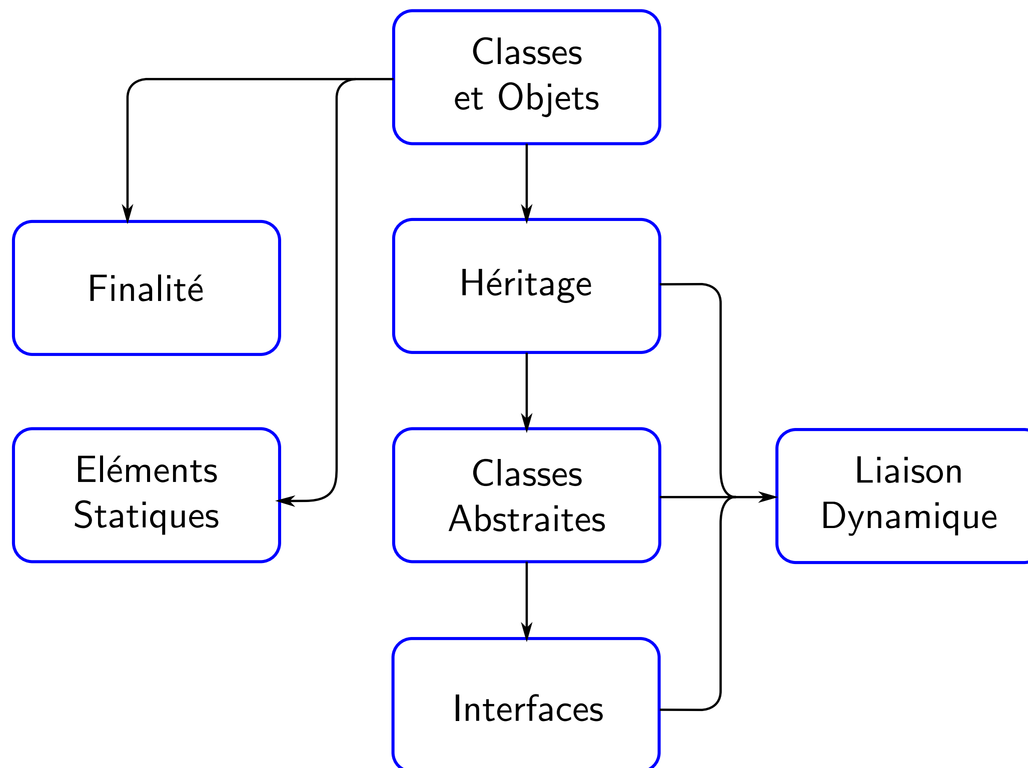
Programmation en Java

V.Padovani, IRIF, Université Paris Cité



PARTIE I - Classes et Objets

- Eléments communs à C et Java
- Classes, objets et références
- Initialisation des objets : les constructeurs
- Modification des objets : les méthodes.

1. De C à Java

1.1. Eléments de base du langage

éléments communs à C et Java :

- notions de variable, de typage, d'affectation,
- types numériques `int`, `float`, `double`, etc.
- opérateurs arithmétiques `+ *`, `-`, `/`, `++`, `--`, etc.
- opérateurs de comparaison `<`, `<=`, `==`, `!=`, `>=`, `>`,
- conditions, connecteurs `||`, `&&`, `!`,
- structures `if`/`else`, `for`, `while`, `do`/`while`, `switch`,
- `?/:`, `break`, `continue`

les variables se déclarent à la volée ($\neq$ C ANSI).

- un type `boolean` de constantes `true`, `false`.

```
boolean b = (x == 3) && (y + 10 < z);
```

- Les conditions doivent être de type booléen :

```
if (x != 0) { ... } // et non if (x), comme en C.
```

- Un `for` peut avoir un compteur local (comme en C99) :

```
for (int i = 0; i < n; i++) {
   // i declare et visible seulement
   // dans le corps de la boucle,
}
```

1.2. Syntaxe des tableaux

- déclarés et crées :
  - à l'aide de l'opérateur `new` :

    ```
    int[] t = new int[100];
    ```

  - ou par initialisation explicite :

    ```
    int[] u = {2,3,0,1};
    ```

  même syntaxe d'accès qu'en C : `t[i] = 42;` etc.
- `int[]` est le type des tableaux d'entiers.
- Les tableaux sont gratuitement initialisés à 0.

– la taille des tableaux est libre (plus de malloc/free) :

```
double[] t = new double[n + 42];
```

– t.length vaut le nombre d'éléments de t.

– les accès sont vérifiés à l'exécution.

  les accès invalides interrompent l'exécution.

```
char[] t = new char[100];
/*
 * t[-1]  = 'a';   // erreur d'execution
 * t[100] = 'a';   // erreur d'execution
 */
```

– une forme spéciale de boucle permet de balayer le contenu d'un tableau :

```
int[] tab = {42, 17, 3};

// forme usuelle : pour chaque position i dans tab ...
for (int i = 0; i < tab.length; i++) {
    // ...
}

// forme alternative : pour chaque element v de tab ...
// (sans connaissance du rang de chaque element)
for (int v : tab) {
    // ...
}
```

1.3. Affichage

- équivalents de `printf` :
  - `System.out.print`
  - `System.out.println` (retour à la ligne)
- plus besoin de spécificateurs de format :

```
for (int i = 0; i < 10; i++) {
  System.out.print ("le carre de");
  System.out.print (i);
  System.out.print (" est ");
  System.out.println (i * i);
}
System.out.println ('a');
System.out.println (3.14);  // etc.
```

- System.out.print ou System.out.println peuvent prendre plusieurs arguments séparés par des +...

```
for (int i = 0; i < 10; i = i++)
   System.out.println
        ("le carre de " + i + " est " + (i * i));
```

- l'association des + s'effectue de gauche à droite.

  entre deux valeurs numériques, + garde le sens de "addition".

```
int i = 2;
System.out.println (i + i);              // affiche 4.
System.out.println (i + " " + i)         // affiche 2 2
System.out.println (i + i + " " + i)     // affiche 4 2
```

- il existe un type `String` pour les chaînes de caractères.
- `+` est l'opérateur de concaténation des chaînes.
- on peut concaténer une chaîne et une valeur numérique, convertie dans ce cas en `String`.

```
String s = "abc";
System.out.println (s);   // affiche "abc"
s = s + "def";
System.out.println (s);   // affiche "abcdef"
s = s + 42;
System.out.println (s);   // affiche "abcdef42"
// etc.
```

- un argument numérique de `println` sera converti en `String` (les chaînes sont des *objets*, sens à préciser).

1.4. Hiérarchie des types de base et conversions

- `boolean` (`true`, `false`)
- `byte` (8 bits, signé)
- `char` (16 bits, non signé) (i.e. jeu de caractères étendu)
- `short` (16 bits, signé)
- `int` (32 bits, signé)
- `long` (64 bits signé)
- `float`
- `double`

– les conversions vers un type plus petit doivent toujours être explicites.

```
/* erreur a la compilation
 * int x = 1;
 * char c = 'a' + x;        // 'a' promu en int
 */
/* correct. d vaut 'b' */
int x = 1;
char d = (char) ('a' + x);  // somme convertie en char.

/* erreur a la compilation. 2.5f n'est pas dans
 * les valeurs du type int :
 * int x = 2.5f;
 */
/* correct. x vaut l'arrondi 2 */
int x = (int) 2.5f;
```

– les conversions vérifiables dès la compilation sont inutiles :

```
/* correct : la valeur 'b' assignee peut etre
 * pre-calculee des la compilation, et cette valeur
 * reste dans les limites du type char */
char e = 'a' + 1;
```

– `++` et `--` opèrent sans conversions :

```
char c = 'a';
c++;
/* c vaut 'b' */

char d = 'a';
/* erreur ! d promu en int, d + 1 en int
 * d = d + 1;
 */

/* correct */
d = (char) d + 1;
```

2. Objets, Classes et Références

2.1. Des structures de C aux classes de Java

- *objet* $\equiv$ une généralisation de la notion de structure en C.
- comme une structure C, un objet
  - encapsule des données désignées par des noms de champs,
  - est créé suivant un certain modèle défini à l'avance.

  modèle d'objet $\equiv$ classe de cet objet.

  objets d'une classe $\equiv$ instances de cette classe.
- un programme Java est une suite de définitions de classes.

```
// fichier exemple.c
// definition d'un nouveau type de structure
struct point2D {   // modele de structure a deux champs
   int abs;        // de type int, indefinis par defaut
   int ord;
};
// fonction principale
int main (int argc, char *argv[]) {
 // declaration de pointeur vers struct point2D
  struct point2D *p;
  // stockage d'une adresse d'allocation dans p
  p = malloc (sizeof (struct point2D));
 // acces aux champs de la structure allouee via p
  (*p).abs = 42;
  (*p).ord = 10;

  free (p);
  return 0;
}
```

```java
// fichier Exemple.java (meme nom que la classe principale)
// definition d'une nouvelle classe Point2D
class Point2D {   // modele d'objet a deux champs
   int abs;       // de type int, valeurs par defaut 0
   int ord;
}
// definition de la classe principale du fichier
public class Exemple {
  // "fonction" principale
   public static void main (String[] args) {
      // declaration de reference vers les objets de Point2D
      Point2D p;
      // creation d'une instance de Point2D,
      // stockage de son adresse dans p
      p = new Point2D ();
      // acces aux champs de l'objet via p
      p.abs = 42;
      p.ord = 10;
   }
}
```

– les valeurs de champs sont nulles à la création d'un objet, sauf si l'on spécifie explicitement d'autres valeurs :

```
class Point2D {
   int abs = 10;   // valeur par defaut pour chaque instance
   int ord;        // valeur nulle a la creation
}
```

2.2. Les références

- *référence* en Java :
  - variable pouvant contenir l'adresse-mémoire d'un objet
  - similaire à un pointeur vers structure de C, mais sans la notation * pour l'accès aux champs.
- la classe des objets sur lesquels pourra pointer une référence est spécifiée par sa déclaration:

  nom_de_classe nom_de_référence;

  ```
  Point2D p;
  ```

  (aucun objet créé, `p` est pour l'instant de valeur indéfinie).
- on peut donner à une référence la valeur nulle : `p = null;`.

2.3. Création et référencement des instances

– création d'une instance via `new` + nom de classe :

```
Point2D p;          // p de valeur indefinie

p = new Point2D ();// allocation d'un objet en memoire,
                   // retour de son adresse, stockage de
                   // cette adresse dans p

// p reference/designe/pointe a present vers l'objet cree

p.abs = 42;         // acces aux champs de l'objet
p.ord = 10;         // via la reference p.
```

– deux références peuvent référencer le même objet :

```
Point2D p, q;

p = new Point2D ();   // nouvel objet, reference par p
q = p;                // p et q referencent a present le
  meme objet

p.abs = 42;   // acces a l'objet via p
q.ord = 10;   // acces au meme objet via q

System.out.println (" p.abs = " + p.abs);   // 42
System.out.println (" p.ord = " + p.ord);   // 10

System.out.println (" q.abs = " + q.abs);   // 42
System.out.println (" q.ord = " + q.ord);   // 10
```

– une même référence peut pointer vers plusieurs objets au cours du temps :

```
Point2D p = new Point2D (); // une 1ere instance creee
p = new Point2D ();         // une 2nde instance creee
```

La 1ère instance créée est définitivement perdue.

– mais pas de fuite de mémoire : les objets qui ne sont plus référencés seront tôt ou tard effacés de la mémoire ("garbage collecting" automatique).

– les champs d'un objet peuvent être de type référence :

```
class Point2D {
  int  abs;        // valeurs par defaut : 0
  int  ord;
}

class Segment {
  Point2D debut;  // valeurs par defaut : null
  Point2D fin;
}
```

la création d'un segment ne crée pas ses extrémités :

il faut deux `new` supplémentaires par segment...

```
Segment s = new Segment ();

// pour l'instant, s.debut et s.fin valent null.
// creation des extremites et cablage :

Point2D p1 = new Point2D ();
Point2D p2 = new Point2D ();
s.debut = p1;  // s.debut et p1 designent le meme objet
s.fin   = p2;  // s.fin   et p2 designent le meme objet

// creation directe des extremites :

Segment t = new Segment ();
t.debut = new Point2D ();
t.fin   = new Point2D ();
```

– on peut forcer la création des extrémités via l'initialisation des champs :

```
class Segment {
  Point2D debut = new Point2D ();  // (re)-evalues a chaque
  Point2D fin   = new Point2D ();  // creation de segment.
}

//...

// chaque creation de segment cree aussi deux points :
Segment s = new Segment ();
Segment t = new Segment ();
```

2.4. Remarques

- on confond souvent objet et référence vers objet :
  - "l'objet référencé par p", ou
  - "l'objet p"
  - "le point 2D p"

- une référence contient plus d'information qu'un pointeur :

  ```
  Point2D p = new Point2D ();
  System.out.println (p);
  ```

  affiche e.g. Point2D@defa1a (classe + adresse virtuelle).

3. Initialisation d'Objets : les Constructeurs

3.1. Définitions de constructeurs

- *constructeur* $\equiv$ code d'initialisation placé dans une définition de classe. ce code peut être appelé au moment de la création d'une instance.
- chaque constructeur porte le même nom que la classe et peut avoir des paramètres.

```
class Point2D {
  int  abs;
  int  ord;
  Point2D () {}               // constructeur sans arguments
  Point2D (int x, int y) {  // constructeur a deux arguments
    abs = x; ord = y;
  }
}
```

– l'appel d'un constructeur ne peut se faire qu'avec un `new`, au moment de la création d'une nouvelle instance :

```
// appel du 1er constructeur :
Point2D p = new Point2D ();
// appel du 2nd :
Point2D q = new Point2D (42, 10);
```

– `new Point2D(42, 10)` :

1. création (`new`) d'une nouvelle instance de `Point2D`
2. exécution de `Point2D (int x, int y)`

   avec passage par valeur `x` $\leftarrow$ 42, `y` $\leftarrow$ 10, et

   `abs` et `ord` désignant les champs de l'objet créé en (1).
3. retour d'une référence vers l'objet créé.

```
class Point2D {
  int  abs;
  int  ord;
  Point2D () {}
  Point2D (int x, int y) {
    abs = x;
    ord = y;
  }
}
```

- codes équivalents :

  - ```
    Point2D p = new Point2D ();
    p.abs = 42;
    p.ord = 10;
    ```

  - et :

    ```
    Point2D p = new Point2D (42, 10);
    ```
    ```

3.2. Constructeur par défaut et définitions multiples

– sans constructeurs définis, la classe est munie implicitement d'un constructeur par défaut (sans arguments, de corps vide).

```
class Point2D {
   int abs, ord;
}
```

est équivalent à

```
class Point2D {
   int abs, ord;
   Point2D () {}  // pas d'arguments, et ne faisant rien.
}
```

(d'ou le `new Point2D ()` dans les exemples précédents)

– signature de constructeur $\equiv$ suite des types de ses paramètres.

– on peut définir autant de constructeurs que l'on veut, pourvu que leurs signatures soient distinctes :

```
class Point2D {
  int abs;
  int ord;
  Point2D () {}                   // en ()
  Point2D (int x, int y) {        // en (int,int)
    abs = x; ord = y
  }
  Point2D (Point2D p) {           // en (Point2D)
    abs = p.abs; ord = p.ord;     // copie des champs du
  }                               // point p
}
```

– Un constructeur peut en appeler un autre par `this(...)` mais seulement en 1ère instruction (pas nécessairement unique) de ce constructeur.

```
class Segment {
  Point2D debut;
  Point2D fin;
  Segment () {
    this (0, 0, 0, 0); // appel du constructeur
                       // en (int,int,int,int)
    // ... et eventuellement, autres instructions
  }
  Segment (int x1, int y1, int x2, int y2) {
    debut = new Point2D (x1, y1);
    fin   = new Point2D (x2, y2);
  }
}
```

4. Modifications d'objets : les méthodes

4.1. Définitions de méthodes

– *méthode* ≡ code placé dans une définition de classe,

permettant la modification des champs de ses instances

```
class Point2D {
  int  abs;
  int  ord;
  // ...  constructeurs ...
  // exemples de methodes :
  void assigner (int x, int y)    { abs = x; ord = y; }
  void translater (int dx, int dy)  {
     abs = abs + dx;
     ord = ord + dy;
  }
}
```

4.2. Invocations de méthodes

- l'exécution d'une méthode se fait toujours relativement à un objet via une référence : on dit que la méthode est *invoquée* sur l'objet.

```
Point2D p = new Point2D ();
p.assigner (42, 10);
p.translater (20, 20);
```

- `p.assigner (42, 10)` :

  exécution de `assigner (int x, int y)`

  avec passage par valeur `x` $\leftarrow$ 42, `y` $\leftarrow$ 10,

  où dans le code de la méthode,

  `abs` et `ord` désignent les champs de l'objet référencé par p.

– une méthode peut renvoyer une valeur :

```
class Point2D {
  // ... champs abs, ord, constructeurs ...
  Point2D cloner () {
    Point2D clone = new Point2D ();
    clone.abs = abs;   // les champs abs et ord de l'objet
    clone.ord = ord;   // courant sont copies dans le clone
    return clone;
  }
}

// ... et dans une autre partie du programme :
Point2D p = new Point2D (42, 10);
Point2D q = p.cloner (); // q est a present une copie de p
```

– une méthode peut invoquer une autre méthode

(voire elle-même si elle est récursive) :

```
class Point2D {
  // ... champs abs, ord, constructeurs ...
  void assigner (int x, int y) {
    abs = x;
    ord = y;
  }
  void reinitialiser () {
     assigner (0, 0);   // invoquee sur l'objet courant
  }
}

// ... et dans une autre partie du programme :
Point2D p = new Point2D (42, 10);
p.reinitialiser (); // equivalent a : p.assigner(0, 0)
```

– un constructeur peut invoquer une méthode :

```
class Point2D {
  int abs;
  int ord;
  Point2D () {}
  Point2D (int x, int y) {
    assigner (x, y);      // invoquee sur l'objet qui vient
  }                       // d'etre cree par new.
  void assigner (int x, int y) {
    abs = x;
    ord = y;
  }
}
```

4.3. Surcharge de noms de méthodes

- signature de méthode $\equiv$ suite des types de ses paramètres.
- deux méthodes peuvent porter le même nom à condition que leurs signatures soient distinctes. le nom de méthode est dit surchargé.
- lors de l'invocation, l'implémentation choisie sera celle qui correspond à la suite des types des arguments fournis.

```java
class Point2D {
  int abs;
  int ord;
  // ... constructeurs ...

  void assigner (int x, int y) {
    abs = x;
    ord = y;
  }
  void assigner (Point2D p) {
    abs = p.abs;
    ord = p.ord;
  }
  void assigner () {
    abs = 0;
    ord = 0;
  }
}
```

– ...ce qui permet aussi d'écrire :

```
class Point2D {
  int abs;
  int ord;
  // ... constructeurs ...
  void assigner (int x, int y) {
    abs = x;
    ord = y;
  }
  void assigner (Point2D p) {
    assigner (p.abs, p.ord);
  }
  void assigner () {
    assigner (0,0);
  }
}
```

où les deux dernières méthodes en `(Point2D)` et en `()` appellent la première en `(int, int)`.

4.4. Référence à l'objet courant : this

- this sans arguments dans un constructeur $\equiv$ une référence vers l'objet qui vient d'être créé par new.

- this sans arguments dans une méthode $\equiv$ une référence vers l'objet sur lequel cette méthode est invoquée.

```
class Point2D {
  //... l'ecriture suivante est usuelle :
  Point2D (int abs, int ord) {
    this.abs = abs; this.ord = ord;
  }
  void set (int abs, int ord) {
    this.abs = abs; this.ord = ord;
  }
}
```

4.5. Champs vs méthodes et masquage de champs

- tout champ, constructeur ou méthode précédé du mot-clef `private` est inaccessible à l'extérieur de sa classe.
- en pratique, on privilégie les invocations de méthodes, en déclarant souvent tous les champs privés :

```
class Point2D {
  private int abs;  // representation interne des donnees,
  private int ord;  // invisible depuis l'exterieur.
  // constructeurs + methodes d'acces aux champs
  ...
}
```

... et les noms `abs` et `ord` deviennent inconnus à l'extérieur de la classe `Point2D` : il *faut* passer par les méthodes pour accéder aux champs.

4.6. `private` v.s. package v.s. `public`

Forme standard d'un programme :

- Plusieurs répertoires, chacun formant un "package".
- Plusieurs fichiers dans chaque package,
- Une seule classe par fichier.
- Une seule méthode `main` dans l'une des classes d'un seul package.
- Par défaut, les éléments non privés d'un package (classes, champs, constructeurs, méthodes, etc.) ne sont visibles que dans ce package.
- On peut étendre leur visibilité à tout autre package en les faisant précéder du mot-clef `public` (`main` doit être `public`).

4.7. Classe des points, version finale

```java
public class Point2D {
  // champs prives
  private int abs;
  private int ord;

  // constructeurs
  public Point2D () {}
  public Point2D (int abs, int ord) {
    this.abs = abs;
    this.ord = ord;
  }
  // ...
```

```
// methodes d'acces en lecture : nom standard = getChamp
public int getAbs () {
  return abs;
}
public int getOrd () {
  return ord;
}
// ...
```

```java
// methodes d'acces en lecture : nom standard = setChamp
public void setAbs (int abs) {
  this.abs = abs;
}
public void setOrd (int ord) {
  this.ord = ord;
}
public void set (int abs, int ord) {
  this.abs = abs;
  this.ord = ord;
}
public void set (Point2D p) {
  this.set (p.abs, p.ord)  // this facultatif, mais courant
}
```

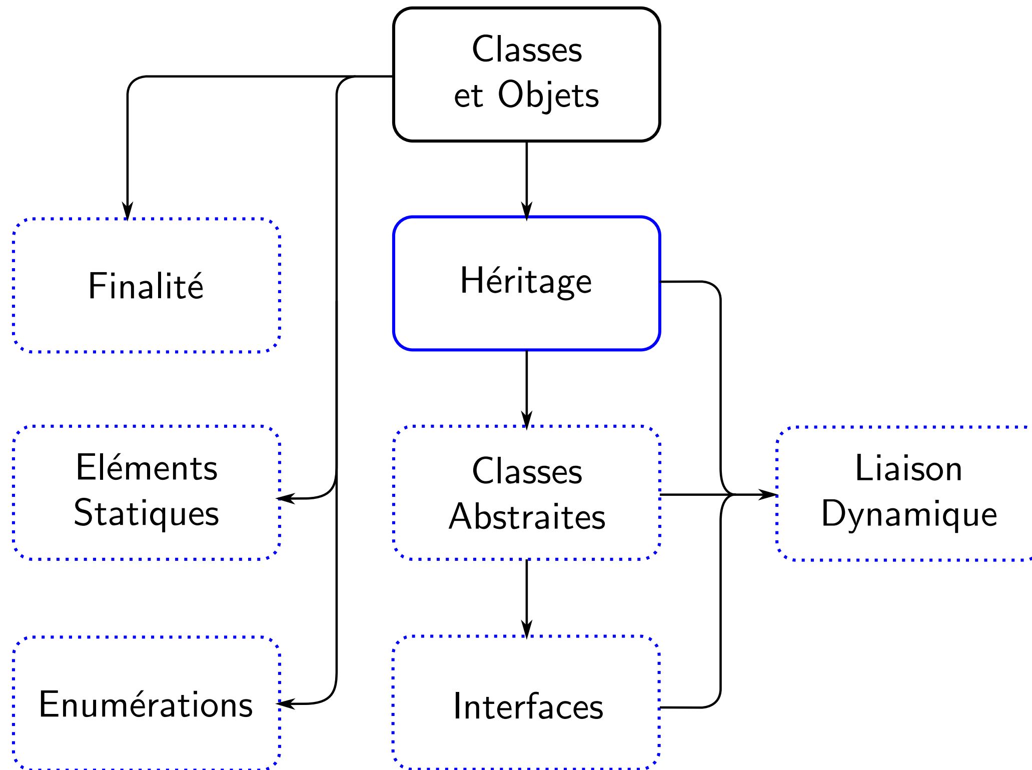
4.8. Conclusion

- une définition de classe contient :
  - des champs servant au stockage des données internes de ses instances,
  - du code d'initialisation placé dans des constructeurs, permettant l'initialisation automatique des champs lors de la création d'instances,
  - du code de gestion des données stockées dans les instances de cette classe, placés dans des méthodes, permettant de modifier les données internes d'un objet.

- en pratique, les champs sont:
  - inaccessibles (private),
  - initialisés via les constructeurs,
  - modifiés via les méthodes.

  i.e. l'utilisateur n'a a priori aucune connaissance de la représentation interne des données, mais seulement de l'effet de l'invocation de tel ou tel constructeur ou méthode.

PARTIE II - Héritage



5. Extensions de classes

5.1. Principe de l'extension de Classe

- *extension* de classe ≡ permet de définir une nouvelle classe
  - à partir d'une classe déjà écrite,
  - en récupérant les implémentations de ses méthodes,
  - en modifiant éventuellement certaines d'entre elles,
  - en ajoutant éventuellement d'autres champs et méthodes
- objectifs :
  - réutiliser du code déjà écrit,
  - adapter une classe générique à un besoin particulier,
  - écrire plusieurs variantes d'une même classe, en écrivant une seule fois le code commun à ses variantes.

5.2. Syntaxe de l'extension

```
class Point2D {
  int abs, ord;
  void afficher () {
    System.out.println (abs + " " + ord);
  }
}
```

... variante par extension (`extends`) : points colorés.

```
class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  void afficherCouleur () {
    System.out.println (col);
  }
}
```

```java
Point2DColore pc = new Point2DColore ();
pc.abs = 10;
pc.ord = 42;
pc.col = 255;
pc.afficher ();          // affiche 10 42
pc.afficherCouleur ();  // affiche 255
```

les instances de `Point2DColore` disposent de tous les champs et méthodes de la classe `Point2D` :

– la classe `Point2DColore` hérite de ces champs et méthodes.

terminologie pour les liens de parenté :

– `Point2DColore` est une extension/une classe hériti̇ere de `Point2D`
– `Point2D` est une classe parente/un ancêtre de `Point2DColore`

5.3. Redéfinitions de méthodes

– Une extension peut redéfinir certaines des méthodes de sa classe parente :

```
class Point2D {
  int abs, ord;
  void afficher () {     // ancienne implementation
    System.out.println (abs + " " + ord);
  }
}

class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  void afficher () {    // nouvelle implementation
    System.out.println (abs + " " + ord + " " + col);
  }
}
```

l'implémentation invoquée pour une instance donnée sera toujours celle de sa classe :

```
Point2D p = new Point2D ()
p.abs = 23;
p.ord = 37
p.afficher (); // invoque l'implementation de
               // la classe Point2D : "23 17"


Point2DColore pc = new Point2DColore ();
pc.abs = 10;
pc.ord = 42;
pc.col = 255;
pc.afficher (); // invoque l'implementation de
                // la classe Point2DColore : "10 42 255"
```

– Les méthodes de nouvelles signatures ajoutées à une extension sont considérées comme nouvelles :

```
class Point2D {
  int abs, ord;
  // methode set en (int, int)
  void set (int abs, int ord) {
    this.abs = abs; this.ord = ord;
  }
}
class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
 // nouvelle methode set en (int, int, int)
  void set (int abs, int ord, int col) {
    set (abs, ord);   // invocation du set en (int, int),
  herite.
    this.col = col;
  }
}
```

5.4. Accès aux anciennes implémentations : `super`

– lorsqu'une méthode est redéfinie par une extension, son ancienne implémentation reste accessible via `super.` + nom de méthode :

```
class Point2D {
  int abs, ord;
  void afficher () { System.out.println (abs + " " + ord); }
}

class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  void afficher () {            // nouvelle implementation
    super.afficher ();          // appel de l'ancienne, puis
    System.out.println (col);  // affichage supplementaire.
  }
}
```

5.5. Appel implicite du super-constructeur en ()

– par défaut, l'éxécution d'un constructeur de `Point2DColore` est précédée de celle du constructeur en () de sa classe parente.

```
class Point2D {
  int abs, ord;
  Point2D () { System.out.println ("Point2D !"); }
}
class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  Point2DColore () {
    // appel implicite de Point2D () avant l'instruction qui
    // suit : new Point2DColore () affiche "Point2D !", puis
    System.out.println ("Point2DColore !"); }
}
...
Point2DColore pc = new Point2DColore ();
// affiche "Point2D !", puis "Point2DColore !"
```

– dans ce cas, un constructeur en () *doit* être défini dans la classe parente. l'erreur suivante est classique :

```
class Point2D {
  int abs, ord;                    // pas de constructeur en ()
   ?!...
  Point2D (int abs,int ord) {
     this.abs = abs;
     this.ord = ord;
  }
}
class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  Point2DColore (int col) { this.col = col }
}

// erreur de compilation ! le constructeur de Point2DColore
// appelle implicitement Point2D () {}... non implemente.
```

5.6. Appel explicite d'un autre constructeur

- un constructeur de `Point2DColore` peut demander explicitement l'appel d'un autre constructeur que celui en `()` de sa classe parente, via
  - `this (...)` (c.f. Partie I)

    qui appelle le constructeur de la même classe spécifié par les types des arguments.
  - `super (...)`

    qui appelle le constructeur de la classe parente spécifié par les types des arguments.
- dans les deux cas, l'appel doit être la première instruction du constructeur, et cette forme d'appel n'est pas renouvelable.

```
class Point2D {
  int abs, ord; // valeurs nulles par defaut
  Point2D () {}
  Point2D (int abs,int ord) {
     this.abs = abs;
     this.ord = ord;
  }
}
class Point2DColore extends Point2D {
  int col;
  Point2DColore () {}        // appel implicite de Point2D ()
  Point2DColore (int col) {
    this (0, 0, col)         // appel de
                             // Point2DColore(int, int, int)
  }
  Point2DColore (int abs, int ord, int col) {
    super (abs, ord);        // appel de Point2D (int, int)
    this.col = col;
  }
}
```

5.7. Héritage et masquage

- Les champs masqués (par `private`) d'une classe parente ne sont pas hérités par ses extensions – ils sont inaccessibles à l'extérieur de la classe parente...

- ... mais ces champs existent dans les instances de l'extension, même s'ils sont inaccessibles dans l'extension elle-même.

- ... et les méthodes de la classe parente héritées par l'extension continuent à accéder librement à ces champs (puisqu'elles les "voient" depuis la classe parente).

```
class Point2D {
  // abs et ord sont visibles dans cette classe,
  // pas dans les classes heritieres
  private int abs, ord;

  int getAbs () { return abs; }
  int getOrd () { return ord; }
  void set (int abs, int ord) {
    this.abs = abs;
    this.ord = ord;
  }
}
class Point2DColore extends Point2D {

  // ...
  void set (int abs, int ord, int col) {
    set (abs, ord);   // invocation du set en (int,int) qui,
    this.col = col;   // depuis sa classe, accede aux champs
  }                   // masques
}
```

```java
Point2DColore pc = new Point2DColore ();
pc.set (10, 42, 255);
int i = pc.getAbs ();  // 10
int j = pc.getOrd ();  // 42
```

- les expressions `pc.abs` ou `pc.ord` sont incompilables, même si tout point coloré dispose bien de ces deux champs.
- les méthodes `getAbs`, `getOrd` sont héritées par `Point2DColore` . elles sont implémentées dans `Point2D`, donc accèdent librement aux deux champs depuis leur classe.
- la nouvelle méthode `set` invoque une implémentation de `set` héritée de `Point2D` qui accède librement aux deux champs depuis sa classe.

- les constructeurs d'une classe ou ses méthodes peuvent également être déclarés `private` (plus rare).
- les règles sont les mêmes qu'avec les champs (non hérités, accessibles indirectement via les implémentations héritées).

5.8. Extensions multiples et extensions d'extensions

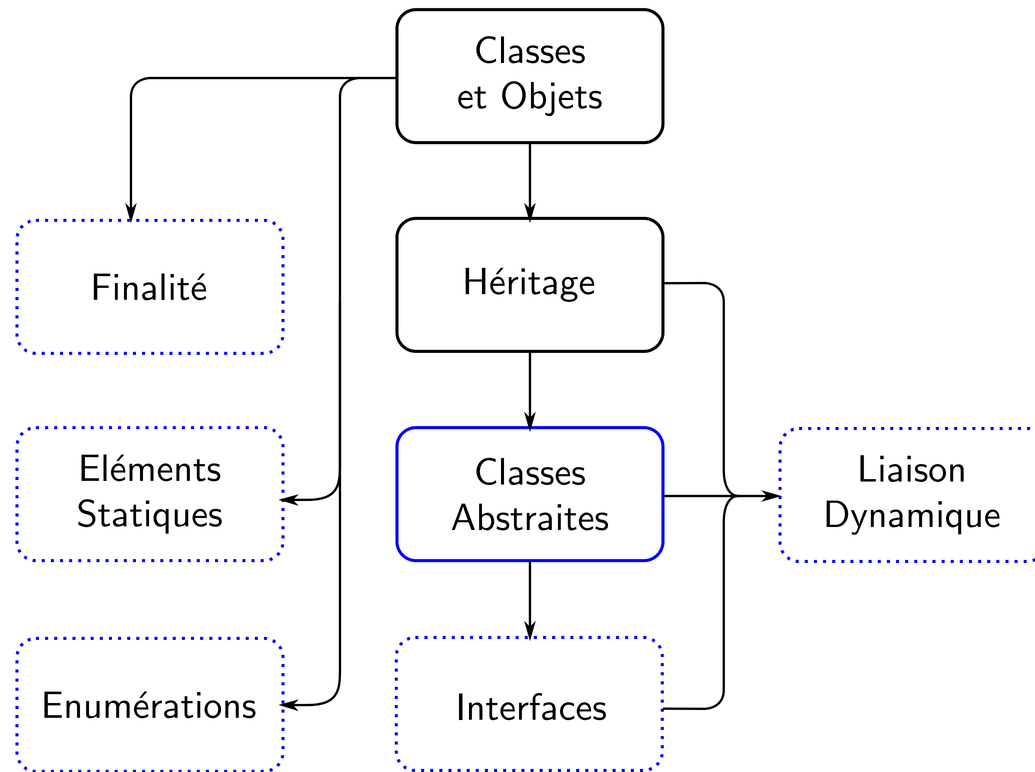
- une même classe peut avoir un nombre arbitraire d'extensions.
- toute extension de classe peut elle-même être étendue.
- restrictions pour `super.`+ méthode et `super(...)` : une classe ne peut accéder qu'à l'implémentation (héritée ou non) d'un constructeur ou d'une méthode de son ancêtre immédiat : on ne peut pas écrire `super.super ...`

```
class Point2D {
  private int abs, ord;
  ...
}
class Point2DColore extends Point2D {
  private int col;   // un champ de plus...
  ...
}
class Point2DColoreNomme extends Point2DColore {
  private char nom;  // encore un champ de plus...
  ...
} // etc..

// Point2D est parente de Point2DColore et de
// Point2DColoreNomme,
// Point2DColore est parente de Point2DColoreNomme ...
```

- *hiérarchie de classes* ≡ une classe, et l'ensemble de ses descendants (directs ou indirects)
- une classe peut avoir plusieurs classes ancêtres (classe parente, classe parente de cette classe parente, etc.) par convention, les ancêtres d'une classe incluent la classe elle-même.
- une classe prédéfinie est implicitement ancêtre de toutes les autres : la classe `Object`.
- un programme java se conçoit en général en concevant un ensemble de hiérarchies de classes (classes génériques, spécialisations de ces classes, spécialisations des spécialisations...)

PARTIE III - Classes Abstraites



6. Notion de classe abstraite

- *classe abstraite* ≡ classe incomplète dont certaines parties restent à écrire :
  - non instantiable (pas de `new` possible) mais elle peut contenir des champs, des constructeurs et des méthodes,
  - elle peut mentionner des noms de méthodes non encore implémentées, appelées méthodes abstraites,
  - une classe abstraite est uniquement destinée à être étendue en classes concrètes (instantiables), qui implémenteront les parties manquantes.
- objectif : toujours le même, écrire une seule fois les éléments communs à toutes les extensions, écrire ensuite les spécialisations concrètes.

7. Extension de classe abstraite - un exemple

- on souhaite définir une classe abstraite permettant de représenter des formes géométriques, sans précision de leur nature exacte (cercle, rectangle, carré . . .).
- toute forme est définie relativement à un certain point de référence (deux champs `x` et `y` communs à toutes les formes).
- toute forme doit pouvoir afficher sa description (au moins les valeurs des champs `x` et `y`).
- toute forme occupe une certaine surface... qui ne peut se calculer qu'en connaissant la nature exacte de cette forme.

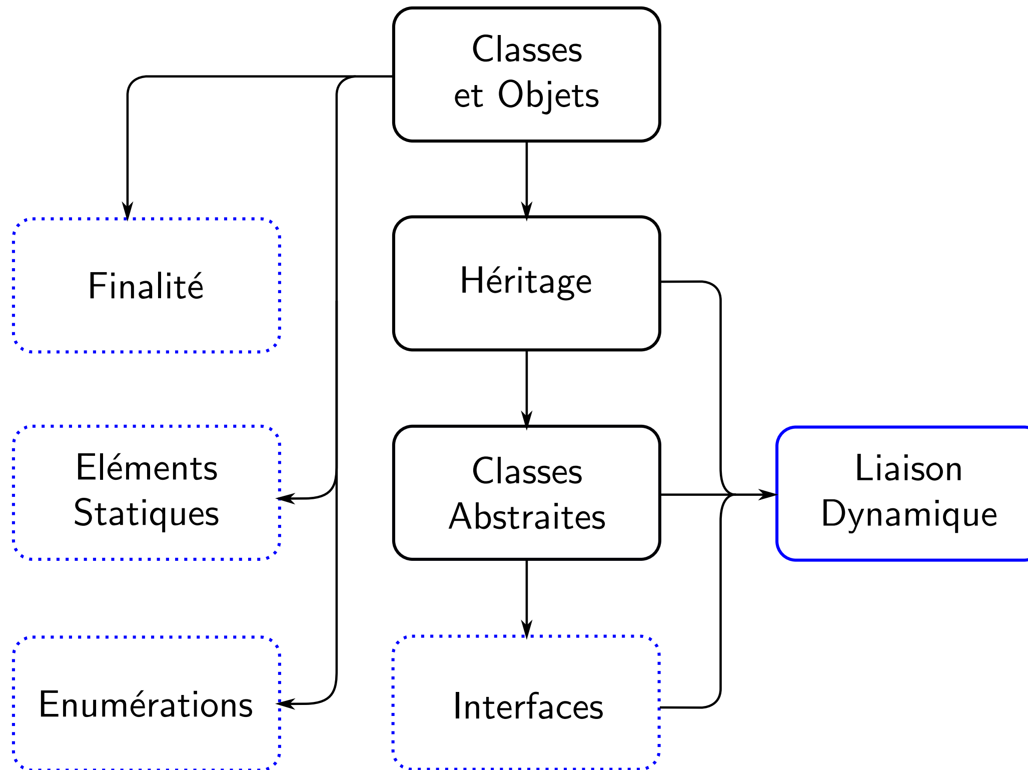
```java
// fichier Forme.java
public abstract class Forme { // "abstract", i.e. abstraite
  private int x, y;            // champs communs
  public Forme () {}           // constructeurs
  public Forme (int x, int y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }
  public int getX () { return x; }    // accesseurs pour les
  public int getY () { return y; }    // champs communs
  public void setXY (int x, int y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }
  public void afficher () {
    System.out.println ("base : " + x + "," + y);
  }
  // methode abstraite : a implementer par les
  // heritiers concrets de cette classe abstraite.
  public abstract double surface ();   // pas d'implementation.
}
```

```java
// fichier Rectangle.java
public class Rectangle extends Forme {
  private int hauteur, largeur;  // champs ajoutes
  public Rectangle () {}         // constructeurs
  public Rectangle (int x, int y, int hauteur, int largeur) {
    super (x,y);
    this.hauteur = hauteur; this.largeur = largeur;
  }  // accesseurs ajoutes :
  public int getHauteur () { return hauteur; }
  public int getLargeur () { return largeur; }
  public void setDimension (int hauteur, int largeur) {
    this.hauteur = hauteur; this.largeur = largeur;
  }
  public void afficher () {   // redefinition de l'affichage
    super.afficher (); // appel de l'implementation de Forme,
    System.out.println ("hauteur : " + hauteur);
    System.out.println ("largeur : " + largeur);
  }
  public double surface () {    // implementation de la
    return hauteur * largeur;  // methode abstraite de Forme.
  }
}
```

```java
// fichier Cercle.java
public class Cercle extends Forme {
  private int rayon;       // champ ajoute
  public Cercle () {}      // constructeurs
  public Cercle (int x, int y, int rayon) {
    super (x,y);
    this.rayon = rayon;
  }
  public int getRayon () { return rayon; } // accesseurs
   ajoutes
  public void setRayon (int rayon) {
    this.rayon = rayon;
  }
  public void afficher () { // redefinition de l'affichage
    super.afficher ();
    System.out.println ("rayon : " + r);
  }
  public double surface () { // implementation de la methode
    return Math.PI * rayon * rayon;    // abstraite de Forme
  }
}
```

- règles d'héritage, de constructions, d'accessibilité des champs, etc. : les mêmes que pour une extension de classe concrète.
- toute classe abstraite ou concrète peut être étendue en une classe concrète ou abstraite, toutes les extensions sont extensibles.
- une extension abstraite peut laisser abstraites une partie des méthodes abstraite de sa classe parente et en introduire de nouvelles.
- seule contrainte sur les extensions : toute extension *concrète* doit fournir une implémentation de chaque méthode encore abstraite dans sa classe parente (héritée ou non).

PARTIE IV - Liaison dynamique



8. Conversions de références

8.1. Conversion ascendante de référence

– Règle de déclaration libre : on peut déclarer des références vers n'importe quelle classe, même abstraite.

```
Forme f;      // legal, meme si Forme est abstraite
```

– Regle de conversion ascendante : on peut référencer un objet par toute référence vers l'une de ses classes ancêtres.

```
Forme f;
Cercle c = new Cercle ();
Rectangle r = new Rectangle ();

f = c;        // conversion "ascendante" de c
              // en une reference vers Forme...  legal.
f = r;        // conversion "ascendante" de r... legal.
```

8.2. Conversion descendante

- Règle de conversion descendante : on peut convertir *explicitement* une référence dans la direction opposée, pourvu que la référence-cible soit vers une classe ancêtre de celle de l'objet.

```
Forme f = new Cercle ();

Cercle c = (Cercle) f;          // valide

// Rectangle r = (Rectangle) f; // erreur !!

f = new Carre ()
Rectangle r = (Rectangle) f;   // valide
```

- ces conversions ne changent pas les classes des objets, mais simplement le type des références qui servent à les manipuler.

8.3. Vérification de la validité d'une conversion

- on peut vérifier (à l'exécution seulement) la validité d'une conversion descendante à l'aide de `instanceof` :

```
Forme f = Math.random() > .5 ? new Cercle() : new Carre();
Rectangle r = null;
if (f instanceof Rectangle) {
  r = (Rectangle) f;
}
```

- `f instanceof Rectangle` vaut `true` si et seulement si `Rectangle` est ancêtre de la classe de `f` – i.e. si la conversion `(Rectangle) f` est valide.
- `instanceof` *ne permet pas* de déterminer la classe exacte d'un objet, mais simplement de vérifier si une classe est ancêtre de celle-ci. en pratique, son usage est réservé à la vérification de validité d'une conversion.

8.4. Accessibilité des noms suivant le type des références

– lorsqu'un objet est référencé par une référence vers une certaine classe, seuls les champs et méthodes de cette classe (non masqués, dans la classe ou hérités) sont accessibles et invocables via cette référence.

```
Forme f = new Cercle ();

f.afficher ();       // legal : afficher est dans Forme
// f.setRayon (10); // erreur !!  Forme ne contient pas
                    // cette methode, definie dans Cercle.

Cercle c = (Cercle) f;   // descente vers Cercle
c.setRayon (10);         // legal.
```

9. Liaison dynamique

9.1. Règle de liaison dynamique – la règle centrale

– lorsqu'une méthode est invoquée sur une référence, quel que soit son type, *l'implémentation choisie est toujours celle de la classe de l'objet référencé* (écrite dans sa classe, ou héritée).

```
Cercle c = new Cercle ();
Forme f = c;
f.afficher ();   // dans les deux cas, l'implementation
c.afficher ();   // choisie est celle de Cercle.

f = Math.random () > .5 ? new Cercle () : new Rectangle  ();
f.afficher ();   // implementation choisie a l'execution !
```

`afficher ()` sera lié (associé) dynamiquement (à l'exécution) à une certaine implémentation, suivant la classe de l'objet.

```
// exemple precedent, tres simplifie :
abstract class Forme {
  abstract void afficher ();
}
class Rectangle extends Forme {
   void afficher () { System.out.println ("Rectangle"); }
}
class Cercle extends Forme {
   void afficher () { System.out.println ("Cercle");
}
Rectangle r = new Rectangle ();
Forme f = r;
f.afficher (); // affiche "Rectangle", comme r.afficher ()
Cercle c = new Cercle ();
f = c;
f.afficher (); // affiche "Cercle", comme c.afficher ()

Forme[] dessin = {new Rectangle (), new Carre ()};
for (int i = 0; i < 2; i++) dessin[i].afficher ();
// affiche "Rectangle" puis "Cercle"
```

```
// autre exemple : type de donnees abstrait
// fichier Pile.java
public abstract class Pile {
    abstract int pop ();
    abstract void push (int n);
    abstract boolean isEmpty ();
}

// ailleurs : classe(s) concrete(s) etendant Pile...
// implementation(s) par tableau, liste chainee, etc.

// ... et quelque part dans une autre classe :
void m (Pile p) {
  if (!p.isEmpty ()) {  // invoquera les methodes de la
    int n = p.pop ();   // classe (concrete) de p.
    // etc.
  }  // la methode est dite "polymorphe" : elle accepte des
}    // objets de classes differentes, en ne se servant que
     // de leurs noms de methodes communs.
```

9.2. Règle de choix d'implémentation des méthodes

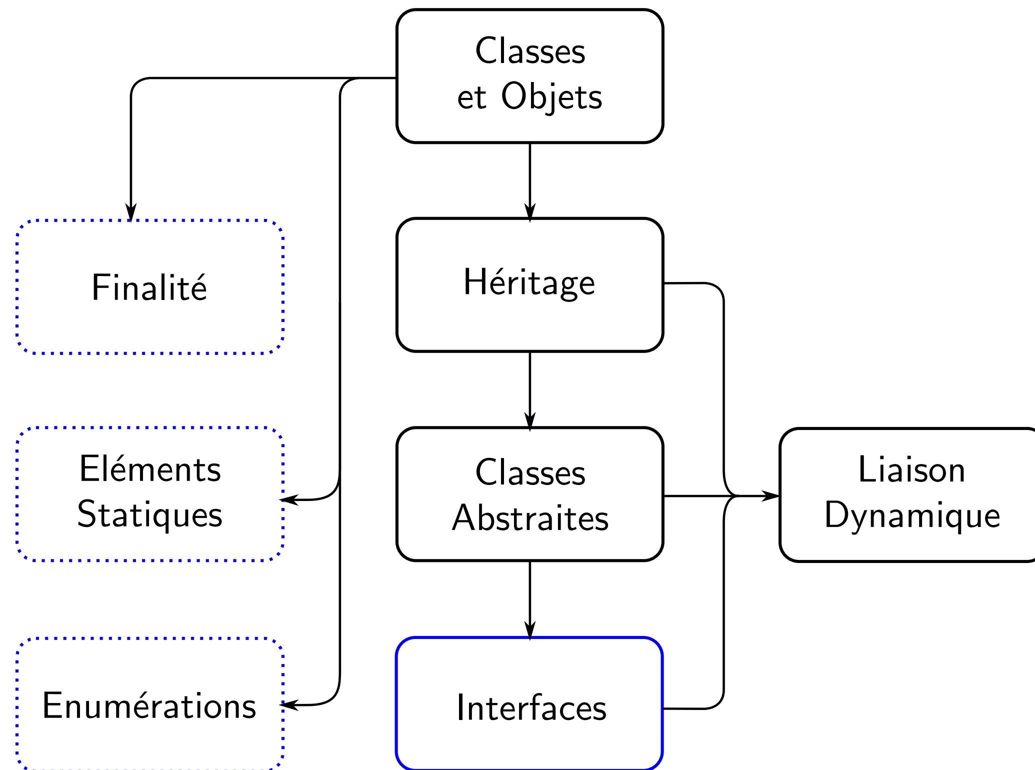
– suite d'extensions : A → B → C → D

```
// ... dans une classe E quelconque :
   void m (A a) {...}
   void m (C c) {...}

// ... et ailleurs :
   D d = new D ();
   C c = d;
   B b = d;
   A a = d;

   E e = new E();    // methode invoquee :
   e.m (a);          // m(A a)  : A plus proche ancetre de A
   e.m (b);          // m(A a)  : A plus proche ancetre de B
   e.m (c);          // m(C c)  : C plus proche ancetre de C
   e.m (d);          // m(C c)  : C plus proche ancetre de D
```

PARTIE V - Interfaces



10. Notion d'interface

- interface ≡ similaire à une classe abstraite, mais encore plus incomplète. une simple liste de noms de méthodes.

```
// fichier Deplacable.java
public interface Deplacable {
  Point2D getPosition ();
  void setPosition (Point2D p);
  void alignerAvec (Deplacable d);
}
```

- une classe implémente une interface lorsqu' elle implémente chacune de ses méthodes. Les méthodes de l'interface *doivent* être `public`.

- une classe ne peut être l'extension que d'une seule classe, mais elle peut implémenter plusieurs interfaces.

```java
// fichier Deplacable.java
public interface Deplacable {
  Point2D getPosition ();
  void  setPosition (Point2D p);
  void  alignerAvec (Deplacable d);
}
// fichiet Segment.java
public class Segment implements Deplacable {
  private Point2D debut, fin;  // + constructeurs, etc.
  public Point2D getPosition () {
    return debut;
  }
  public void setPosition (Point2D p) {
    debut.translater (p);
    fin.translater (p);
  }
  public void alignerAvec (Deplacable d) {
   setPosition (d.getPosition ());
  }
}
```

```java
// fichier Deplacable.java
public interface Deplacable {
  Point2D getPosition ();
  void  setPosition (Point2D p);
  void  alignerAvec (Deplacable d);
}
// fichier Forme.java
public abstract class Forme implements Deplacable {
  // champs x, y, constructeurs, etc.
  public Point2D getPosition () {
    return new Point2D (getX (), getY ())
  }
  public void setPosition (Point2D p) {
    setX (p.getX ()); setY (p.getY ());
  }
  public void alignerAvec (Deplacable d) {
   setPosition (d.getPosition ());
  }
}
// toute classe heritiere de Forme implemente Deplacable
// par heritage.
```

– pas de lien de parenté entre `Segment` et les héritiers concrets de `Forme`... mais "pont" créé entre toutes ces classes : une interface commune.

– `alignerAvec` accepte tout objet dont la classe implémente `Deplacable`. tous ces objets sont référençables par des références de type `Deplacable`.

```
Deplacable d = new Cercle ();      // conversion ascendante
Deplacable e = new Segment ();     // conversion ascendante
d.alignerAvec (e);  // legal
e.alignerAvec (d);  // legal

Segment s = new Segment ();        // conversion ascendante
Cercle  c = new Rectangle ();      // de c en reference vers
s.alignerAvec (c);                 // Deplacable. legal.
```

- une classe peut implémenter plusieurs interfaces :

```
class B extends C implements I, J, K {...}
```

- une classe abstraite peut être marquée comme implémentant une interface, mais ne pas implémenter toutes ses méthodes.

- les interfaces sont extensibles, et même multi-extensibles

```
interface I { ... }
interface J { ... }
interface K extends I, J { ... }
```

- on peut ajouter des champs - implicitement `final` et `static` (*i.e.* des constantes).

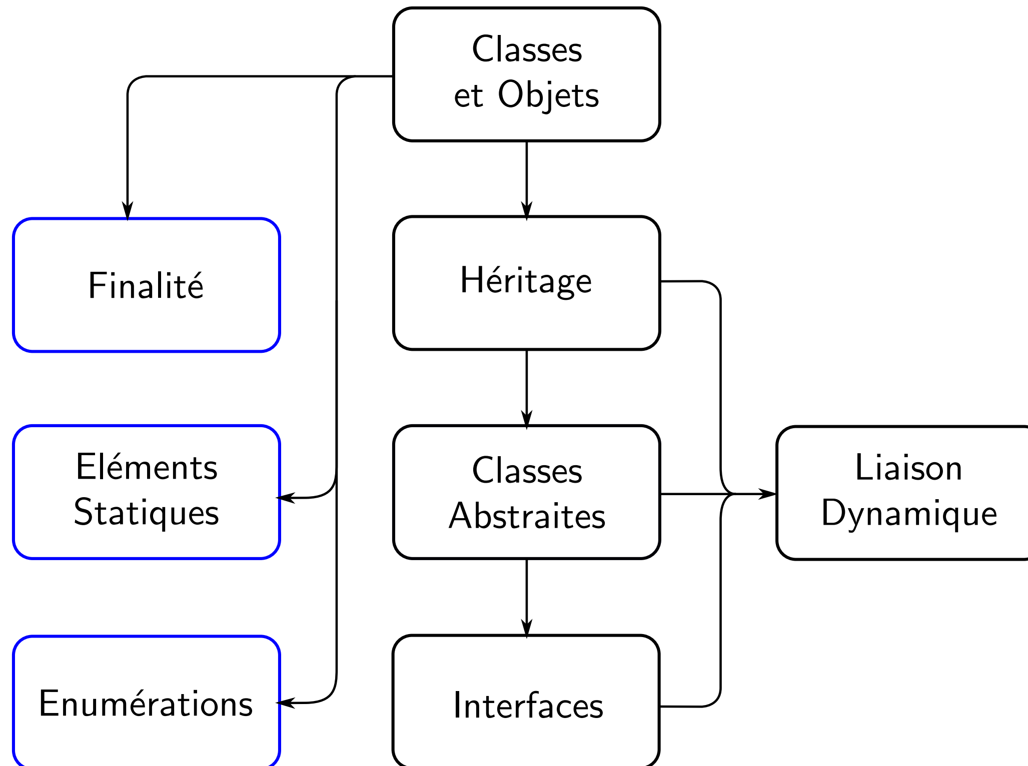
– depuis Java 8 : une interface peut contenir une implémentation par défaut de certaines de ses méthodes. On peut y invoquer sur `this` toutes les méthodes de l'interface.

```
public interface Stack {
   int getSize ();
   void push (int n);
   int pop ();
   //  empiler tous les elements d'un tableau
   default void push (int[] tab) {
      for (int n : tab) {
         this.push (n);
      }
   }
}
```

– toute classe implémentant l'interface hérite de cette implémentation par défaut, et peut la redéfinir. (`Stack.super.push` accède à l'ancienne implémentation)

- si une classe implémente plusieurs interfaces dont deux proposent une implémentation par défaut d'une *même* méthode, la classe *doit* la redéfinir (pour éviter tout conflit entre les implémentations par défaut).
- toujours depuis Java 8, une interface peut contenir des méthodes statiques (qui doivent être toutes implémentées, et qui ne peuvent accéder qu'aux éléments statiques de l'interface, champs statiques ou méthodes statiques).

Partie VI - Compléments



11. Finalité de classes, champs, méthodes variables

- `final` ≡ plus modifiable, en plusieurs sens.
- `final class C {...}` : la classe `C` n'est plus extensible.
- `class C { final int x; ... }`

  le champ `x` doit être initialisé dès la création, et ne sera plus modifiable.
- `class C {... final int m () {...} }`

  le méthode `m ()` ne pourra pas être rédéfinie dans les extensions de `C`.
- `final` permet de créer des objets non-mutables.
- variables en `final` ≡ `const` de C.

12. Champs et méthodes statiques

– champ statique ≡ partagé par toutes les instances d'une classe.

– un seul exemplaire de ce champ en mémoire. reservé dès le lancement du programme, et indépendamment de toute création d'objet.

```
// fichier Point2D.java
public class Point2D {
  // compteur commun a tous les points :
  static int nbreInstancesCrees = 0;
  private int abs, ord;
  public Point2D () { nbreInstancesCrees++; }
  public Point2D (int abs, int ord) {
    this ();
    this.abs = abs;
    this.ord = ord;
  }
}
```

- accès à un champ statique :
  - via le nom de la classe
  - ou via une référence initialisée dont la classe voit ce champ

```
// lancement du programme
System.out.println (Point2D.nbreInstancesCrees);
// affiche 0

// premiere instance creee
Point2D p = new Point2D ();
System.out.println (Point2D.nbreInstancesCrees);
// affiche 1

// etc.
```

– méthode statique ≡ une méthode qui n'accède qu'à des champs statiques. invocable indépendamment de tout objet.

```
// fichier Point2D.java
public class Point2D {
 // compteur commun a tous les points
  private static int nbreInstancesCrees = 0;
  privatre int abs, ord;
  public Point2D () {
    nbreInstancesCrees++;
  }
  // accesseur statique
  public static getNbrInstancesCrees () {
    return nbreInstancesCrees;
  }
}
```

– invocation via le nom de la classe (ou une référence initialisée):

```
System.out.println (Point2D.getNbreInstancesCrees ());
```

12.1. Applications des champs et méthodes statiques

– “librairie” de fonctions utilitaires (comme en C)

```
// fichier Divers.java
public class Divers {
  public static final double Pi = 3.1415927;
  public static int max (int x, int y) {
    return x > y ? x : y;
  }
  public static int min (int x, int y) {
    return x < y ? x : y;
  }
  private Divers () {} // unique constructeur prive...
}                     // donc classe non instantiable,
                      // et non extensible !
```

– définitions de constantes, et même constantes d'objets :

```
// fichier Couleur.java
public class Couleur {
  public static final
    BLANC  = new Couleur (255,255,255),
    NOIR   = new Couleur (0,0,0);
  private final int r, v, b; // champs non mutables

  public Couleur () {
    this (0,0,0);
  }
  public Couleur (int r, int v, int b) {
    this.r = r;
    this.v = v;
    this.b = b;
  }
  // etc.
}
```

– classe singleton : une, et une seule instance.

```
public class Elvis {
  public static final THE_KING  = new Elvis ();
  private Elvis () {}   // prive... pas d'autre new possible
                        // pas d'extension possible.
  // etc.
}
```

– classe à deux éléments et seulement deux :

```
public class Boolean {
  private final boolean b;
  public static final // deux instances, et pas plus
     Boolean TRUE  = new Boolean (true),
             FALSE = new Boolean (false);

  private Boolean (Boolean b) {
    this.b = b;
  }
   //"usine statique"
  public static Boolean getInstance (boolean b) {
    return b ? TRUE : FALSE;
  }
}
```

13. Enumérations

– Equivalent d'une classe dont les instances sont crées au lancement du programme, et qui n'est plus instantiable.

```
public enum Joueur {
     BLANCS, NOIRS;
}
```

équivalent à :

```
public class Joueur {
     public static final Joueur
        BLANCS = new Joueur (),
        NOIRS  = new Joueur ();
     private Joueur () {}
}
```

– Les deux instances se manipulent via les deux références `Joueur.BLANCS`, `Joueur.NOIRS`

– Une énumération est une *classe*, on peut lui ajouter des champs, des méthodes, et des constructeurs implicitement privés, invoqués implicitement :

```
public enum Joueur {
    // invocations implicites de Joueur (String string)
    BLANCS ("blancs"), NOIRS ("noirs");

    private String string;

    Joueur (String string) {
        this.string = string;
    }
    public String toString() {
        return this.string;
    }
}
```

– “`new Joueur ("...")`” est interdit, même dans `Joueur`.

```
public enum Pion {
   PION_BLANC ("B", Joueur.BLANCS);
   PION_NOIR  ("N", Joueur.NOIRS),

   public final Joueur joueur;
   public final String string;

   Pion (String string, Joueur joueur) {
       this.string = string;
       this.joueur = joueur;
   }

   public String toString () {
       return this.string;
   }
   public Joueur getJoueur () {
       return this.joueur;
   }
}
```

- ```
  public enum Dir {
      NORD, SUD, EST, OUEST
  }
  ```

  Une énumération est implicitement héritière de `Enum`, et hérite de deux méthodes :

  - `values()` : statique, tableau des éléments énumérés.
    `Dir.values()` → `{NORD, SUD, EST, OUEST}` en `Dir[]`
  - `ordinal()` : rang d'un élément.
    `Dir.NORD.ordinal()` → 0,
    `Dir.SUD.ordinal()` → 1, etc.
  ```

– On peut donc aussi écrire :

```
// fichier Joueur.java
public enum Joueur {
     BLANCS, NOIRS;
}

// fichier Pion.java
public enum Pion {
   PION_BLANC, PION_NOIR;

   public static final String[]  strings = {"B", "N"};
   public String toString () {
       return string[this.ordinal()];
   }
   Joueur getJoueur () {
       return Joueur.values()[this.ordinal()];
   }
}
```

- On peut définir un tableau ou une matrice de références vers les éléments d'une énumération (`contenu[i][j]` vaut `Pion.PION_NOIR`, `Pion.PION_BLANC`, ou `null` si la case est vide) :

```
public class Plateau {
    private Pion[][] contenu;
    private int hauteur;
    private int largeur;
    Plateau (int hauteur, int largeur) {
        this.hauteur = hauteur;
        this.largeur = largeur;
        this.contenu = new Pion[hauteur][largeur];
    }
}
```

- Les champs d'une énumération sont le plus souvent non-mutables (privés, accesseurs en `set` mais pas en `get`), mais ce n'est pas une obligation.

– on ne peut pas définir une extension d'énumération (elle est implicitement `final`).

– une énumération ne peut pas hériter d'une autre classe (elle est implicitement héritière de la classe `java.lang.Enum`).

– mais une énumération peut implémenter une ou plusieurs interfaces (dans ce cas, des implémentations par défaut simulent plus ou moins le mécanisme d'héritage).