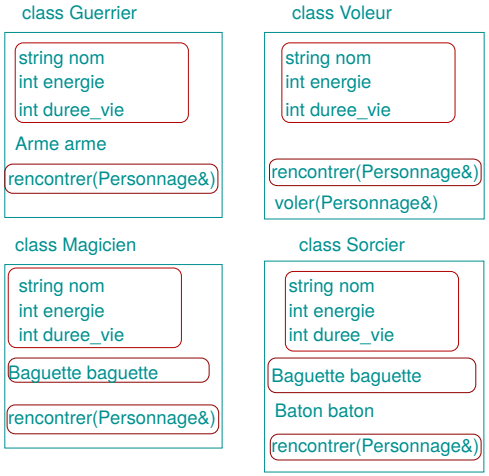
## Un exemple

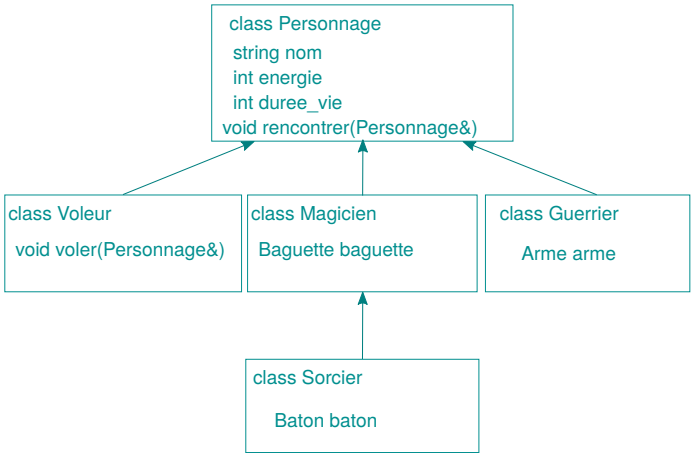
Oublions un peu les rectangles ...



## Exemple : classes pour les personnages




## Exemple : héritage

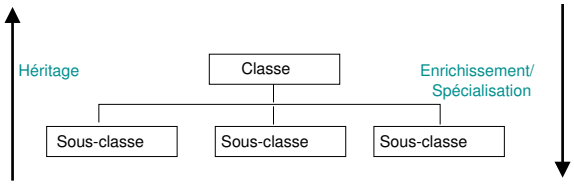



## Héritage

Après les notions d'*encapsulation* et d'*abstraction*, le troisième aspect essentiel de la « Programmation Orientée Objet » est la notion d'**héritage**.

L'héritage représente la relation «**est-un**».

Il permet de créer des classes *plus spécialisées*, appelées **sous-classes**, à partir de classes plus générales déjà existantes, appelées **super-classes**.



## Héritage (2)

Lorsqu'une sous-classe `C1` est créée à partir d'une super-classe `C`,

- le type est *hérité* : un `C1` **est** (aussi) **un** `C`
- `C1` va *hériter* de l'ensemble :
  - des attributs de `C`
  - des méthodes de `C`
    (sauf les constructeurs et destructeur)

  ☞ Les attributs et méthodes de `C` vont être disponibles pour `C1` sans que l'on ait besoin de les redéfinir explicitement dans `C1`.
- Par ailleurs :
  - des attributs et/ou méthodes supplémentaires peuvent être définis par la sous-classe `C1`
    ☞ **enrichissement**
  - des méthodes héritées de `C` peuvent être redéfinies dans `C1`
    ☞ **spécialisation**

## Héritage : exemple

Lorsqu'une sous-classe `C1` (ici `Guerrier` ou `Voleur`) est créée à partir d'une super-classe `C` (ici `Personnage`),

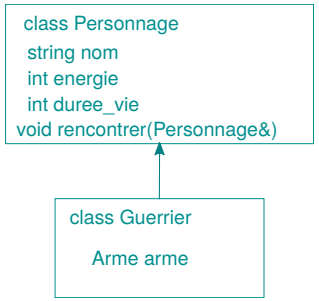
- le type est *hérité* : un `Guerrier` **est** (aussi) **un** `Personnage` :

```
Personnage p;
Guerrier g;
// ...
p = g;
// ...
void afficher(Personnage const&);
// ...
afficher(g);
```

## Héritage : exemple

Lorsqu'une sous-classe `C1` (ici `Guerrier` ou `Voleur`) est créée à partir d'une super-classe `C` (ici `Personnage`),

- `Guerrier` va *hériter* de l'ensemble des attributs et des méthodes de `Personnage`
  (sauf les constructeurs et destructeur)




```
Guerrier g;
Voleur   v;

g.rencontrer(v);
//...
// dans Guerrier::methode():
   energie = //...
```

## Héritage : exemple

Lorsqu'une sous-classe `C1` (ici `Guerrier` ou `Voleur`) est créée à partir d'une super-classe `C` (ici `Personnage`),

- des attributs et/ou méthodes supplémentaires peuvent être définis par la sous-classe `Guerrier` : `arme`
- des méthodes héritées de `Personnage` peuvent être redéfinies dans `Voleur` : `rencontrer(Personnage&)`

## Héritage (3)

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")
- il ne doit **jamais** décrire une relation « a-un »/« possède-un » ("has-a")

## Transitivité de l'héritage

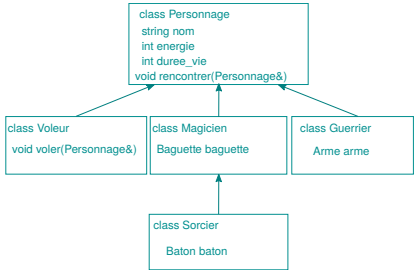
Par transitivité, les instances d'une sous-classe possèdent :

- les attributs et méthodes (hors constructeurs/destructeur) de l'ensemble des classes parentes (super-classe, super-super-classe, etc.)

**Enrichissement par héritage** :

- crée un *réseau de dépendances* entre classes,
- ce réseau est organisé en une *structure arborescente* où chacun des nœuds hérite des propriétés de l'ensemble des nœuds du chemin remontant jusqu'à la racine.

☞ ce réseau de dépendances définit une **hiérarchie de classes**




## Sous-classe, Super-classes

Une super-classe :

- est une classe « parente »
- déclare les attributs/méthodes communs
- peut avoir plusieurs sous-classes

Une sous-classe est :

- une classe « enfant »
- étend **une (ou plusieurs)** super-classe(s)
- hérite des attributs, des méthodes et du type de la super-classe

Un attribut/une méthode hérité(e) peut s'utiliser comme si il/elle était déclaré(e) 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

## Passons à la pratique...

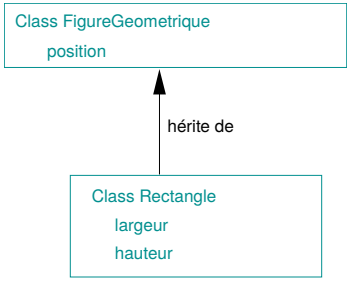
Définition d'une sous-classe en C++ :

Syntaxe :

```
class NomSousClasse : public NomSuperClasse
{
 /* Déclaration des attributs et méthodes
    spécifiques à la sous-classe */
};
```

Exemple :

```
class Rectangle : public FigureGeometrique
{
   //...
private:
 double largeur; double hauteur;
};
```



## Pratique : exemple 2

```
class Personnage {
  // ...
};
// ...
class Guerrier : public Personnage {
public:
  // constructeurs, etc.
private:
  Arme arme;
};
```

## Droit d'accès `protected`

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`)

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

  Le mot clé est «`protected`».

## Accès protégé

Le niveau d'accès protégé correspond à une **extension du niveau privé** permettant l'accès aux sous-classes.

Exemple :

```
class Personnage {
// ...
protected:
  int energie;
};

class Guerrier : public Personnage {
public:
  // ...
   void frapper(Personnage& le_pauvre) {
      if (energie > 0) {
         // frapper le perso
      }
   }
};
```

## Accès protégé : portée (1)

Le niveau d'accès protégé correspond à une extension du niveau privé permettant l'accès aux sous-classes... **mais uniquement dans leur portée** (de sous-classe), et non pas dans la portée de la super-classe

## Accès protégé : portée (2)

```
class A {
  // ...
protected:  int a;
private:    int prive;
};

class B: public A {
public:
  // ...
  void f(B autreB, A autreA, int x) {
    a     = x; // OK A::a est protected => accès possible
    prive = x; // Erreur : A::prive est private

    a += autreB.prive; // Erreur  (même raison)
    a += autreB.a    ; // OK : dans la même portée (B::)

    a += autreA.a    ; // INTERDIT ! : this n'est pas de la même
                       //              portée que autreA
  }
};
```

## 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
- Membres *privés* : pour le **programmeur de la classe** : structure interne, (modifiable si nécessaire sans répercussions ni sur les utilisateurs ni sur les autres programmeurs)

## Les `Guerrier` font bande à part

- Pour un personnage non-`Guerrier` :

```
void rencontrer(Personnage& le_perso) const { saluer(le_perso); }
```

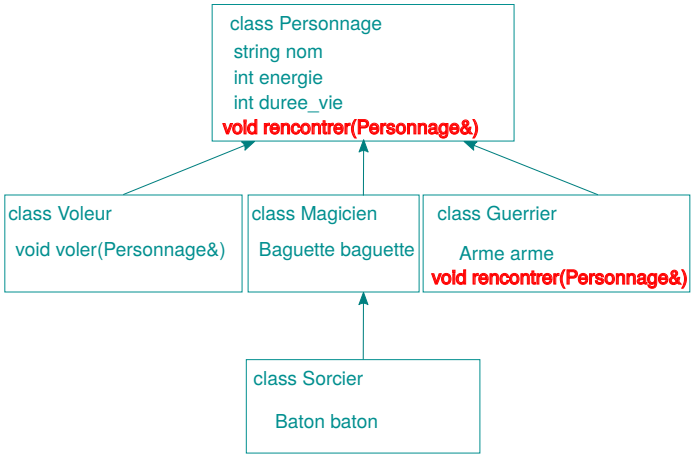
- Pour un `Guerrier`

```
void rencontrer(Personnage& le_pauvre) const { frapper(le_pauvre); }
```

Faut-il re-concevoir toute la hiérarchie ?

☞ Non, on ajoute simplement une méthode `rencontrer(Personnage&)` spéciale dans la sous-classe `Guerrier`

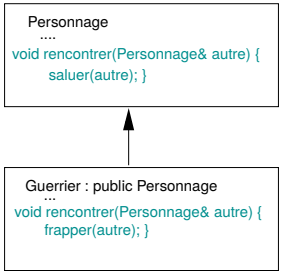
## Les `Guerrier` font bande à part : masquage




## Masquage dans une hiérarchie

- Masquage : un identificateur qui en cache un autre
- Situations possibles dans une hiérarchie :
  - Même nom d'attribut ou de méthode utilisé sur plusieurs niveaux
  - Peu courant pour les attributs
  - Très courant et **pratique** pour les méthodes

## Masquage dans une hiérarchie (2)




La méthode `rencontrer` de `Guerrier` **masque** celle de `Personnage`

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

## Accès à une méthode masquée

- Il est parfois souhaitable d'accéder à une méthode/un attribut masqué(e)
- Exemple :
  - Le `Guerrier` commence par rencontrer le personnage comme le fait n'importe quel personnage (il le salue) avant de le frapper !
- Code désiré :
  1. Personnage non-`Guerrier` :
     - Méthode générale (`rencontrer` de `Personnage`)
  2. Personnage `Guerrier` :
     - Méthode spécialisée (`rencontrer` de `Guerrier`)
     - Appel à la méthode générale depuis la méthode spécialisée

## Accès à une méthode masquée (2)

Pour accéder aux attributs/méthodes masqué(e)s de la

- on utilise **l'opérateur de résolution de portée**
- Syntaxe : *NomClasse*::*méthode* ou *attribut*
- Exemple :

```
class Guerrier : public Personnage  {
  //...
  void rencontrer (Personnage& perso) {
    Personnage::rencontrer(perso); // salutation d'usage !!
    frapper(perso);
  }
};
```

## 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 pourrait 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**.

## Constructeurs et héritage : appel explicite

L'invocation du constructeur de la super-classe se fait au **début de la section d'appel aux constructeurs des attributs**.

Syntaxe :

```
SousClasse(liste de paramètres)
 : SuperClasse(Arguments),
   attribut1(valeur1),
   ...
   attributN(valeurN)
{
    // corps du constructeur
}
```

Lorsque la super-classe admet un constructeur par défaut, l'invocation explicite de ce constructeur dans la sous-classe n'est pas obligatoire

☞ le compilateur se charge de réaliser l'invocation du constructeur par défaut

## Constructeurs et héritage : exemple 1

Si la classe parente n'admet pas de constructeur par défaut, l'**invocation explicite** d'un de ses constructeurs **est obligatoire** dans les constructeurs de la sous-classe

☞ La sous-classe doit admettre *au moins un constructeur explicite*.

Exemple :

```
class FigureGeometrique {
protected:   Position position;
public:
  FigureGeometrique(double x, double y) : position(x, y) {}
   // ...
};

class Rectangle : public FigureGeometrique {
protected:  double largeur; double hauteur;
public:
  Rectangle(double x, double y, double l, double h)
    : FigureGeometrique(x,y), largeur(l), hauteur(h) {}
  // ...
};
```

## Constructeurs et héritage : exemple 2

Autre exemple (qui ne fait pas la même chose) :

```
class FigureGeometrique {
protected:   Position position;
public:
  /* Note : le constructeur par défaut par défaut de FigureGeometrique
   *         appelle le constructeur par défaut de Position.
   */
  // ...
};

class Rectangle : public FigureGeometrique {
protected:   double largeur; double hauteur;
public:
  Rectangle(double l, double h)
    :  largeur(l), hauteur(h)
  {}
  // ...
};
```

## Encore un exemple

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

```
class Carre : public Rectangle {
public:
  Carre(double taille)
  : Rectangle(taille, taille)
  {}
  /* Et c'est tout !
     (sauf s'il y avait des manipulateurs,
      il faudrait alors sûrement aussi les
      redéfinir)
  */
};
```

## Constructeurs et héritage : résumé (1)

1. Chaque constructeur d'une sous-classe *doit* appeler un des constructeurs de la super-classe
2. L'appel est la **1re instruction**

## Constructeurs et héritage : résumé (2)

Et si l'on oublie l'appel à un constructeur de la super-classe ?

- Appel automatique au constructeur par défaut de la super-classe
- Pratique parfois, mais erreur si le constructeur par défaut n'existe pas

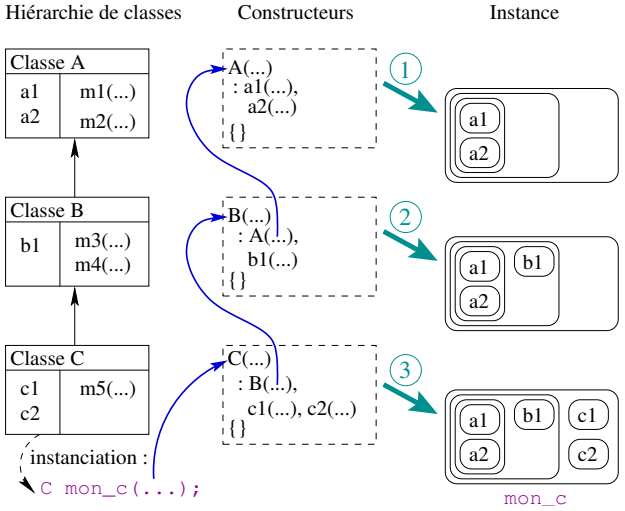
Rappel : le constructeur par défaut est particulier

- 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, dans un premier temps :

- Toujours déclarer au moins un constructeur
- Toujours faire l'appel à un constructeur de la super-classe

## Ordre d'appel des constructeurs




## Ordre d'appel des destructeurs

Les destructeurs sont toujours appelés dans l'ordre inverse (/symétrique) des constructeurs.

Par exemple dans l'exemple précédent, lors de la destruction d'un `C`, on aura appel et exécution de :

- `C::~C()`
- `B::~B()`
- `A::~A()`

(et dans cet ordre)
(puisque les constructeurs avaient été appelés dans l'ordre

- `A::A()`
- `B::B()`
- `C::C()`

)

## 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 :

```
Rectangle(Rectangle const& autre)
  : FigureGeometrique(autre),
    largeur(autre.largeur),
    hauteur(autre.hauteur)
{}
```

## C++11 Héritage des constructeurs

Les constructeurs ne sont, en général, **pas hérités**

mais en C++11 on peut *demander leur héritage* en utilisant le mot clé « `using` ».

On récupère alors **tous** les constructeurs de la super-classe,
i.e. on peut construire la sous-classe avec les mêmes arguments, mais...

**Attention !** ces constructeurs n'initalisent donc **pas** les attributs spécifiques de la sous-classe.

C'est donc **très risqué**, et je vous conseille de ne l'utiliser que pour des sous-classes n'ayant *pas de nouvel attribut* (et si c'est approprié) !

Exemple :

```
class A {
public:
  A(int);
  A(double, double);
  // ...
};
```

```
class B : public A {
using A::A;
/* existent alors maintenant
     B::B(int)
  et B::B(double, double) */
};
```

## Petit rappel

Nous avons vu qu'il existe en C++, des méthodes particulières permettant :

- d'initialiser les attributs d'un objet en début de vie : *constructeurs*
- de copier un objet dans un autre objet : *constructeurs de copie*
- de libérer les ressources utilisées par un objet en fin de vie : *destructeurs*

Une **version par défaut**, minimale, de ces méthodes est **automatiquement générée** si on ne les définit pas explicitement.

## Petit rappel (2)

Dans certains cas, les versions minimales par défaut des méthodes constructeurs/destructeurs **ne sont pas adaptées** : exemple du *comptage des instances* (cf. semaine passée).

Autre exemple :

Le *constructeur de copie par défaut* réalise une copie membre à membre des attributs
→ **copie de surface**

Ceci pose typiquement problème lorsque **certains attributs** de la classe sont des **pointeurs**.

Examinons pourquoi sur un exemple concret...

## Exemple

Soit une autre définition possible (farfelue, mais possible !) de classe `Rectangle` :

```
class Rectangle {
private:
  double* largeur; // aïe, un pointeur !
  double* hauteur;
public:
  Rectangle(double l, double h)
    : largeur(new double(l)), hauteur(new double(h)) {}
  ~Rectangle() { delete largeur; delete hauteur; }
  double getLargeur() const;
  double getHauteur() const;
  // ...
};
```

## Exemple

Que se passe-t-il lorsqu'on invoque la fonction suivante ?

```
void afficher_largeur(Rectangle tmp)
{
   cout << "Largeur: " << tmp.getLargeur() << endl;
}
```

## Exemple (2)

```
void afficher_largeur(Rectangle tmp) { // une copie !..
   cout << "Largeur: " << tmp.getLargeur() << endl;
} // destruction de tmp...
```

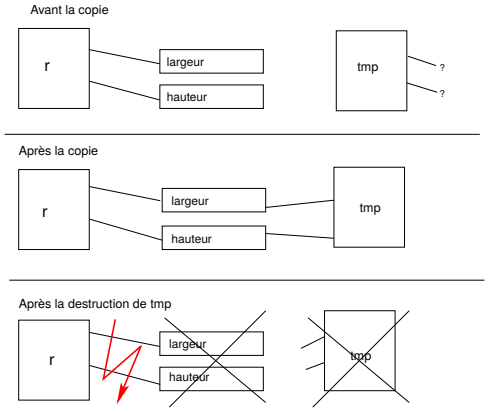
- Lorsque `afficher_largeur` a fini de s'exécuter, l'objet `tmp` est automatiquement détruit par le destructeur de la classe `Rectangle`
- le destructeur va libérer la mémoire pointée par les champs `largeur` et `hauteur` de `tmp`

**Attention !** cette portion de mémoire est aussi utilisée par `r` dans un appel comme `afficher_largeur(r)` !

☞ (gros risque de) **Segmentation Fault** lors de la prochaine utilisation de `r` ! !

## Exemple (3)

Voilà ce qui se produit concrètement :

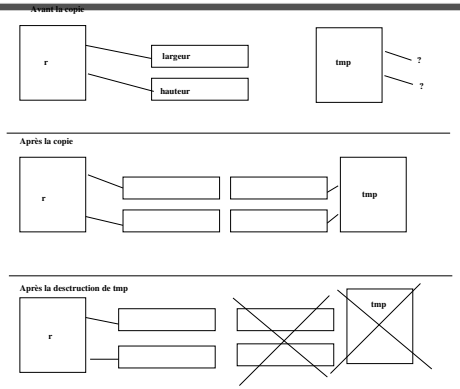



☞ il faut *redéfinir le constructeur de copie* de sorte à ce qu'il duplique véritablement les champs concernés → **copie profonde**

## Exemple (4)

Une bonne solution consiste alors à **redéfinir le constructeur de copie** :

```
Rectangle(const Rectangle& obj)
: largeur(new double(*(obj.largeur))) ,
  hauteur(new double(*(obj.hauteur)))
{}
```




## Exemple : Définition complète de la classe

```
class Rectangle {
public:
  Rectangle(double l, double h)
    : largeur(new double(l)), hauteur(new double(h)) {}
  Rectangle(const Rectangle& obj);
  ~Rectangle();
  // Note: il faudrait aussi redefinir operator= !
private:
  double* largeur;      double* hauteur;
};
// constructeur de copie
Rectangle::Rectangle(const Rectangle& obj)
   : largeur(new double(*(obj.largeur))),
     hauteur(new double(*(obj.hauteur)))
{}
// destructeur
void Rectangle::~Rectangle() {
  delete largeur;
  delete hauteur;
}
```

Il faudra aussi **penser à redéfinir l'opérateur =**

## Pour conclure

- Si une classe contient des pointeurs, penser à la copie profonde (**au moins** se poser la question) :
  - constructeur de copie ;
  - surcharge de l'opérateur = ;
  - destructeur.

- Remarque : si l'on redéfinit le constructeur de copie d'une sous-classe, penser à explicitement mettre l'appel au constructeur **de copie** de la super-classe (sinon c'est le constructeur par défaut de la super-classe qui est appelé ! !)
  Exemple :

```
Rectangle(const Rectangle& obj)
: FigureGeometrique(obj), // ...etc.
{ // ...etc.
}
```