Héritage, sous-typage et classes abstraites

Virginia Aponte

Département Informatique
CNAM-Paris

2 avril 2019

1. Sous-typage (polymorphisme objet)

Types d'objets en Java

Trois sortes de types pour les objets :

- les interfaces
- les classes
- les classes abstraites.

Leur (seul) point commun :

- spécifier les méthodes (avec ou sans corps),
- que «contiennent» les objets de ce type.

sous-typage

Permet de comparer les types selon les méthodes que ces types «contiennent».

Sous-typage : qu'es-ce que c'est ?

Sous-typage

- Le type B est un sous-type du type A si
  - B «peut exécuter» tout ce que A « peut »
    (grosso modo : *si B contient «autant de méthodes» que A*)
- On dit : *A est le super-type de B*.
- Appelé aussi : *«polymorphisme objet»*

Exemple : une **classe** qui implante une **interface**
est un sous-type de l'interface.

Exemple de sous-typage

Aire : surface d'une figure géométrique.

```
interface Aire{
  public double getAire();
}
public class Cercle implements Aire {
  private int radius;
  private Point p;
  ....
  public Double getAire() {
    return 3.14159 * radius * radius;
  }
}
```

La classe Cercle est un sous-type de l'interface Aire

`Point` n'est pas sous-type de `Aire`

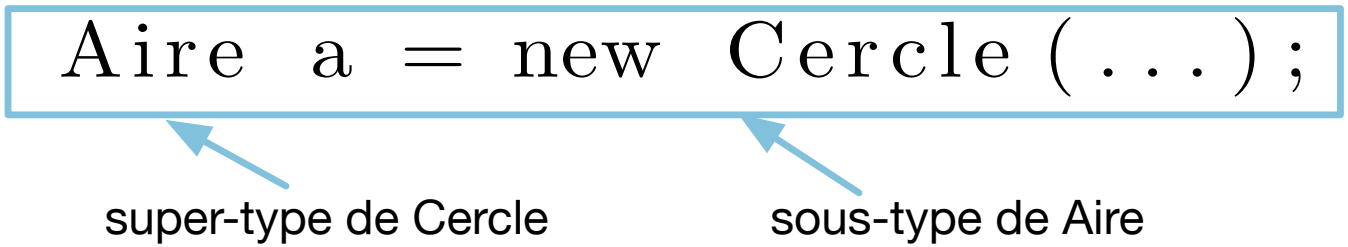
```
public class Point implements Deplacable {
  private int x;
  private int y;
  public Point(int initx, inity){...}
  public int getX() {...}
  public int getY() {...}
  public void move(int dx, int dy) {..}
}
```

- La classe `Point` ne possède pas de méthode `getAire()`
- `Point` ne «contient pas» autant que `Aire` ;
- donc, `Point` n'est pas sous-type de `Aire`.

Compatibilité par sous-typage (affectation)

Affectation d'un sous-type

Une variable déclarée de type A, peut stocker un objet *sous-type* de A.



Compatibilité par sous-typage (appel de méthode)

Appel de méthode avec argument sous-type

Une méthode

- dont les paramètres sont déclarés de type A
- peut être invoquée avec paramètres éffectifs :

$$\text{soit} \begin{cases} \text{de type A} \\ \text{d'un sous-type de A} \end{cases}$$

```
static double deuxFois(Aire x){ // argument de type Aire
    return (x.getAire() * 2);
}
....
Cercle c = new Cercle(...); // Cercle est sous-type de Aire
deuxFois(c);                // invocation avec sous-type
```

Sous-typage entre classes et interfaces

via **implements** et **extends**

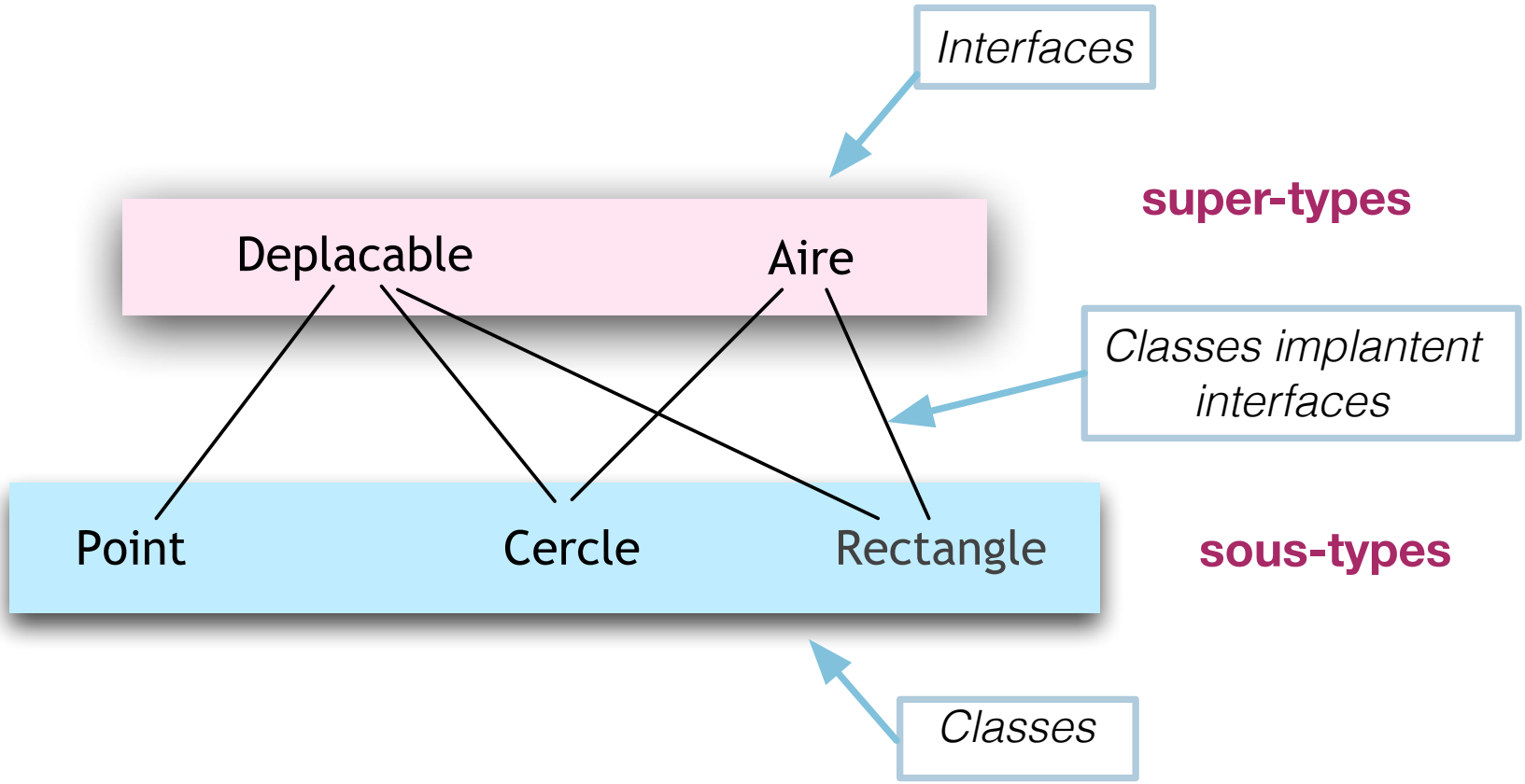
Les déclarations B **implements** A et B **extends** A introduisent du sous-typage entre l'entité qui existe déjà (A) et la nouvelle (B) :

- B devient un sous-type de A

```
public class Point implements Deplacable { ...}

public class Cercle implements Deplacable, Aire { ...}

public class Rectangle implements Deplacable, Aire { ...}
```

Rappel : une classe peut implanter plusieurs interfaces.

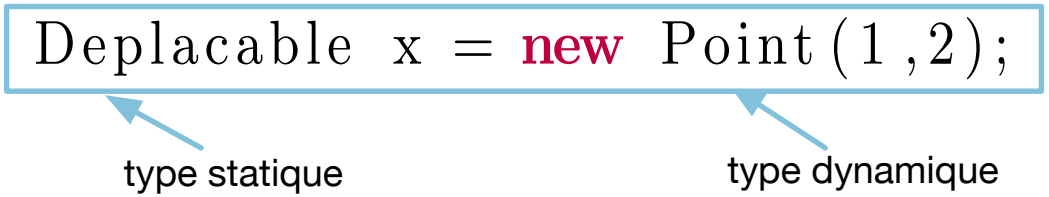
Hiérarchie de sous-typage entre classes et interfaces



2. Types statiques et types dynamiques

Type statique (ne change pas)

- Le type statique d'une variable, est celui *donné à sa déclaration* :



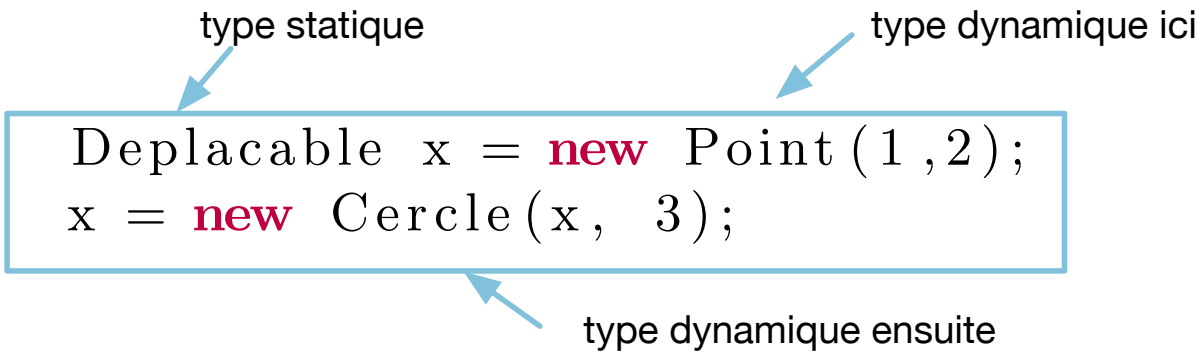
Ici, Deplacable est le type statique de x.

  - c'est aussi son type connu à la compilation ;
  - il ne change jamais pendant l'exécution du programme

statique ≈ne change pas.

Type dynamique (peut changer)

- Le type dynamique d'une variable, est celui de la classe utilisée pour construire *l'objet référencé par la variable* à un point précis de l'exécution :



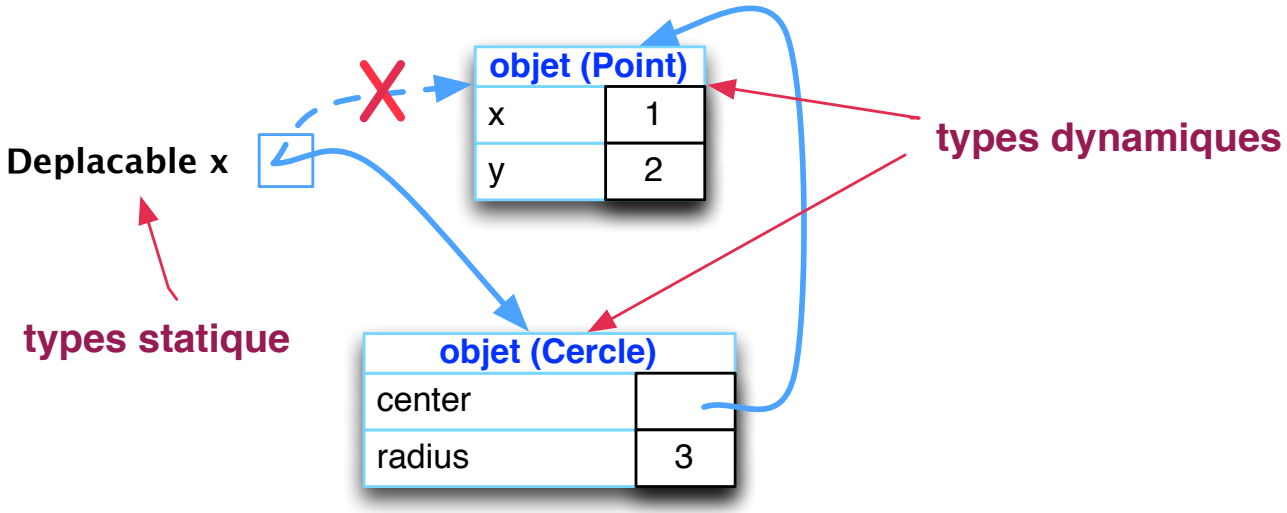
x a les types dynamiques Point puis Cercle.

  - il n'est pas forcément connu à la compilation ;
  - il peut changer pendant l'exécution du programme

dynamique $\approx$ changeant.

Type dynamique et mémoire

```
Deplacable x = new Point(1,2);
x = new Cercle(x, 3);
```



- type dynamique ⇒ structure précise de l'objet pointé ;
- type statique ⇒ donne un «point de vue» de l'objet pointé.

Type statique vs. type dynamique

Pour toute variable x :

son type dynamique est toujours un sous-type de son type statique.

Rappel : *B est un sous-type de A, si B «sait faire au moins autant» que A*.

Que signifie «faire autant» ? ≈ *avoir au moins autant de méthodes que*.

Conclusion :

- l'objet pointé (≈ type dynamique)
- «sait toujours faire autant que» (≈ est un sous-type de)
- le type déclaré de la variable (≈ type statique).

2.1 Utilité du sous-typage

A quoi sert le sous-typage ?

Ou «pourquoi diable se compliquer la vie ?»

Le sous-typage est une forme de *polymorphisme*

- polymorphisme $\approx$ plusieurs formes ;
- attention : ce qui «change de forme» est le type dynamique !
- autrement dit, une variable de type statique A, pourra pointer vers des objets avec types dynamiques différents de A :
  - affectation de «plusieurs formes» d'objet ;
  - stocker dans même structure (tableau, etc.) objets de type dynamique divers mais de type statique commun !
  - passer en argument objets de type dynamique B pour méthode qui «attend» un super-type statique A ;

Compatibilité entre types statique et dynamique

Le sous-typage est utile car il autorise la compatibilité («mélange») de types différents, sans risque d'erreurs à l'exécution.

Compatibilité par sous-typage entre types statique et dynamique

- une variable de type statique A,
- peut pointer vers un objet de type B,
- si B est un sous-type de A.

Cela arrive en 3 situations :

- affectation variable `A x = o;` avec o de type B ;
- affectation «case» d'une structure de données `A [] t; ..t[0] = o;`
- appel à une métthode `m(A x)` avec argument de type B $\Rightarrow$ `m(o);`

Utilité du sous-typage : exemple (1)

- `moveItAll` «attend» arraylist d'objets
- ces objets ont le type (statique) `Deplacable`

```
public void moveItAll (ArrayList<Deplacable> s,
                       int dx, int dy) {
    for (int i=0; i < s.size(); i++) {
        s.get(i).move(dx,dy);
    }
}
```

`moveItAll` accepte arraylist avec objets sous-types de Deplacable.

Utilité du sous-typage : exemple (2)

Variable `d` ⇒ de type statique (TS) ArrayList<Deplacable> :

```
Deplacable p =                          //TS=Deplacable, TD=Point
    new Point(5,5);
Cercle c =                              //TS=Cercle,     TD=Cercle
    new Cercle(new Point(..),100);
ArrayList<Deplacable> d = new ArrayList<Deplacable>();
d.add(p);
d.add(c);                               // TDs : Point et Cercle
moveItAll(d,5,10);
```

- les «cases» de `d` ⇒ de TS `Deplacable` ;
- elles pointent sur objets de TDs divers,
  - **tous** sous-types de `Deplacable`.

3. Sous-typage et oubli

Sous-typage ⇒ oubli

```
Point p = new Point(5,5);
Cercle c = new Cercle(new Point(0,0),100);
ArrayList<Deplacable> d =
    new ArrayList<Deplacable>();
d.add(p);  d.add(c);     // ok
c.getRadius();           // (1) ok
d.get(1).getRadius();    // (2) erreur!
}
```

- Compilation : connaît uniquement les types statiques
  - (1) ⇒ ok car TS = Cercle, qui contient `getRadius()`.
  - Tentative d'accès à d'autres méthodes que celles du TS ⇒ rejetée à la compilation ;
  - (2) ⇒ rejeté par le compilateur.

Sous-typage $\Rightarrow$ oubli (2)

Conclusion

- Un objet dont le type dynamique contient plus de méthodes que son type statique, ne peut pas les employer, car le typage (compilateur) l'interdit.
- Soustypage $\approx$ dans le code d'utilisation de l'objet, on «oublie» les méthodes de l'objet qui sont «en plus» p/r à son type statique.

5. Héritage

Qu'est-ce que l'héritage ?

Héritage

- Définition d'une nouvelle classe ou interface B par extension d'une classe ou interface A existante :
- Syntaxe `B extends A` (à la déclaration)
- Sémantique :
  - B « hérite » des membres (non privés) de A ;
  - +1 étage dans hiérarchie de types (A au-dessus de B) ;
  - B devient (en général) un sous-type de A.

Extension de la classe Compte

Rappel :

```
class Compte{
   double solde;
   Compte(double init){...}
   double getSolde() {... }
   void  depot(double m) {... }
   void  retrait(double m) throws ProvisionInsuffisante {
      if (solde < m){ throw new ProvisionInsuffisante();
      } else {solde = solde - m ;} }
   void virement(Compte c, double m) throws ProvisionInsuffi
   void afficher(){ System.out.println("Solde courant: solde
}
```

`retrait` et `virement` échouent si le solde est insuffisant.

Compte avec découvert ou remunéré

2 nouvelles classes : `CompteDecouvert` et `CompteRemunere`.

- Ce sont des comptes : doivent partager les caractéristiques des `Compte`.
- Fonctionnalités nouvelles : remunerer un compte, fixer le taux de remuneration, fixer le seuil du découvert autorisé.
- Comportements à redéfinir : on doit adapter le comportement de certaines méthodes. Ex : la méthode retrait ne doit plus échouer si le solde est insuffisant (dans la limite du découvert autorisé).

Définir `CompteDecouvert`

- \+ 1 variable d'instance : `decMax`
- \+ 1 méthode pour fixer sa valeur :
  `void fixeDecMax(double m)`
- \+ 1 constructeur propre :
  `CompteDecouvert(double init,double dmax)`
- 1 nouvelle version (redéfinie) de `retrait` : autorise un solde négatif dans la limite du découvert autorisé.

CompteDecouvert

```
class CompteDecouvert extends Compte{
  private double decMax;

  public void fixeDecMax(double m){decMax = m;}

  public CompteDecouvert(double m, double dm){
     super(m); decMax = dm;
  }

  /** Version redefine de retrait **/
  public void retrait(double m) throws provisionInsuffisant
     if (solde+decMax >= m){ //autorise decouvert
              solde = solde- m;
     } else { throw new provisionInsuffisante();}
  }
}
```

Sous-classes et super-classes

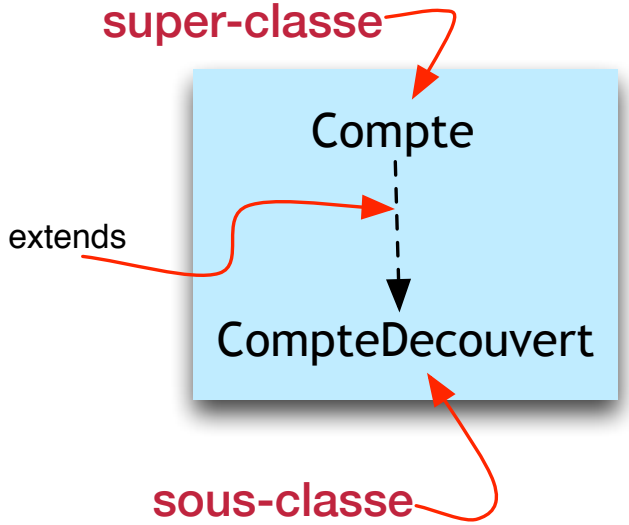
```
class CompteDecouvert extends Compte { ... }
```

- `CompteDecouvert` est une *sous-classe* de `Compte`.
- `Compte` est *la super-classe* de `CompteDecouvert`.
- Une classe peut être définie par extensions succésives. `CompteRemunereDecouvert` étend `CompteAveDecouvert` qui étend `Compte`.
- Elle aura une super-classe, une super-super-classe, etc...

Sous-classes et super-classes

```
class CompteDecouvert extends Compte {
  double decMax;
  void fixeDecMax(double dm){…}
  void retrait(double m) throws..{…}
}
```

redéfinition (overriding)



Héritage entre classes

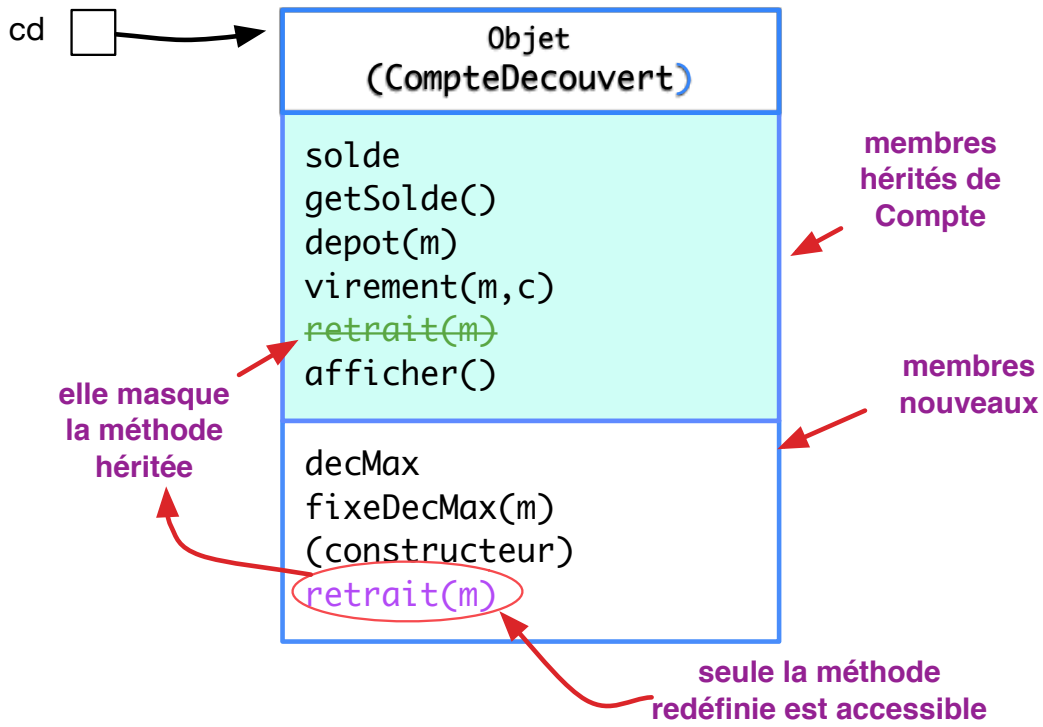
```
class B extends A { ... }
```

La nouvelle classe B :

- *hérite* variables + méthodes non privés de A, **sauf** ses constructeurs.
- peut déclarer nouvelles variables/méthodes qui lui sont *propres*.
- peut *surcharger* méthodes de A : si elle les définit avec d'autres signatures.
- peut *re-définir* méthodes de A (*override*).

Membres de la sous-classe

```
class CompteDecouvert extends Compte { ... }
CompteDecouvert cd = new CompteDecouvert(...);
```



Attention : en réalité, l'objet contient «toutes» les variables d'instance + pointeurs vers méthodes classes et super-classes..

La sous-classe «peut accéder/sait faire»

```
CompteDecouvert cd = new CompteDecouvert(...);
```

- variables/méthodes propres à la sous-classe :

```
cd.fixeDecMax(500);
```

- variables/méthodes héritées avec même comportement que dans la super-classe, si non rédéfinies dans la sous-classe ;

```
cd.depot(50);
cd.afficher();
```

- méthodes avec comportement rédéfini dans la sous-classe :

```
cd = new CompteDecouvert(800,1500); //1500 déc.autorise
cd.retrait(2000);   // quel comportement?
```

Pas d'échec $\Rightarrow$ exécute méthode `retrait` redéfinie par sous-classe.

retrait : comportement redéfini

Qu'affiche ce programme ?

```
CompteDecouvert d1 = new CompteDecouvert(6000,0);
try {  d1.retrait(7000.00);
       System.out.println("retrait OK" );
} catch (ProvisionInsuffisante e)  {
       System.out.println("Probleme 1er retrait");
}
d1.fixeDecMax(2000.00);
try { d1.retrait(7000.00);
      System.out.println("retrait OK"+
            "nouveau solde = " + d1.getSolde() );
} catch (ProvisionInsuffisante e) {
         System.out.println("Probleme 2eme retrait");};
```

redéfinition $\approx$ *overriding* (en anglais)

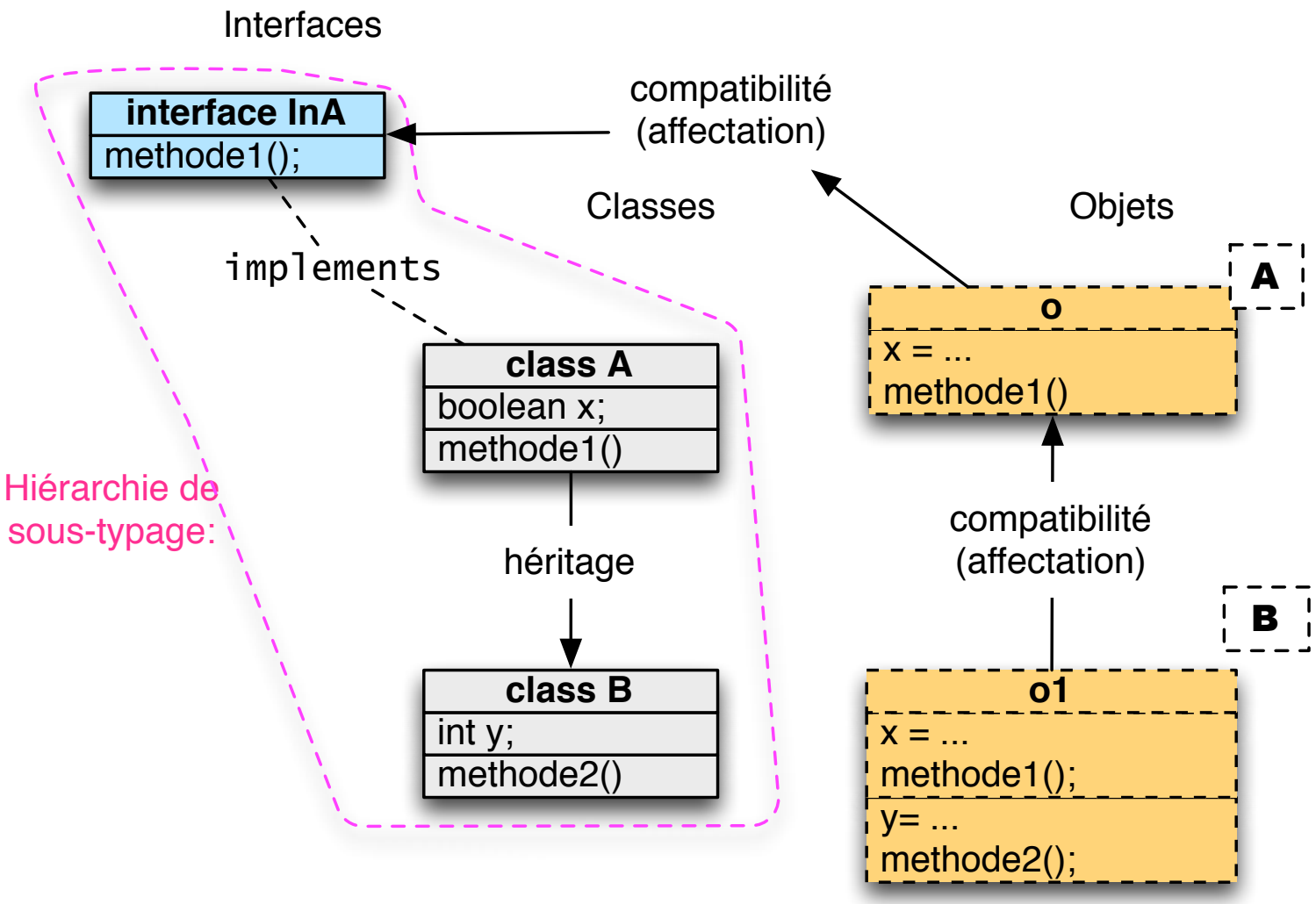
5.1 Héritage et typage

Héritage et sous-typage

```
class B extends A {...}   // heritage entre classes
interface I { ... }
class C implements I {... // implantation d'une interface
```

- une sous-classe B est un sous-type de sa super-classe A
- une classe C est un sous-type d'une interfaces I qu'elle implante.
- ces relations sont transitives :
  - si C sous-type de B et B sous-type de A $\Rightarrow$ C sous-type de A ;
  - si C sous-classe de B qui implante I $\Rightarrow$ C sous-type de I ; etc.

extends, implements et compatibilité



B est un sous-type de **A** et de **InA**
car **B** contient au moins tout ce que **A** et **InA** contiennent

Rappel : compatibilité par sous-typage

Si B est un sous-type de A, alors tout objet instace de B peut être :

- "mis" dans une variable ou case de type statique A ;
- passé à une méthode dont l'argument attendu est de type A ;

Le code suivant est donc correcte :

```
Compte c1 = new CompteDecouvert(...);
Compte c2 = new Compte(...);
CompteRemunere cr = new CompteRemunere(...);
c1 = cr;
c1.retrait(50);
c.virement(100, c2);
```

Car `CompteRemunere` est un sous-type de `Compte`.

Exemple : ce code est-il correcte ?

```
1 Compte c = new Compte(...);
2 CompteRemunere cr = new CompteRemunere(...);
3 CompteDecouvert cd = new CompteDecouvert(...);
4 cd = cr;
5 c = cd;
6 cd.virement(100, cr);
7 cd.retrait(50);
```

Quelles sont les lignes érronées ?
Quel sorte d'erreur ?

Transitivité : si on a `class CompteRemunereAvecDecouvert extends CompteRemunere ...`

5.2 Héritage et constructeurs : `super`.

Construction d'instace d'une sous-classe

```
class CompteDecouvert extends Compte{
   // constructeur
   public CompteDecouvert(double m, double dm){
      super(m);          // appel constructeur super-classe
      this.decMax = dm;  // initialisation var propres
}
  // Dans le main
   CompteDecouvert cd = new CompteDecouvert(50, 1500);
```

new CompteDecouvert(...) $\Rightarrow$ initialisation parties propre + héritée :

1. en 1er : invoquer le constructeur de la super-classe :
   - via (mot-clé **super**) pour initialiser partie héritée $\Rightarrow$ **super**(m);
   - en transmettant valeurs attendues (ici, m).
2. ensuite, initialiser partie prope $\Rightarrow$ **this**.decMax = dm;

Constructeurs implicites

```
class B extends A{
   public B(int i){
      // pas d'appel à super() ici --> appel implicite inséré
      this.x=i;
   }
}
```

Si super **n'est pas invoqué** dans le constructeur de B :

- le compilateur ajoute un appel implicite au constructeur sans arguments : **super**()
- attention : le constructeur sans argument doit être défini dans la super-classe A !

Ce code est correcte si A possède un contructeur sans arguments

Constructeurs implicites : exemple

```
class A {
  public A() { System.out.println("A");} }

class B extends A{
  public B(){ System.out.println("B");}  }
```

Affichages de **new** B();

A
B

Où y t-il des appels implicites à `super()` ?

5.2 Héritage et visibilité : `protected`, `super`.

Héritage et visibilité

```
class Compteur {
   private int x;
   public void set(int i) { this.x = i;}
   public int get(){ return this.x;}
   public void incr() { this.x = this.x + 1;}
}
class CompteurPas extends Compteur{
   private pas;
   public CompteurPas(int p){this.pas = p;}
   public void incr() { // redefinition
     this.x= this.x + this.pas; // erreur: x non visible!!
   }
}
```

- Membres privés ⇒ non visibles dans les sous-classes ;
- les rendre visibles dans sous-classes (et pas ailleurs) ⇒ **protected**

Solution avec protected

```
class Compteur {
   protected int x;
   public void set(int i) { this.x = i;}
   public int get(){ return this.x;}
   public void incr() { this.x = this.x + 1;}
}
class CompteurPas extends Compteur{
   private pas;
   public CompteurPas(int p){this.pas = p;}
   public void incr() { // redefinition
     this.x= this.x + this.pas; //ok.
   }
}
```

- x est maintenant visible dans les sous-classes de Compteur.
- Y a-t-il une solution en gardant x privé ?

Solution en gardant x privé

```
class Compteur {
   private int x;
   public void set(int i) { this.x = i;}
   public int get(){ return this.x;}
   public void incr() { this.x = this.x + 1;}
}
class CompteurPas extends Compteur{
   private pas;
   public CompteurPas(int p){this.pas = p;}
   public void incr() { // redefinition
     this.set(this.get()+ this.pas);
   }
}
```

- x est visible pour les méthodes héritées `set` et `get` ;
- qui sont suffisantes pour implanter le comportement re-défini.

La variable super : accès à la super-classe

super.m() : accès au membre m (*non privé*) de la super-classe

```
class CompteurPas extends Compteur{
  private int pas;
  public void incr() { // redefinition
    for (int i=1; i<= this.pas; i++){
        super.incr(); // methode de la super-classe
    }
  }
```

- Utile pour accèder aux membres redéfinis dans la sous-classe.
- Ici, incr() est redéfinie ⇒ **super**.incr() est la méthode de la super-classe.

Attention : ce n'est pas la meilleure implantation...

La classe `CompteRemunere`

- 2 nouvelles variables d'instance : `taux` et `interets`
- 2 nouvelles méthodes :
  - `fixeTaux(double m)`
  - et `crediterInterets()`
- 1 constructeur propre.

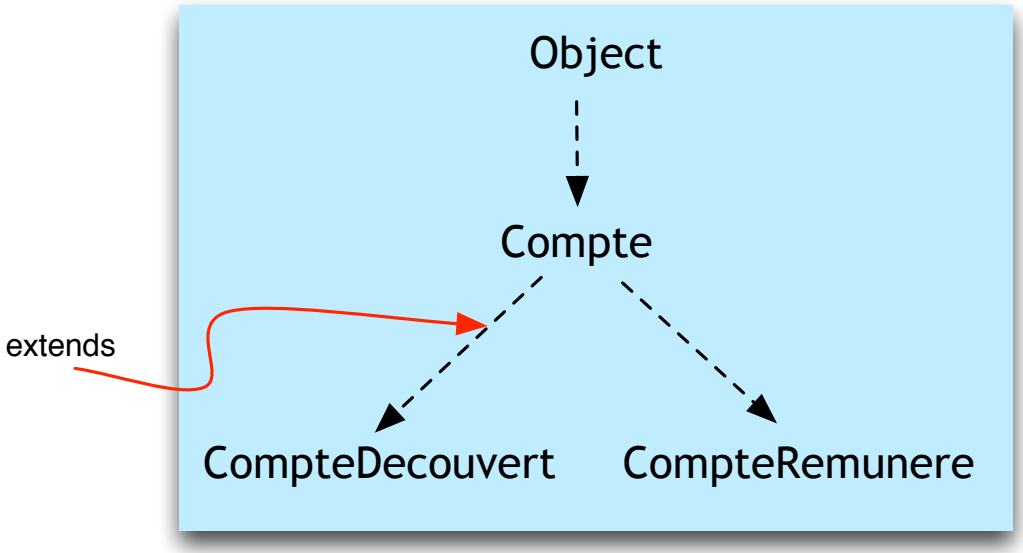
CompteRemunere

```
class CompteRemunere extends Compte{
   private double taux ;
   private double interets;

   public void fixeTaux(double m){this.taux = m; }

   public CompteRemunere (double m, double t){
      super(m) ; fixeTaux(t); interets = 0;
   }
   public void crediterInterets(){
      interets = getSolde()*taux/100;
      depot(interets);
   }
}
```

5.3 Hiérarchie de classes : `Object`, méthodes prédéfinies.

Hiérarchie des Comptes et le type Object

En Java toute classe hérite implicitement du type Object :



- à la racine de toutes les hiérarchies de classes !
- possède méthodes prédéfinies : equals, toString, etc
- $\Rightarrow$ héritées par tout objet de toute classe !
- leur code est donné par défaut : il faut souvent le re-définir. Ex : `o1.equals(o2)` teste l'égalité d'adresses de o1 et o2 !

Héritage simple (entre classes)

Peut-on définir `CompteRemunereDecouvert` par héritage simultané de `CompteRemunere` et `CompteDecouvert` ? (héritage multiple)

```
class CompteRemunereDecouvert
      extends CompteRemunere, CompteDecouvert ????
```

Réponse ⇒ Non !

Héritage entre classes : simple

En Java, seul l'héritage simple entre classes est autorisé.

Mais, l'implantation de multiples interfaces est possible...

6. Liaison dynamique

De quoi s'agit-il ?

Quel code est exécuté lors de cet appel ?

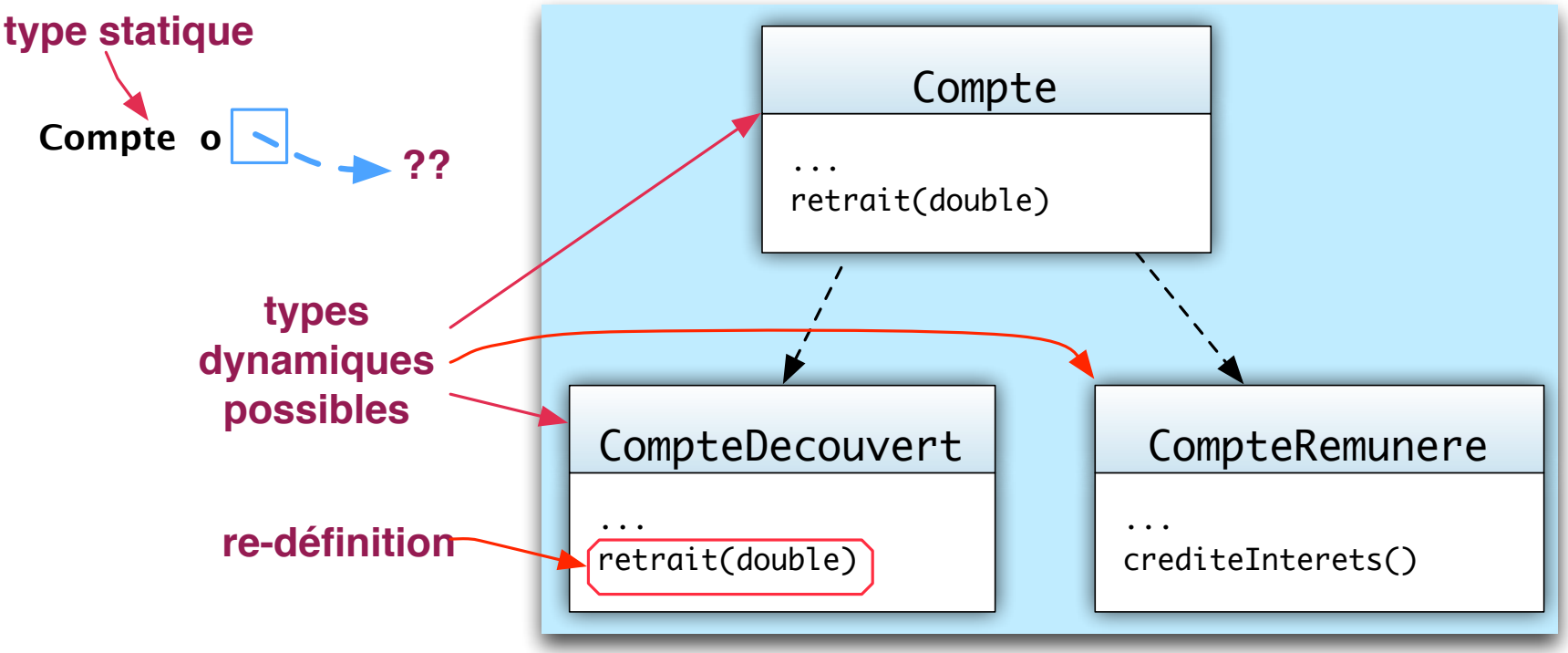
```
o.retrait(100);
```

- si `retrait` est dans la classe ou héritée d'une super-classe ?
- si `retrait` est re-définie dans la classe ou dans une super-classe ?

Rappel : types statique et dynamique

Quels sont les type statique et dynamique de o ?

```
Compte o = ...;
o.retrait(100); // Quelle est la methode executee??
```



Liaison dynamique

Liaison dynamique $\approx$ répond à la question : «quel code est exécuté ?»

Liaison dynamique

`o.m()` exécute la méthode correspondant au type dynamique de l'objet o.

Exemple :

```
Compte o = new CompteDecouvert(...);
o.retrait(100); // Quelle est la methode executee??
```

- Ici, le type dynamique de o est `CompteDecouvert`
- $\Rightarrow$ exécution méthode redéfinie dans cette classe.

Liaison dynamique : exemples (1)

Quelle méthode exécutée ici ?

```
Compte   o = new CompteRemunere(...);
o.retrait(100);
```

- Type dynamique de o = `CompteRemunere`

  $\Rightarrow$ exécution de la méthode héritée de `Compte`.

Liaison dynamique : exemples (2)

Pour chaque méthode invoquée quel est le code exécuté :

```
Compte   o = new CompteDecouvert(...);
Compte   r = new CompteRemunere(...);
o.virement(100,r); // Quelle methode retrait executee??
```

TD de o = `CompteDecouvert` ⇒ `virement` **héritée** de `Compte`

```
/** Dans la classe Compte **/
void virement(Compte c, double m)  throws ...{
    this.retrait(m);   c.depot(m);
}
```

- `this.retrait(m)` ⇒ `retrait` **redéfini** par TD de `this`(`CompteDecouvert`)
- `r.depot(m)` ⇒ `depot` (herité) par TD de `r` (`CompteRemunere`).

Ici, une méthode héritée (virement) exécute une méthode redéfinie (retrait).

Liaison dynamique : un test

```
Compte c;
Terminal.ecrireString
   ("Creation␣d'un␣compte␣decouvert(O/N)?␣");
char rep = Terminal.lireChar();
if ((rep != 'O') && (rep != 'o')){
   Terminal.ecrireString("Creation␣compte␣ordinaire");
   c = new Compte(10000.00) ;
} else{
   Terminal.ecrireStringln("Creation␣compte␣decouvert");
   Terminal.ecrireString("Decouvert␣maximal?␣");
   double max = Terminal.lireDouble();
   c = new CompteDecouvert(10000.00, max) ;
}
```

Liaison dynamique : suite du test

- TS de `c` $\Rightarrow$ `Compte`,
- à l'exécution, son TD sera `Compte` ou `CompteDecouvert`,
- à la compilation on ne connaît pas son TD.

```
Terminal.ecrireStringln
    ("solde avant retrait "+c.getSolde());
try { c.retrait(11000.00);
      Terminal.ecrireStringln
        ("retrait OK; nouveau solde = "+ c.getSolde());
} catch (Exception e)
    {Terminal.ecrireStringln
      ("Probleme lors du retrait");}
```

Résultat dépendra du type dynamique de `c`