` : fenêtre de sélection de fichier (≈ `FileDialog` de AWT mais en mieux)
- `JInternalFrame` : pour faire des sous-fenêtres dans une fenêtre (« bureau virtuel »)



## PROGRAMMATION RESEAU : paquetage java.net

- manipulation des URL
- accès aux protocoles standards de l'Internet (http, ftp, mail, ...)
- communication inter-process

## Accès aux protocoles Internet

- classe URL (protocoles http, ftp, ...)
  - constructeurs : URL(String nom), URL(URL base, String nom), ou URL(protocole, host, port, file)
  - ouverture de flux en lecture : InputStream openStream()
  - manipulation plus fine, infos sur le contenu : URLConnection openConnection(), puis méthodes de URLConnection :
    - connect(),
    - getContentType(), getLength(), ...
    - getInputStream(), getOutputStream()
- conversion chaîne au format url (pour envoi de donnée à programme CGI) : String URLEncoder.encode(String)
- manipulation adresse internet : classe InetAddress (instances obtenues par InetAddress.getLocalHost() ou InetAddress.getByName(String host))

## Exemple d'utilisation de la classe URL

```
import java.net.*;
import java.io.*;

class VisuHTML {
    public static void main(String[] arg) {
        try{
            URL url = new URL(arg[0]);
            URLConnection c = url.openConnection();
            c.connect();
            String type = c.getContentType();
            if (type.startsWith("text")) {
                Reader in = new InputStreamReader( c.getInputStream() );
                BufferedReader bin = new BufferedReader(in);
                String ligne;
                while ( (ligne=bin.readLine()) != null)
                    System.out.println(ligne);
                bin.close();
            }
            else System.out.println("Fichier de type " + c.getContentType());
        }
        catch(Exception e) { System.out.println(e); }
    }
}
```

## Connexion réseau bas niveau

- communication entre deux programmes : via une connexion passant par un « port » (logique) d'une machine « hôte »
- une « socket » (« prise ») = extrémité d'une connexion
- écrire un client : classe Socket
  - constructeur Socket(String host, int port)
  - ouverture flux I/O : getInputStream(), getOutputStream()
  - fermeture connexion : close()
- écrire un serveur : classe ServerSocket
  - constructeur : ServerSocket(int port)
  - méthode pour attendre connexion de clients : Socket accept()
  - fermeture serveur : close()
- manipulation directe de paquets : classes DatagramPacket et DatagramSocket

## Exemple de Client

```
import java.net.*; import java.io.*;
class ClientMiroir {
    public static void main(String[] arg){
        try {
            Scanner sc = new Scanner(System.in);
            // ouverture socket (port=9999, host=arg[0]) :
            Socket client = new Socket(arg[0], 9999);
            // ouverture de deux flux sur socket :
            OutputStream out = client.getOutputStream(); // flux en écriture
            InputStream in = client.getInputStream(); // flux en lecture
            while (true) {
                String s = sc.nextLine(); // lecture ligne au clavier
                out.write(s.getBytes()); // recopie sur socket
                out.write('\n');
                out.flush();
                // lecture sur socket :
                byte [] buf = new byte[1000];
                in.read(buf);
                s = new String(buf);
                System.out.println(s);
            }
        } catch (IOException e) { System.out.println(e); }
    }
}
```

## Exemple de serveur

```
import java.util.*; import java.net.*; import java.io.*;
class ServeurMiroir {
    public static void main(String[] arg){
        try {
            // mise en route du serveur sur port 9999 :
            ServerSocket serveur = new ServerSocket(9999);
            Socket client = serveur.accept(); // attente connexion client
            InputStream is = client.getInputStream(); // ouvre flux lecture
            OutputStream out = client.getOutputStream(); // idem en écriture
            // fonctionnement du serveur :
            StringBuffer buf = new StringBuffer();
            do {
                int c = is.read(); // lecture caractère par caractère
                if (c == -1) { break; } // fin de flux
                if (c != '\n') { buf.append( (char) c ); } // caractère std.
            } else { // traitement des fins de ligne sur flux lecture :
                buf.reverse();
                out.write(buf.toString().getBytes());
                out.flush();
                buf = new StringBuffer();
            } while (true);
        } catch (IOException e) { System.err.println(e); }
    }
}
```

## PROGRAMMATION DISTRIBUEE : java.rmi

- RMI = Remote Method Invocation (appel de méthode à distance)
- sorte de mini CORBA, mais spécifique à Java
- facilite la programmation client-serveur en permettant la manipulation d'objets distants à travers réseau

## Principe

- une interface, connue du serveur et des clients, qui définit les méthodes appelables à distance, et doit dériver de l'interface **Remote**
- une classe pour l'objet distant qui implante **Remote** et dérive de la classe **UnicastRemoteObject**
- un programme principal qui crée des objets distants et les enregistre auprès du service de nommage par : **Naming.rebind(nom, obj)**
- les programmes clients obtiennent une référence aux objets distants par : **Naming.lookup(nom\_url)** où nom\_url est de type rmi://host/nom

## Utilisation

- compiler les sources Java de l'interface, de la classe de l'objet distant, des programmes serveur et client
- appliquer **rmic** à la classe des objets distants (pour créer les classes « associées ») : `rmic MaClasseDistante`
- lancer le serveur de nom : `rmiregistry &`
- lancer le programme serveur, puis les clients

## Exemple

### Interface

```
import java.rmi.*;
public interface Compte extends Remote {
    void deposer(int x) throws RemoteException;
    void retirer(int x) throws RemoteException;
    int lireSolde() throws RemoteException; }

```

### Objets distants et serveur RMI

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*; // pour UnicastRemoteObject
public class CompteDist extends UnicastRemoteObject implements Compte {
    private int solde = 0;
    public CompteDistant() throws RemoteException {}
    public int lireSolde() throws RemoteException { return solde; }
    public void deposer(int x) throws RemoteException { solde += x; }
    public void retirer(int x) throws RemoteException { solde -= x; }
    /* programme serveur créant les comptes */
    public static void main(String[] arg) {
        CompteDistant cd1, cd2;
        try {
            // création des comptes :
            cd1 = new CompteDist(); cd2 = new CompteDist(); cd2.deposer(1000);
            // pour gestion sécurité :
            System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
            // enregistrement des objets
            Naming.rebind("Dupond", cd1); Naming.rebind("Martin", cd2);
        } catch (Exception e) { System.out.println(e); }
    }
}

```



## Exemple (suite)

### Client RMI

```
import java.rmi.*;
public class AccesCompte {
    public static void main(String[] arg) {
        try {
            String url = "rmi://vander/"+arg[0]; // URL du compte distant
            // pour gestion sécurité :
            System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
            // récupération de l'objet distant :
            Compte c = (Compte)Naming.lookup(url);
            // appels de méthode :
            if (arg[1].equals("solde")) {
                System.out.print("solde " + arg[0] + " = ");
                System.out.println( c.lireSolde() ); }
            else if (arg[1].equals("depot")) {
                c.deposer(Integer.parseInt(arg[2]));
                System.out.print("depôt de " + arg[2]);
                System.out.println(" effectué"); }
            else if (arg[1].equals("retrait")){
                c.retirer(Integer.parseInt(arg[2]));
                System.out.println(" effectué"); }
        } catch (Exception e) { System.out.println(e); }
    }
}
```



## ACCES BASES DE DONNEES : java.sql

- SQL (Standard Query Language) = langage standard d'accès aux Bases de Données
- paquetage java.sql contient des classes permettant de se connecter à une base de données, puis de lui envoyer des instructions SQL (et de récupérer le résultat des requêtes)
- paquetage aussi connu sous le nom de JDBC (Java DataBase Connectivity)

## Principe de programmation

- 1/ on charge le driver de BD par `Class.forName(nomClasseDriver)`
- 2/ on se connecte :  
`Connection c = DriverManager.getConnection(String url)`  
où url est de la forme `jdbc:nom_driver:nom_base`
- 3/ on crée un objet `Statement` à partir de la connexion :  
`Statement = c.createStatement();`
- 4/ on peut ensuite passer directement les instructions SQL à l'objet `Statement` :
  - modifications : `s.executeUpdate(String commandeSQL)`
  - requête : `ResultSet rs=s.executeQuery(String commandeSQL)`
  - exploitation du `ResultSet` :
    - ligne suivante : `rs.next()`
    - lecture champ : `rs.getString(nom), rs.getFloat(n)`



## LES JAVABEANS : java.beans

- Beans : composants logiciels réutilisables
- conçus pour être assemblés aisément (et le plus souvent visuellement) à l'aide d'outils de développement interactifs
- un bean se définit par :
  - ses propriétés (attributs persistants)
  - les événements qu'il reconnaît
  - ses méthodes de traitement des événements

## JavaBeans (suite)

- l'outil de développement doit pouvoir reconnaître automatiquement les propriétés paramétrables du bean
- possible grâce à l'introspection Java (cf. classe `Class`, ...) et au respect de règles de conception (« design patterns ») :
  - pour chaque propriété, méthode `<TypeProp> get<NomProp>()` et `void set<NomProp>(<TypeProp> val)`
  - ...





- abstract **162-163**
- animation **330-331, 347**
- applet **323-331, 378**
- affectation 30, 33, **55**
- ActionEvent et ActionListener **363, 364-366, 369-370**
- arraycopy() **35**
- Arrays 33, **294-295**
- attribut 114-116, **118, 126-127, 143, 156, 252**
- auto-boxing/unboxing (des types primitifs) **255**
- AWT (Abstract Window Toolkit) 322, **337-353**
  
- bit-à-bit (opérateurs) → voir opérateurs
- BitSet **316**
- boolean **22, 53, 254-255**
- bloc **27, 66**
- boucles **67, 70-74**
- break **69, 74**
- Button **338, 363-364, 370, 380**
- byte → voir entiers
  
- Calendar **317**
- caractères **24, 254-255, 259**
- case → voir switch

- catch **197-198, 201**
- char ou Character → voir caractères
- chaîne de caractères **39-40, 245-247, 313-314**
- classe (et Class) **113-131, 138, 140-141, 147-148, 154, 163-164, 167, 170, 180, 214-217, 250-251**
- clone() et Cloneable 35, **168, 185, 248**
- collections **221, 290-312**
- Color → voir couleurs
- commentaires **29, 145-146**
- Comparable et Comparator **295**
- comparaison (opérateurs) → voir opérateurs
- compilation **107, 141**
- composants graphiques **338-339, 342, 349-350, 380-383**
- constantes **26, 28, 38, 69, 127**
- constructeur **122-123, 159, 170, 250**
- conteneurs graphiques **339-341, 352-353, 378, 379, 383**
- continue **74**
- conventions de nommage → voir nommage
- couleurs **344**
- Cursor **351**
  
- date et Date → voir Calendar
- déclaration (de variable) **27, 28, 32, 115, 219-220**
- dessiner **327-331, 343, 348, 352-353**
- dimensions (des composants graphiques) **349**

- do **70, 74**
- documentation automatique → voir javadoc
- double → voir float
  
- Eclipse **10**
- ellipse (arguments de fonction) **92**
- else → voir if
- encapsulation **121, 139-140, 156, 158**
- ensemble → voir Set
- entiers **21, 23, 51, 254-257**
- entrées-sorties **97-101, 273-283**
- enum et types énumérés **41, 69, 73, 130-131, 249, 311**
- événements (programmation graphique) **361-372**
- exceptions **33, 193-205, 260**
- extends **155, 184, 217-218, 220**
  
- fichiers **273-277, 278-283**
- file d'attente → voir Queue
- final **26, 38, 69, 127, 160, 164-165**
- float et flottants (nombres) **21, 25, 254-256**
- fonction **81-92**
- Font **345**
- for **71-74**
- Frame **339**

- Garbage Collector (GC) **8-9, 33, 124, 261**
- "generics" (types génériques paramétrés) **214-221, 290, 300-302**
- générique (programmation) **169, 182, 209-221**
- Graphics **326, 343-348**
  
- HashMap **291, 310**
- HashSet **291, 305**
- héritage **9, 153-167, 184, 217**
- heure **261, 316**
  
- if **68**
- images **327, 329, 346-347**
- import **142-143**
- instanceof **57**
- int → voir entiers
- interface **9, 177-185, 218, 229, 267, 276, 291**
- introspection **9, 170, 250-253**
- io (paquetage java.io) **273-283**
- Iterable **73, 267**
  
- javadoc **10, 29, 145-146**
- Java SE (Java Standard Ed.), JDK (Java Development Kit), JRE (Java Runtime Environment) **10**
  
- LayoutManager **340-341**
- length [taille tableau] **31, 33, 34**
- length() [longueur chaîne de caractères] **39-40, 244**
- List (listes) **291, 296-302**
- long → voir entiers

- main() 18, **86**, 106-107
- Map 291, **308-311**
- Math **51**, **265**
- membre (de classe) **116**, 118-119
- méthode 114-116, **119**, 128-129, 156, 160-162, 165, 170, 178-180, **215**, 253
- MouseEvent et MouseListener 362, **363-366**, 367-369, 372
  
- new 30-31, **32**, 34, 36, 37, 40, 50, **57**, **117**, 122, 125, 220
- nommage (conventions) **28**
- null **30**, 37, 125, 196
  
- objet **114-115**, **117**, 125
- Object **167-169**, 212-213, **248**
- OBJECT (balise HTML) **325**
- opérateurs **49-58**
  - affectation 18, 30, 33, **55**
  - arithmétiques **51**
  - bit-à-bit **54**
  - booléens **53**
  - comparaison **52**
  - décrémentation **56**
  - incrémentation **56**
  - priorité **58**
  - ternaire **57**

- package et paquetage 8-9, 121, 158, **138-144**, 241-410
- paint() **326**
- Panel **339**
- paramètre (de fonction) 82, 84-85, **87-89**, **92**
- Pattern 99, **313**, **315-316**
- portée (des variables) **27**, 66, 85
- position (des composants graphiques) **350**
- primitifs (types) 20, **21-25**
- print() et println() **98**, 277
- printf() **100**
- private **121**, 139, 156, 158
- programme principal → voir main()
- protected **121**, 139, 158
- public **121**, 139, **140**, 158
  
- Queue 291, **306-307**
  
- racine (classe) → voir Object
- récursivité **90**
- référence 20, **30**, 38, 115, 120, 181
- réseau (programmation) **385-390**
- return 74, **83**
  
- Scanner **99**, 279, **313**, **314-315**
- Serializable **185**, **276**, 280
- Set 291, **305**, 31

- short → voir entiers
- static 82, 86, **126-129**, 143, 156, 162
- String 37, **39**, **244-245**, 275, 313-314
- StringBuffer **40**, **246-247**, 267
- StringTokenizer **316**
- super **160**, 220
- super() **159**
- surcharge **91**
- Swing (interfaces graphiques) 322, **377-383**
- switch 41, **69**
- System 98, 101, **261**
  
- table → voir Map
- tableaux 9, **30-38**, 73, **125**, **166**
- ternaire (opérateur) → voir opérateurs
- tests **52**, **57**, **68**, 69-72
- this **120**, 131
- this() **123**
- threads 8-9, **225-237**, **264**, 331
- throw **203**
- throws **205**
- try **196-197**, 231, 233-234, 278-281
- types **20-26**, **30**, 31-33, **41**, **116**, 130-131, **181**, **219-220**

- util (paquetage java.util) **289-31**
- variable **20**, **27**, 66, 85
  
- while **70**, 74
- "wildcard" (type paramétré) **219-220**, 302

Pour approfondir un point, ou revenir sur quelque chose que vous n'avez pas bien compris, vous pouvez vous reporter :

1°/ aux ressources suggérées dans la page : [www.ensmp.fr/CC/Docs/Java](http://www.ensmp.fr/CC/Docs/Java)  
et en particulier :

- le « **Java Tutorial** » d'Oracle ;
- les autres sites rassemblant *exemples, tutoriaux, ...* comme l'excellent [www.java2s.com](http://www.java2s.com) (en anglais) ou [www.developpez.com](http://www.developpez.com) (en français)

2°/ à un livre sur Java, par exemple :

- « *Programmer en Java* », C. Delannoy, éd. Eyrolles
- « *The Java programming language* », K. Arnold, J. Gosling et D. Holmes, éd. Addison Wesley