

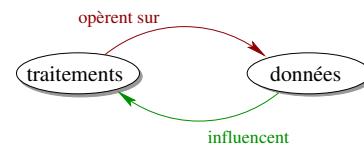
Programmation Orientée Objet (C++) : Synthèse des concepts de l'orienté objets

Jamila Sam

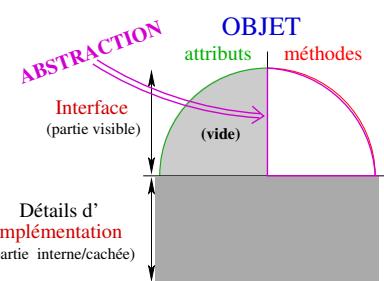
Laboratoire d'Intelligence Artificielle
Faculté I&C

Qu'avons nous vu en programmation ?

programmer c'est décomposer une **tâche** à automatiser en une **séquence d'instructions (traitements)** et des **données**



en programmation orientée objets, on regroupe dans le même **objet les traitements et les données** qui lui sont spécifiques (**principe d'encapsulation**)



Objectifs du cours d'aujourd'hui

L'objectif de ces quelques transparents est de vous rafraîchir la mémoire en rappelant les principaux points.

Vous avez abordé jusqu'ici :

1. les bases de la programmation procédurale ;
2. les bases de la programmation orientée objets.

Il nous reste à aborder quelques thèmes d'approfondissement : structures de données et «templates» ainsi qu'un survol de la librairie standard

Qu'avons nous vu en programmation ?

programmer c'est décomposer une **tâche** à automatiser en une **séquence d'instructions (traitements)** et des **données**

Algorithme	S.D.A.
Traitements	Données
Expressions & Opérateurs Structures de contrôle Fonctions	Variables Portée Chaînes de caractères Tableaux statiques Tableaux dynamiques Structures Pointeurs Entrées/Sorties

Qu'avons nous vu en programmation ?

en programmation orientée objets, on regroupe dans le même objet **les traitements et les données** qui lui sont spécifiques (principe d'**encapsulation**)

Objet	
Encapsulation et Abstraction	
Classes	
Héritage simple/multiple	
Polymorphisme	
Classes abstraites/virtuelles	
Résolution des collisions de noms	
Traitements	
Méthodes	Attributs
Constructeurs & Destructeurs	Appels aux constructeurs des attributs (hérités)
Const	Statiques
Virtuelles (pures)	
Surcharge d'opérateurs(interne/externe)	
	Privés/protégés/publics
	Hérités/cachés (:)

« fondamentaux » de la POO

1. encapsulation Objet = attributs + méthodes

```
class Rectangle {
public:
    double surface() { ... };
    ...
private:
    double hauteur;
    double largeur;
}
```

Attributs et méthodes publics ↗ Interface de la classe (abstraction)

2. héritage

```
class RectangleColore : public Rectangle {
    Couleur couleur;
    //...;
```

3. polymorphisme

le choix du type se fait à l'exécution, en fonction de la **nature réelles des instances** (typage dynamique)

Ingrédients : Pointeurs/Références + méthodes virtuelles

FONDAMENTAUX

1. déclarez avant d'utiliser

- ▶ variables
`int i;`
`vector<double> v;`
- ▶ fonctions ↗ prototype
`double sin(double x);`
`bool cherche_valeur(ListeChaine l, Valeur v);`
- ▶ classes ↗ Attributs et prototypes des méthodes

2. modularisez / décomposez / pensez « atomique » et « objet »

- 2.1 conception (qu'est ce qu'on veut?)
- 2.2 implémentation (comment ça se réalise?)
- 2.3 syntaxe (comment ça s'écrit?)
- 2.4 tests (où sont mes fautes, comment pourrais-je les tester?)

Pour réviser...

- ▶ prendre les tableaux synthétiques des transparents 3 et 4
- ▶ prendre les fiches résumé
- ▶ et pour chacun des points, se demander si on sait :
 - ▶ de quoi ça parle ?
 - ▶ ce que ça veut dire ?
 - ▶ l'utiliser ?

↗ se focaliser sur les **concepts**.

Les détails de syntaxe (comment ça s'écrit) peuvent être ensuite rapidement retrouvés dans la fiche résumé, si on sait ce qu'on cherche (c'est-à-dire si on a le concept)

Synthèse

Un exemple concret

- ▶ polymorphisme et collections hétérogènes
- ▶ héritage de containers (typiquement `vector`)
- ▶ méthodes `const`
- ▶ classes virtuelles

Reprenez l'un de nos exercices de séries. Il s'agit de :

définir une collection de figures géométriques

Une figure peut être un `cercle`, un `carre` ou un `triangle`. À chacune de ces formes est associée une méthode d'affichage spécifique `affiche()`. La collection sera implémentée au moyen d'une classe `Dessin`. La classe `Dessin` permettra notamment d'invoquer la bonne fonction d'affichage pour chaque figure de la collection.

☞ COMMENT FAIRE ?

Pensons Objet

On nous demande :
d'implémenter une collection, `Dessin`, de `figures` géométriques
`Objet` `Figure`

- ☞ attributs : ? et méthodes : `affiche()`
- ☞ afficher la description d'une `Figure`

`Objet` `Dessin`

- ☞ attribut : une « collection » de `Figure` ? et méthodes : `affiche()`
- ☞ afficher les figures de la collection

d'où déjà :

```
class Figure {  
    ...  
    void affiche () const;  
    ...  
};  
  
class Dessin {  
    // une collection de Figures  
    ...  
    void affiche () const;  
};
```

Affinons la description de nos classes

Commençons par la classe `Figure` :
c'est plutôt ... « abstrait » :
des attributs concrets (rayon, coté, etc.) à afficher ne sont spécifiables que pour des `figures géométriques précises` (`carre`, `triangle`, etc.).
de même la méthode `affiche` va dépendre du type de `Figure` considérée.
Continuons donc à penser « objet » et « atomique »
☞ il nous faut aussi décrire des **formes spécifiques** de `Figures`. Ici des `Cercles`, des `Carres` et des `Triangles`.
☞ Pour ces types d'objets, on sait concrètement quels sont les attributs typiques et on a (au moins) une idée de comment les afficher.

Affinons la description de nos classes (2)

Exemple des Cercles :

```
class Cercle {
    void affiche() const {
        cout << "Un cercle de rayon " << rayon << endl;
    }
    double rayon;
};
```

La classe Cercle (2)

Il nous faut aussi des constructeurs/destructeurs

```
class Cercle {
public:
    Cercle(double x = 0.0) // CONSTRUCTEUR PAR DEFAUT
    : rayon(x) {
        cout << "Et hop, un cercle de plus !" << endl;
    }

    // pas vraiment nécessaire, mais pour l'exemple
    Cercle(const Cercle& c)
    : rayon(c.rayon) {
        cout << "Et encore un cercle qui fait des petits !" << endl;
    }

    // pas vraiment nécessaire non plus ici
    ~Cercle() { cout << "le dernier cercle ?" << endl; }

    void affiche() const {
        cout << "Un cercle de rayon " << rayon << endl;
    }

private:
    double rayon;
};
```

La classe Cercle

Spécifions un peu plus complètement cette classe :

Tout d'abord respectons les principes d'une bonne encapsulation :

Définissons proprement **l'interface de la classe** (i.e, ce qui doit être visible depuis l'extérieur de la classe et ce qui n'a pas besoin de l'être)

```
class Cercle {
public: //DROIT D'ACCES
    void affiche() const {
        cout << "Un cercle de rayon " << rayon << endl;
    }
private: //DROIT D'ACCES
    double rayon;
};
```

La classe Cercle (3)

Ce n'est pas tout !
Nos Cercles sont des « spécialisations » possibles de Figure.
Ils seront d'ailleurs manipulés dans notre collection comme des Figures quelconques (*polymorphisme*)

☞ il faut donc que Cercle hérite de Figure :

```
class Cercle : public Figure {
public:
    Cercle(double x = 0.0)
    : rayon(x) {
        cout << "Et hop, un cercle de plus !" << endl;
    }
    ...
private:
    double rayon;
};
```

On fait pareil pour toutes les autres types de Figures, et on obtient ainsi les briques de base de notre implémentation

La classe Dessin

Une façon d'implémenter notre collection hétérogène consiste à doter la classe `Dessin` d'un attribut stockant (« *encapsulant* ») une liste de `Figure`s (un tableau dynamique par exemple)

question : **Est-ce la meilleure façon de procéder ?**

- ☞ Oui, si c'est comme cela qu'on le conçoit (« un dessin **a/possède** une collection de figures »).
- Mais une autre vision est aussi possible : « un dessin **est** une collection de figures »
- ☞ on fait alors *hériter* `Dessin` d'une classe container (`vector` par exemple)

On bénéficie alors directement (« hérite ») des méthodes existants pour les `vector` !! (constructeurs, destructeur, `push_back()`, `size()`, etc.)
[mais attention le destructeur de `vector` n'est pas virtuel]

☞ **COMMENT FAIRE ?**

Pointeurs et polymorphisme

Polymorphisme : Pointeurs/Références + méthodes virtuelles

- ☞ notre classe `Dessin` **doit** donc manipuler des **pointeurs** sur les instances de `Figure`s et non pas les instances elles-mêmes !

```
class Dessin : public vector<Figure*> { // POINTEURS !!
public:
    ...
    void affiche() const {
        cout << "Je contiens :" << endl;
        for (auto figure : *this) {
            figure->affiche();
        }
    }
};
```

Le premier ingrédient est désormais fourni !
(mais attention aux classes contenant des pointeurs !)

Héritage d'un container

On veut donc faire hériter `Dessin` d'une classe vecteur de `Figures` :

```
class Dessin : public vector<Figure> { // HERITAGE DE VECTOR
public:
    ...
    void affiche() const {
        cout << "Je contiens :" << endl;
        for (auto figure : *this) {
            figure.affiche();
        }
    }
};
```

Mais regardons notre fonction `affiche` de la classe `Dessin`...

On souhaite qu'elle invoque pour chaque `figure`, la méthode d'affichage appropriée à la nature réelle de l'instance stockée.

- ☞ Il est temps de se préoccuper un peu de **polymorphisme** !

Méthodes virtuelles

Deuxième ingrédient : la fonction `affiche` de la classe `Figure` doit être **virtuelle**

```
class Figure {
    ...
    virtual void affiche() const; // METHODE VIRTUELLE !
    ...
};
```

Ajout d'une Figure

L'énoncé de l'exercice précise que l'on veut une méthode `ajouteFigure` ajoutant à la collection la `copie` d'une figure passée en paramètre.

```
class Dessin : public vector<Figure*> {
public:

    void ajouteFigure(const Figure& fig) {
        push_back(fig.copie());
    }

    void affiche() const {
        cout << "Je contiens :" << endl;
        for (auto figure : *this) {
            figure->affiche();
        }
    }
};
```

La classe Figure

Les méthodes de la classe `Figure` ont ceci de particulier que l'on sait qu'elles doivent exister mais qu'on ne sait pas exactement comment les coder

```
class Figure {
public:
    virtual void affiche () const { ??? }
    virtual Figure* copie() const { ??? }
..;
};
```

Ajout d'une Figure (2)

Une méthode `copie` doit donc être fournie dans la classe `Figure`:

```
class Figure {
public:
    virtual void affiche () const;
    // COPIE POLYMORPHIQUE :
    virtual Figure* copie() const;
..;
};
```

`copie` doit aussi être virtuelle pour les mêmes raisons que `affiche`

La classe Figure

Au lieu de donner des définitions arbitraires à `affiche` et `copie`, il faut les déclarer comme **virtuelles pures**.

Elles n'ont alors pas de définition associée et la classe `Figure` devient une **classe abstraite**

```
class Figure {
public:
    // METHODES VIRTUELLES PURES :
    virtual void affiche () const = 0;
    virtual Figure* copie() const = 0;
    ...
};
```

Ces méthodes ne seront définies que dans les sous-classes « concrètes » de `Figure`

Finalisation des classes

Objectifs
Synthèse
Fondamentaux
Méthode de révision
Exemple concret

Terminons une première version de nos classes :

il faut fournir les définitions concrètes de `copie` dans les sous-classes dérivées de `Figures`

Exemple :

```
class Cercle : public Figure {  
public:  
    ...  
    Cercle* copie() { return new Cercle(*this); }  
};
```

©EPFL 2024-25
Jamila Sam
& Jean-Cédric Chappelier

EPFL

Programmation Orientée Objet – Synthèse POO – 23 / 33

Méthodes const

Objectifs
Synthèse
Fondamentaux
Méthode de révision
Exemple concret

Pour améliorer notre code, toutes les méthodes ne modifiant pas les attributs de leurs classes ont été déclarées comme `const`

C'est le cas de toutes les méthodes `affiche` et `copie`

Exemple :

```
class Figure {  
public:  
    virtual void affiche () const= 0; // METHODE CONST  
    virtual Figure* copie() const= 0;  
    virtual ~Figure() { cout << "Une figure de moins." << endl; }  
};
```

Meilleures spécification des intentions du programmeur,
contrôles syntaxiques supplémentaires possibles

On peut ensuite améliorer à souhait le codage de nos classes en fournissant notamment des méthodes de copie profonde et des surcharges d'opérateurs (dont `=`), surtout là où il y a des pointeurs (`Dessin`).

©EPFL 2024-25
Jamila Sam
& Jean-Cédric Chappelier

EPFL

Finalisation des classes (2)

Objectifs
Synthèse
Fondamentaux
Méthode de révision
Exemple concret

Il faut aussi fournir des destructeurs à toutes classes pour désallouer proprement la mémoire utilisée par notre collection :

```
class Dessin : public vector<Figure*> {  
public:  
    ~Dessin() {  
        cout << "Le dessin s'efface..." << endl;  
        for (auto figure : *this) delete figure;  
        clear();  
    }  
    ...  
};  
class Figure {  
public:  
    ...  
    virtual ~Figure() { cout << "Une figure de moins." << endl; }  
};  
class Cercle : public Figure {  
public:  
    ...  
    ~Cercle() { cout << "le dernier cercle ?" << endl; }  
};
```

Pourquoi le destructeur de `Figure` doit-il être virtuel ? (voir cours sur le polymorphisme)

©EPFL 2024-25
Jamila Sam
& Jean-Cédric Chappelier

EPFL

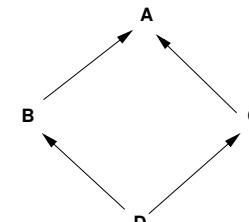
Programmation Orientée Objet – Synthèse POO – 24 / 33

Classes virtuelles

Objectifs
Synthèse
Fondamentaux
Méthode de révision
Exemple concret

Passons à un autre sujet délicat, lié cette fois à l'héritage multiple.

Supposons que nous ayons à coder une hiérarchie de classes « en losange » se présentant comme suit :



Chaque instance de la classe `D` hérite, a priori, deux fois des attributs et méthodes de `A`

Exampons ce qui se passe lorsque l'on exécute le code suivant...

©EPFL 2024-25
Jamila Sam
& Jean-Cédric Chappelier

EPFL

Programmation Orientée Objet – Synthèse POO – 26 / 33

Programmation Orientée Objet – Synthèse POO – 25 / 33

La classe A

```
class A {
public:
    int a;

    A(int i) : a(i)
    { cout << "Creation de A" << endl; }

    virtual ~A() {cout << "Destruction de A" << endl; }

    void affiche() const{
        cout << "A: " << a << endl;
    }
};
```

La classe D

```
class D: public B, public C {
public:
    int d;

    D(int i, int j, int k, int l)
        :B(i,j), C(0,k), d(l)
    {cout << "Creation de D" << endl; }

    virtual ~D(){cout << "Destruction de D" << endl; }

    void affiche() const{
        C::affiche();
        B::affiche();
        cout << "D: " << d << endl;
    }
};
```

Les classes B et C

```
class B: public A {
public:
    int b;
    B(int i, int j)
        :A(i), b(j)
    {cout << "Creation de B" << endl; }
    virtual ~B(){cout << "Destruction de B" << endl; }
    void affiche() const{
        A::affiche();
        cout << "B: " << b << endl;
    }
};

class C: public A {
public:
    int c;
    C(int i, int j)
        :A(i), c(j)
    {cout << "Creation de C" << endl; }
    virtual ~C(){cout << "Destruction de C" << endl; }
    void affiche() const{
        A::affiche();
        cout << "C: " << c << endl;
    }
};
```

Exécution

Si l'on exécute le petit main suivant :

```
int main ()
{
    D x(1,2,3,4);
    x.affiche();
    return 0;
}
```

On obtient le résultat d'exécution suivant :

```
Création de A
Création de B
Création de A
Création de C
Création de D
A: 0
C: 3
A: 1
B: 2
D: 4
Destruction de D
Destruction de C
Destruction de A
Destruction de B
Destruction de A
```

Classe A virtuelle

Pour éviter cette duplication, il faut déclarer la classe A comme **virtuelle**. Ceci se fait en déclarant le lien d'héritage de B **et** C par rapport à A comme virtuel :

```
class B: public virtual A { // HERITAGE VIRTUEL
public:
    int b;
    B(int i, int j)
        :A(i), b(j)
    ...
}
};

class C: public virtual A {
public:
    int c;
    C(int i, int j)
        :A(i), c(j)
    ...
};
};
```

Classe A virtuelle (3)

```
Création de A
Création de B
Création de C
Création de D
A: 1
C: 3
A: 1
B: 2
D: 4
Destruction de D
Destruction de C
Destruction de B
Destruction de A
```

Classe A virtuelle (2)

Pour que ça fonctionne bien, il faut aussi faire un **appel explicite** au constructeur de A dans la classe la plus dérivée (D) :

```
class D: public B, public C {
public:
    int d;
    D(int i, int j, int k, int l)
        // APPEL AU CONSTRUCTEUR DE LA CLASSE VIRTUELLE
        :A(i), B(i, j), C(0, k), d(l)
    ...
};
};
```

☞ les appels au constructeur de A dans les classes intermédiaires sont alors ignorés et l'exécution est la suivante...