En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Introduction à la Programmation : Héritage

Laboratoire d'Intelligence Artificielle
Faculté I&C

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Objectifs du cours de cette semaine

- Introduire la notion d'**héritage** en POO
- Comment cette notion se met en pratique en Java
- Héritage et droits d'accès
- Constructeurs et héritage
- Masquage dans une hiérarchie de classes
- Introduction au polymorphisme (résolution dynamique des liens)

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Pendant l'heure de cours

- Petit rappel des points importants
- Fiches résumé : héritage
- Approfondissements :
  - Etude de cas (Être ou avoir ?)
  - Droit d'accès protégé (17)
  - Complément sur les paquetages(51)

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Passons aux choses sérieuses ...

Vous maîtrisez maintenant les calculs de scores pour votre jeu en ligne ☞ Il est temps de le peupler un peu

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Ebauche de conception....

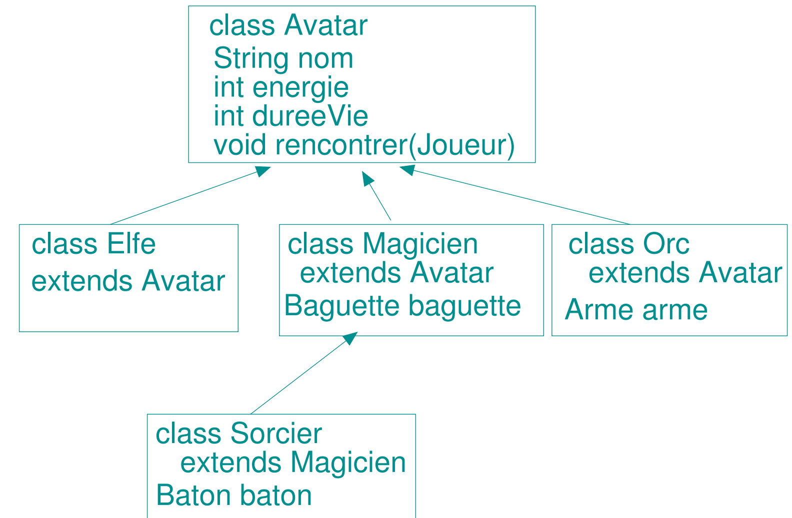
- Une classe pour le programme principal : `Jeu`
- Une classe pour représenter le `Joueur`
- Une classe pour représenter une `Partie` (avec le joueur et tous les personnages/avatars virtuels qu'il va rencontrer)
- Quatre classes pour des types d'avatars particuliers :
  1. des `Orcs`,
  2. des `Elfes`,
  3. des `Magiciens` et,
  4. des `Sorciers`.
- et plein de petites classes utilitaires pour représenter des accessoires : `Arme`, `Baguette` etc.

Classes pour les Avatars

Classes pour les Avatars

On duplique beaucoup de code d'une classe à l'autre (espace et temps perdus ... mais surtout, problèmes de maintenance) !

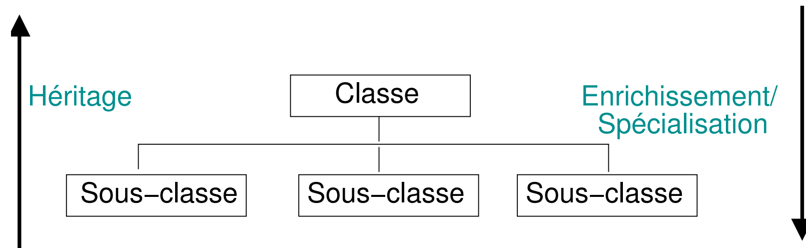
Héritage



Héritage (1)

En cours
Prélude
Héritage
En Java
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

- Après les notions d'**encapsulation** et d'**abstraction**, le troisième aspect essentiel des objets est la notion d'**héritage**
- L'héritage est une technique extrêmement efficace pour créer des classes plus spécialisées, appelées **sous-classes**, à partir de classes plus générales déjà existantes, appelées **sur-classes**.



©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage (2)

En cours
Prélude
Héritage
En Java
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Plus précisément, lorsqu'une sous-classe `SousClasse` est créée à partir d'une classe `SuperClasse`, `SousClasse` va **hériter** de l'ensemble :

- des attributs de `SuperClasse`
- des méthodes de `SuperClasse`

☞ Les attributs et méthodes de `SuperClasse`, aussi appelés *membres* de `SuperClasse`, vont être disponibles pour `SousClasse` sans que l'on ait besoin de les redéfinir explicitement dans `SousClasse`.

De plus, des attributs et/ou méthodes supplémentaires peuvent être définis par la sous-classe `SousClasse`

☞ Ces nouveaux membres constituent l'**enrichissement** apporté par cette sous-classe.

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage (3)

En cours
Prélude
Héritage
En Java
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

L'héritage permet donc :

- D'expliciter des relations structurelles et sémantiques entre classes.
- De réduire les redondances de description et de stockage des propriétés.

Attention, l'héritage doit être utilisé :

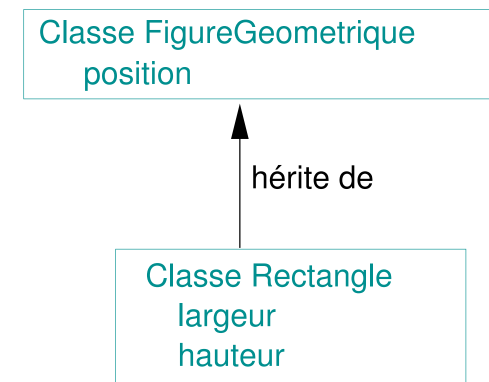
- pour décrire une relation **"est-un"** ("is-a") entre les classes ;
- il ne doit **jamais** décrire une relation **"a-un"** ("possède-un"/ "has-a").

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage (4)

En cours
Prélude
Héritage
En Java
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Par exemple, grâce à l'héritage, on peut étendre une classe `FormeGeometrique`, caractérisée par un attribut `position`, avec une sous-classe `Rectangle` ayant pour attributs `largeur` et `hauteur`.



☞ Un rectangle **"est-une"** forme géométrique

☞ Une forme géométrique **"possède-une"** position

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage (5)

Par **transitivité**, les instances d'une sous-classe possèdent :

- Les attributs et méthodes de l'ensemble des classes parentes (classe parente, classe parente de la parente etc ...)

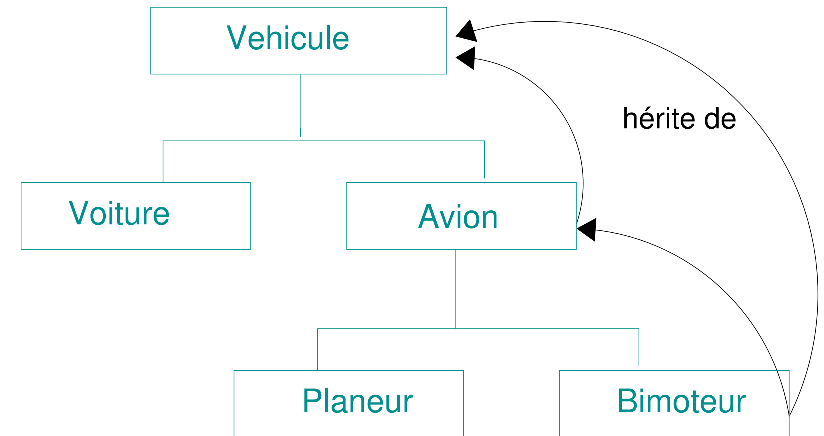
La notion d'**enrichissement par héritage** :

- Crée un réseau de dépendances entre classes.
- Ce réseau est organisé en une structure arborescente où chacun des noeuds hérite des propriétés de l'ensemble des noeuds du chemin remontant jusqu'à la racine.

☞ Ce réseau de dépendance définit une **hiérarchie de classes**

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Hiérarchie de classes



©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Super- et sous-classes

Une super-classe :

- est une classe "parente"
- déclare les variables/méthodes communes
- peut avoir plusieurs sous-classes

Une sous-classe est :

- une classe "enfant"
- étend **une seule** super-classe
- hérite des variables, des méthodes et du type de la super-classe

Une variable/méthode héritée peut s'utiliser :

- comme si elle était déclarée dans la sous-classe au lieu de la super-classe (en fonction des droits d'accès, voir plus loin)

☞ On évite ainsi la duplication de code

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Passons à la pratique...

Définition d'une sous-classe en Java :

Syntaxe :

```
class NomClasseEnfant extends NomClasseParente
{
 /* Déclaration des attributs et méthodes
    spécifiques à la sous-classe */
 //...
};
```

Exemple :

```
class Rectangle extends FormeGeometrique
{
         int largeur; // attributs specifiques
         int hauteur;
   //...
};
```

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Accès aux membres d'une sous-classe

Jusqu'à maintenant, l'accès aux membres (attributs et méthodes) d'une classe pouvait être :

- soit **public** : visibilité totale à l'intérieur et à l'extérieur de la classe (mot-clé `public`)
- soit **privé** : visibilité uniquement à l'intérieur de la classe (mot-clé `private`)
- soit par défaut (aucun modificateur) : visibilité depuis toutes les classes du même paquetage (est aussi valable pour le paquetage par défaut que vous utilisez en TP)

Un troisième type d'accès régit l'accès aux attributs/méthodes au sein d'une hiérarchie de classes :

- l'accès **protégé** : assure la visibilité des membres d'une classe dans les classes de sa descendance (et dans autres classes du même paquetage). Le mot clé est «`protected`».

(Voir https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/javaOO/accesscontrol.html pour une description exhaustive)

Droits d'accès protégé

- Une sous-classe n'a **pas de droit d'accès** aux membres (attributs ou méthodes) **privés** hérités de ses super-classes
  - ☞ elle doit alors utiliser les getter/setters prévus dans la super-classe
- Si une super-classe veut permettre à ses sous-classes d'accéder à un membre donné, elle doit le déclarer non pas comme privé (`private`), mais comme protégé (`protected`).

Attention : La définition d'attributs protégés nuit à une bonne encapsulation d'autant plus qu'en Java un membre protégé est aussi accessible par toutes les classes d'un même paquetage

Utilisation des droits d'accès

- Membres *publics* : accessibles pour les **programmeurs utilisateurs** de la classe
- Membres *protégés* : accessibles aux **programmeurs d'extensions** par héritage de la classe (ou travaillant dans le même paquetage)
- Membres *privés* : pour le **programmeur de la classe** : structure interne, **modifiable** si nécessaire **sans répercussions** ni sur les utilisateurs ni sur les autres programmeurs.

Constructeurs et héritage

Lors de l'instanciation d'une sous-classe, il faut initialiser :

- les attributs *propres à la sous-classe*
- les attributs *hérités des super-classes*

MAIS...

...il ne doit pas être à la charge du concepteur des sous-classes de réaliser lui-même l'*initialisation des attributs hérités*

L'**accès** à ces attributs peut notamment être **interdit** ! (`private`)

L'initialisation des attributs hérités doit donc se faire au niveau des classes où ils sont explicitement définis.

Solution : l'initialisation des attributs hérités doit se faire en invoquant les *constructeurs des super-classes*.

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Construction de copie
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Constructeurs et héritage (2)

L'invocation du constructeur de la super-classe se fait au **début du corps du constructeur de la sous-classe** au moyen du mot clé `super`.

Syntaxe :

```
SousClasse(liste d'arguments)
{
   super(...);
    // corps du constructeur
}
```

Règles :

1. Chaque constructeur d'une sous-classe *doit* appeler `super(...)`
2. Les arguments founis à `super` doivent être ceux d'au moins un des constructeur de la super-classe.
3. L'appel doit être la toute **1ère instruction**
4. Erreur si l'appel vient plus tard ou 2 fois
5. Aucune autre méthode ne peut appeler `super(...)`

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Construction de copie
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Appel obligatoire à super(...) (2)

Et si l'on oublie l'appel à `super(...)` ?

- Appel automatique à `super()`
- Pratique parfois, mais erreur si le constructeur sans paramètres n'existe pas

Rappel : le constructeur sans paramètres est particulier

- Il existe par défaut pour chaque classe qui n'a aucun autre constructeur
- Il disparaît dès qu'il y a un autre constructeur

Pour éviter des problèmes avec les hiérarchies de classes :

- Toujours déclarer au moins un constructeur
- Toujours faire l'appel à `super(...)`

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Construction de copie
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Constructeurs et héritage : exemple (2)

```
class Rectangle {
    private double largeur;
    private  double hauteur;
    // il y a un constructeur par defaut !
    public Rectangle()
        { largeur = 0; hauteur = 0;}
// le reste de la classe...
};

class Rectangle3D extends Rectangle {
    private double profondeur;
    public Rectangle3D(double p)
        {profondeur=p;}
// le reste de la classe...
}
```

Ici il n'est pas nécessaire d'invoquer explicitement le constructeur de la classe parente puisque celle-ci admet un constructeur par défaut.

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Construction de copie
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Encore un exemple

Il n'est pas nécessaire d'avoir des attributs supplémentaires...

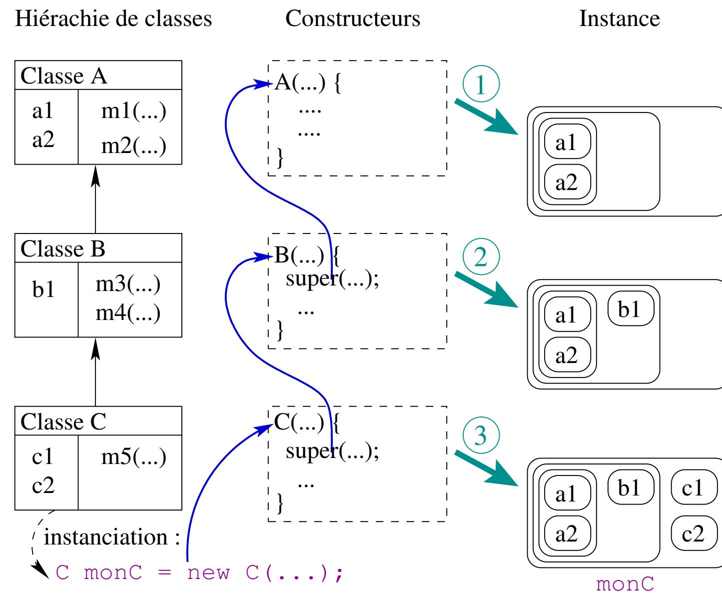
```
class Carre extends Rectangle {

   public Carre(double taille)
      {
         super(taille, taille);
      }

    // et c'est tout ! (sauf s'il y avait des
       // "methodes set"  dans Rectangle)
}
```

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Ordre d'appel des constructeurs



©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

`super(...)` $\neq$ `new`

Nous connaissons maintenant deux façons d'appeler le constructeur d'une classe.

1. `new Rectangle(uneLargeur, uneHauteur)`
   - Façon générale de construire un objet
   - Réservation de mémoire + exécution des instructions
2. `super(largeur, hauteur)`
   - invoqué uniquement par le constructeur d'une sous-classe de `Rectangle`
   - Exécution des instructions seulement
   - Réservation de mémoire déjà faite dans la sous-classe

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

`super(...)` $\neq$ `this`

- Il existe une troisième façon d'invoquer un constructeur : `this(...)`
- s'utilise en cas de surcharge des constructeurs
- permet à un constructeur d'invoquer un autre constructeur de la même classe
- doit être la première instruction du constructeur
- ne peut pas cohabiter avec une invocation à `super(...)`

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

`super(...)` $\neq$ `this` (2)

```
class Rectangle
{
   private double largeur;
   private double hauteur;

   public Rectangle()
      {
         largeur = 0.0;
         hauteur = 0.0;
      }

   public Rectangle(double uneLargeur, double uneHauteur)
      {
         largeur = uneLargeur;
         hauteur = uneHauteur;
      }

   public Rectangle(double uneValeur)
      {
         // invoque la constructeur precedent
         this(uneValeur, uneValeur);
      }
}
```

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage et constructeur de copie

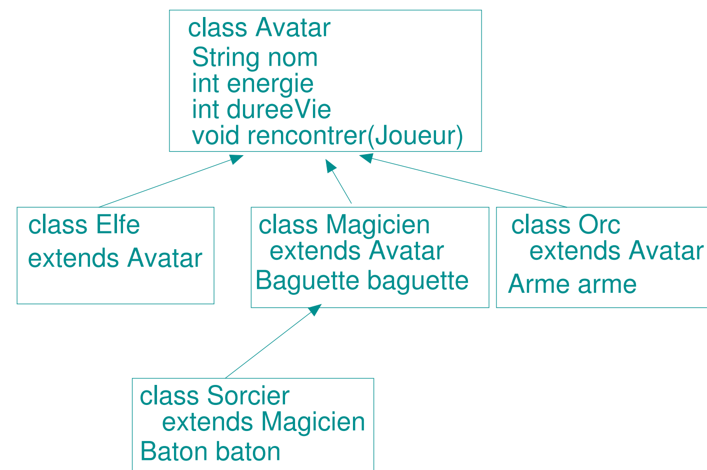
Le constructeur de copie d'une sous-classe doit invoquer explicitement le contructeur **de copie** de la super-classe

☞ Sinon c'est le constructeur par défaut de la super-classe qui est appelé ! !

Exemple :

```
RectangleColore(RectangleColore autreRectangleColore)
{
   // Appel au constructeur de copie de la super-classe
   super(autreRectangleColore);
   // ....
}
```


Appel à une méthode dans une hiérarchie



Comment se passe l'appel à la méthode `rencontrer(Joueur)` sur un objet de la sous-classe `Sorcier` ?

Appel à une méthode dans une hiérarchie

Exemple : appel à `rencontrer(Joueur)` sur une objet de type `Sorcier`

```
Joueur toto = new Joueur(...);
Sorcier oz = new Sorcier(...);

oz.rencontrer(toto);
```

1. Recherche de la méthode dans la classe de l'objet
2. Pas trouvée dans `Sorcier`
3. Recherche de la méthode dans la hiérarchie, en commençant par la super-classe directe
4. Pas trouvée dans `Magicien`
5. Trouvée dans `Avatar`, exécution de la méthode

Conclusions :

- C'est la variable/méthode de la classe **la plus proche** de l'objet qui sera utilisée
- et si un `Orc` avait une autre façon de rencontrer le joueur ?

Les `Orc` font bande à part

- Pour un `Orc`

```
class Orc
{  //...
   private Arme monArme;
   public void rencontrer(Joueur lePauvre)
      {
         frapper(lePauvre); // avec monArme bien sur
      }
}
```

- Pour tous les autres :

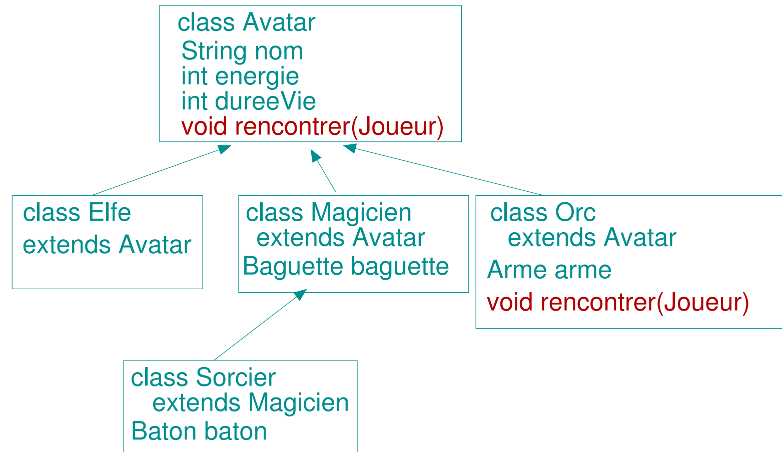
```
class Avatar
{   //...
   public void rencontrer(Joueur unJoueur)
      {
         saluer(leJoueur);
      }
}
```

Faut-il re-concevoir toute la hiérarchie ?

☞ Non, on ajoute simplement une méthode `rencontrer(Joueur)` spéciale dans la sous-classe `Orc`

.

Les `Orc` font bande à part : Masquage



©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Masquage dans une hiérarchie

Masquage ("shadowing" pour les variables/ "overriding" pour les méthodes) :

- Même nom de variable utilisé sur plusieurs niveaux
- Même signature de méthode utilisée sur plusieurs niveaux
- Peu courant pour les variables (. . . et à éviter !)
- Très utiles pour les méthodes

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Masquage dans une hiérarchie : exemple simple

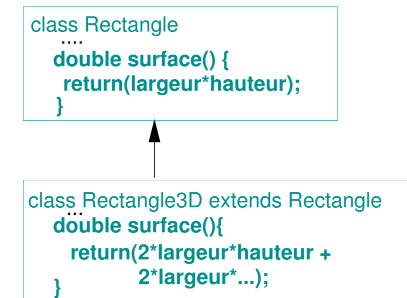
- `Rectangle3D` hérite de `Rectangle`
- calcul de la surface pour les `Rectangle3D`

  `2* (largeur*hauteur) + 2*(largeur*profondeur) + 2*(hauteur*profondeur)`
- calcul de la surface pour tous les autres `Rectangle` :

  `(largeur*hauteur)`

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Masquage dans une hiérarchie : exemple simple (2)



La méthode `surface` de `Rectangle3D` **masque** celle de `Rectangle`

- Un objet de type `Rectangle3D` n'utilisera donc **jamais** la méthode `surface` de la classe `Rectangle`
- Vocabulaire OO :
  - Méthode héritée = méthode générale, *méthode par défaut*
  - Méthode qui masque la méthode héritée = *méthode spécialisée*

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Accès à une méthode masquée

- Il est parfois souhaitable d'accéder à une méthode/un attribut caché(e)
- Exemple :
  - surface des `Rectangle3D` ayant une profondeur nulle `(largeur*hauteur)`
    ☞ identique au calcul de surface pour les `Rectangle`
- Code désiré :
  1. Objet non-`Rectangle3D` :
     - Méthode générale (`surface` de `Rectangle`)
  2. Objet `Rectangle3D` :
     - Méthode spécialisée (`surface` de `Rectangle3D`)
  3. Objet `Rectangle3D` de profondeur nulle :
     - D'abord la méthode spécialisée
     - Ensuite appel à la méthode générale depuis la méthode spécialisée

Accès à une méthode masquée (2)

- Pour accéder aux attributs/méthodes caché(e)s de la super-classe :

  `super` + `.` + variable/méthode
  `super.rencontrer(leJoueur)`

```
class Rectangle3D extends Rectangle  {
   //... constructeurs, attributs comme avant

   public double surface () {
      if (profondeur == 0.0)
        // Acces a la methode masquee
         return super.surface();
      else
         return(2.0*(largeur*hauteur)
               + 2.0*(largeur*profondeur)
               + 2.0*(hauteur*profondeur));
   }
}
```


Les avatars rencontrent le joueur

```
public static void main(String[] args)
{
   Joueur leJoueur = new Joueur(...);
   Avatar[] lesAvatars = new Avatar[3];

   lesAvatars[0] = new Elfe(...); // Correct ?
   lesAvatars[1] = new Orc(...);
   lesAvatars[2] = new Sorcier(...);

   for (int i=0; i < lesAvatars.length; ++i)
   {
      lesAvatars[i].rencontrer(leJoueur);
   }
}
```

Peut-on mettre un `Sorcier` dans un tableau d'`Avatar` ?

Héritage du type des super-classes

Dans une hiérarchie de classes :

- Un objet d'une sous-classe hérite le type de sa super-classe
- L'héritage est transitif
- Un objet peut donc avoir **plusieurs types**

L'opérateur `instanceof`

L'opérateur logique `instanceof` permet de **tester le type d'un objet** :

```
Sorcier oz = new Sorcier(...);
boolean b;
b = (oz instanceof Sorcier); // true
b = (oz instanceof Magicien); // true
b = (oz instanceof Avatar); // true
b = (oz instanceof Elfe);// false
```

Il est donc permis d'affecter `Sorcier` à une variable de type `Magicien` ou `Avatar` :

```
Sorcier oz = new Sorcier(...);
Magicien unMagicien = oz; // OK
Avatar unAvatar = oz; // OK
Orc unOrc= oz; // Erreur
```

©EPFL 2023
J. Sam

Choix de la méthode à exécuter

Supposons que la classe `Orc` redéfinisse `rencontrer(Joueur)` et soit le code suivant :

```
Joueur leJoueur = new Joueur(...);
Avatar unAvatar = new Orc(...); // un objet de type Orc
                                // est affect'e a' une
                                // variable de type Avatar
unAvatar.rencontrer(leJoueur):;
```

Quelle méthode `rencontrer(Joueur)` va être exécutée ?

En fait, la méthode à exécuter peut être choisie de 2 façons :

1. Résolution *statique* des liens :
   - Le type apparent (type de la variable) est déterminant
   - `unAvatar` est *déclarée* comme une *variable* de type `Avatar`
   - Choix de la méthode de la classe `Avatar` (l'avatar salue le joueur)
2. Résolution *dynamique* des liens :
   - Le type effectif (celui de l'objet effectivement stocké dans la variable) est déterminant
   - `unAvatar` contient un *objet* de type `Orc`
   - Choix de la méthode de la classe `Orc` (l'orc use de son arme sur le joueur)

©EPFL 2023
J. Sam

Résolution dynamique des liens

Java met en oeuvre le principe de la **"résolution dynamique des liens"**

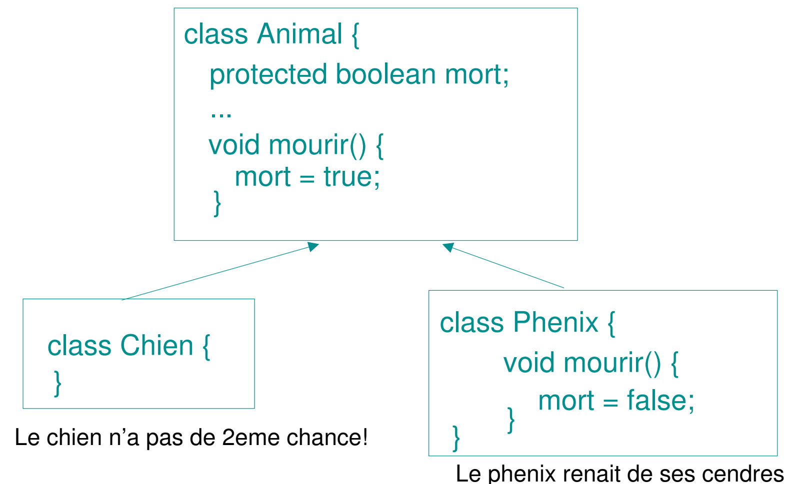
☞ C'est le type effectif et non le type apparent qui est pris en compte

Un petit exemple (cruel mais illustratif) sur les transparents suivants . . .

©EPFL 2023
J. Sam

Résolution dynamique des liens - Exemple (1)

Soit la hiérarchie de classes suivante :



©EPFL 2023
J. Sam

Résolution dynamique des liens - Exemple (2)

Soit maintenant la classe suivante :

```
class Assassin {
   public tuer(Animal a1, Animal a2) {
      a1.mourir();
      a2.mourir();
   }
}
```

Que ce passe-t-il lors de l'exécution du code suivant ?

```
Assassin leMechant = new Assassin(...);
Chien pauvreChien = new Chien(...);
Phenix pauvrePhenix = new Phenix(...);
leMechant.tuer(pauvreChien, pauvrePhenix);
```


En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Résolution dynamique des liens
Compléments : Paquetages

Résolution dynamique des liens - Exemple (3)

- Avec la résolution "statique" des liens, dans `Assassin.tuer`, ce serait toujours `Animal.mourir()` qui serait appelé (**c'est le type apparent des variables qui décide**)
  - ☞ Le phénix meurt comme un vulgaire animal
- Avec la résolution "dynamique" des liens, dans `Assassin.tuer`, `Animal.mourir()` est appelée pour le chien (car il ne sait mourir que de cette façon) mais `Phenix.mourir()` est appelée pour le phénix (**c'est le type effectif qui décide**)
  - ☞ Le chien meurt, le phénix survit !
  - ☞ C'est ce qui va se passer en Java

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Résolution dynamique des liens
Compléments : Paquetages

Polymorphisme

Les deux ingrédients :

- héritage du type dans une hiérarchie de classes,
- et résolution dynamique des liens

permettent de mettre en oeuvre ce que l'on appelle le **polymorphisme**.

- Un même code s'exécute de façon différente selon la donnée à laquelle il s'applique.

☞ Nous y reviendrons plus en détail au cours prochain

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Résolution dynamique des liens
Compléments : Paquetages

Au sujet de `instanceof`

Attention : L'opérateur `instanceof` est à utiliser avec précaution.

☞ Il peut vous amener à ne pas utiliser le polymorphisme là où il faudrait, nous y reviendrons aussi au prochain cours

.

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Résolution dynamique des liens
Compléments : Paquetages

Ce que j'ai appris aujourd'hui

- Que l'on peut réduire la duplication de code et reproduire de bon modèles de la réalité en utilisant des **hiérarchies de classe**
- Qu'une sous-classe hérite des membres de ses classes parentes ainsi que de leurs types
- Que la construction d'objets dans le cadre de l'héritage obéit à des règles précises (`super(...)` en Java)
- Qu'en Java, pour que la notion d'héritage soit établie il faut avoir recours à `extends`
- Par quel mécanisme on peut gérer le masquage de variables et de méthodes dans une hiérarchie de classes
- Que Java implémente le principe de **résolution dynamique des liens** : le type de l'objet, plutôt que le type de la variable qui référence l'objet détermine la méthode à exécuter

☞ Je peux maintenant **améliorer la modularisation** de mes programmes orientés objet en Java

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

Héritage

Spécifier un *lien d'héritage* :

`class SousClasse extends SuperClasse {...}`

Droits d'accès : `protected` accès autorisé au sein de la hiérarchie (et dans toutes les classes du même paquetage)

Masquage/Shadowing : un même attribut (ou méthode statique) peut être présent dans une sous-classe et une super-classe
Redéfinition/Overriding : une méthode d'instance peut-être présente dans une sous-classe et une super-classe

Accès à un *membre masqué/redéfini* : `super.membre`

Le constructeur d'une sous classe doit faire appel au *constructeur de la super classe* :

```
class SousClasse extends SuperClasse {
   SousClasse(liste de paramètres) {
      super(arguments); // première instruction
      ...
      ...
   }
}
```

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Notion de paquetage

En Java, il est possible de regrouper les classes en paquetages (bibliothèques). Les paquetages ont une incidence sur la gestion des droits d'accès.

☞ On met usuellement dans un même paquetage des classes relatives à un concept commun

Pour les programmes de taille importante auxquels plusieurs programmeurs contribuent, la notion de paquetage permet notamment :

- une meilleure organisation ;
- d'éviter des conflits de noms.

Si l'on ne fait rien de particulier, les classes que l'on programme se trouvent de facto dans un paquetage : le paquetage par défaut.

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Nom unique des entités (1)

Java utilise des noms pour identifier les entités du programme : classes, interfaces, etc.

Ces noms doivent être uniques, faute de quoi il y a ambiguïté

☞ si plusieurs entités ont le même nom, comment savoir laquelle utiliser ?

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Nom unique des entités (2)

Lorsqu'on écrit un programme de A à Z, garantir l'unicité des noms est possible.

Mais que faire lorsqu'on écrit des bibliothèques ayant pour but d'être utilisées par des milliers de programmeurs, dans autant de programmes différents ?

☞ la bibliothèque standard de Java 17 comporte plus de 4500 classes et interfaces publiques, donc autant de noms !

Comment garantir l'absence de conflit avec les noms choisis par tous les programmeurs utilisant cette bibliothèque ?

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Conflit de noms : exemple

La notion de table associative (« map » en anglais) est une structure de données très couramment utilisée en programmation.

☞ La bibliothèque Java possède ainsi une interface **`Map`** utilisée de façon extensive

Le mot « map » désigne aussi une carte en anglais

☞ Un programme cartographique a donc de très grandes chances de comporter une classe ou une interface nommée également **`Map`**

☞ comment distinguer ces deux utilisations du même nom si un seul programme a besoin des deux ?

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Mauvaise solution : préfixes

Idée : préfixer tous les noms par une chaîne qu'on espère globalement unique.

Par exemple, l'interface **`Map`** pour les tables associatives pourrait être nommée **`CollMap`** (fait partie de « Collections » en Java), tandis que la classe **`Map`** des cartes pourrait être nommée **`CartoMap`**.

Plusieurs problèmes :

- ils devraient être longs pour être uniques, mais
- ils devraient être courts pour ne pas gêner, et
- ils doivent être utilisés même en l'absence de conflit puisqu'ils font partie du nom !

☞ Pour tenter de parer à ces problèmes, Java offre la notion de **paquetage** (« packages »)

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Paquetage

Un paquetage est une entité nommée qui contient un certain nombre de types (classes et/ou interfaces).

Au début de chaque fichier source, il est possible de spécifier le paquetage dans lequel placer les classes et interfaces qu'il contient au moyen de l'instruction :

```
package nomDuPaquetage;
```

Exemple :

```
package collections;

public interface Map { ... }
```

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Noms qualifiés

Le **nom complètement qualifié** («fully-qualified name ») d'un type déclaré à l'intérieur d'un paquetage inclut le nom de ce dernier

Exemple :

```
collections.Map
```

est le nom complètement qualifié du type `Map` ainsi déclaré :

```
package collections;

public interface Map {
        ...
}
```

Les paquetages jouent donc un **rôle similaire aux préfixes**, avec l'avantage de pouvoir être **omis dans la majorité des cas**.

©EPFL 2023
J. Sam

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Noms qualifiés

Tous les noms d'un paquetage sont utilisables sans préfixe à l'intérieur de ce même paquetage.

C'est aussi vrai si un paquetage est réparti sur plusieurs fichiers !

```
package collections;
public class HashMap implements Map { ... }
```

A l'**extérieur** d'un paquetage donné, les noms **publics** de ce dernier sont utilisables en **version totalement qualifiée**.

Exemple :

```
package wordprocessor;

class Dictionary implements collections.Map { ... }
```

©EPFL 2023
J. Sam

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Importation

Pour éviter de devoir utiliser la version complètement qualifiée des noms définis dans un autre paquetage, il est possible d'importer les noms utilisés, au moyen de l'énoncé `import`

L'exemple précédent peut s'écrire :

```
package wordprocessor;
import collections.Map;
class Dictionary implements Map { ... }
```

©EPFL 2023
J. Sam

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Importation (2)

Il est interdit d'importer deux noms identiques, ou de définir un nom identique à un nom importé :

```
package wordprocessor;
import collections.Map;
import cartography.Map; // NON !!
```

Tous les énoncés `import` doivent apparaître juste après l'énoncé `package` (et nulle part ailleurs).

©EPFL 2023
J. Sam

Importations multiples

Il est aussi possible d'importer la totalité des noms d'un paquetage au moyen de l'astérisque.
Exemple :

```
import java.util.*;
```

☞ importe la totalité des noms du paquetage `java.util` (**`Map`**, **`Set`**, **`Scanner`**, et beaucoup d'autres !)

☞ Déconseillé, car il devient alors difficile de savoir quel ensemble de noms est importé, et il peut même changer au cours du temps !

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Importations multiples (2)

De nos jours, les environnements de développement comme Eclipse gèrent automatiquement les importations.

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Règles de visibilité

Les paquetages influencent la visibilité des noms :

1. Les types des classes ou interfaces qui ne sont pas déclarées **`public`** sont visibles uniquement dans le paquetage dans lequel ils sont déclarés.
2. Les membres qui ne sont déclarés ni **`public`** ni **`private`** sont visibles dans le paquetage dans lequel leur propriétaire est déclaré.
3. Les membres qui sont déclarés **`protected`** sont visibles dans le paquetage dans lequel leur propriétaire est déclaré, et dans toutes les sous-classes, indépendamment de leur paquetage

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Hiérarchie de paquetages

Les paquetages peuvent être organisés en hiérarchie, c-à-d qu'un paquetage peut contenir d'autres paquetages, et ainsi de suite.

Par exemple, il existe un paquetage standard nommé `java`, dans lequel se trouvent plusieurs sous-paquetages comme `java.lang` et `java.util`

A l'intérieur de ce dernier se trouvent aussi bien des classes et interfaces (p.ex. **`List`**, **`Map`**) que d'autres sous-paquetages comme `java.util.concurrent`.

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Répertoires et fichiers

Le contenu d'un paquetage peut être réparti sur plusieurs fichiers. Chacun d'entre-eux doit commencer avec un énoncé `package` approprié.

Les fichiers doivent être placés dans des répertoires **portant le nom du paquetage** .

Par exemple, si l'interface **`Map`** est déclarée à l'intérieur d'un fichier débutant ainsi :

```
package java.util;
public interface Map { ... }
```

alors ce fichier doit être stocké dans un répertoire nommé `util`, lui-même placé dans un répertoire nommé `java`.

Et bien entendu, le fichier doit être nommé `Map.java`

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Nommage de paquetages

Utiliser des paquetages ne fait que repousser un peu plus loin le problème de l'unicité des noms ...

☞ Comment éviter que deux programmeurs définissent des paquetages de même nom ?

Idée : utiliser le nom de domaine Internet de l'organisation (unique), inversé, comme préfixe du nom de paquetage.

Exemple : le nom de domaine de l'EPFL est `epfl.ch`

☞ Tous les paquetages développés à l'EPFL peuvent commencer par ch.epfl

Exemple : `ch.epfl.collections`
Problème : les organisations sont renommées, rachetées (Sun par Oracle, p.ex.), disparaissent, etc.

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Importation statique

Le mot-clef `import` peut aussi être suivi du mot-clef `static` pour importer les noms des membres statiques de classes (ou interfaces) sans devoir nommer à chaque fois la classe (ou l'interface). On nomme cela **importation statique**.

Attention, ce type d'importation n'a rien à voir avec les paquetages !

L'astérisque peut également être utilisée pour importer la totalité des membres statiques.

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL

En cours
Prélude
Héritage
Héritage et droits d'accès
Constructeurs et héritage
Masquage dans une hiérarchie
Polymorphisme
Compléments : Paquetages

Importation statique (2)

Par exemple, la classe **`Math`** (du paquetage `java.lang`) possède un champ statique nommé `PI` contenant la constante du même nom, et des méthodes comme `sin`, `cos` etc.

Pour utiliser ces membres statiques, on peut bien entendu les préfixer du nom de la classe : `Math.PI`, `Math.sin(...)` etc.
Mais il est aussi possible de les importer statiquement puis de les utiliser ensuite sans préfixe :

```
import static java.lang.Math.sin;

class MyClass {
 double sin2(double x) {
 return sin(x) * sin(x);
 }
}
```

©EPFL 2023
J. Sam
EPFL