

# Introduction à la programmation en C++

## Constructeurs – destructeurs

---

Nicolas Audebert

Vendredi 23 novembre 2018



## Rendus de TP et des exercices

Les rendus se font sur [Educnet](#), même en cas de retard. **Pas par mail.**

1. Le code rendu **doit compiler**.
2. Le code rendu doit **être propre** (indentation, noms de variables clairs).
3. Le code rendu doit **être commenté** (réponses aux questions, fonctionnement du code).
4. Rassembler le code dans une seule archive (**.zip, .rar, .tar.gz**, etc.).
5. Le code doit contenir **les noms des deux binômes** le cas échéant.

Un exercice ou un TP rendu en retard ou ne respectant pas une des consignes ci-dessus sera pénalisé.

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

# Déplacer le vaisseau

```
struct Vaisseau {  
    int x, y;  
    bool vivant;  
    Color couleur;  
};
```

```
void deplace(Vaisseau V, int dx,  
↳ int dy){  
    V.x += dx;  
    V.y += dy;  
}
```

```
struct Vaisseau {  
    int x, y;  
    bool vivant;  
    Color couleur;  
};
```

```
void deplace(Vaisseau& V, int dx,  
↳ int dy){  
    V.x += dx;  
    V.y += dy;  
}
```

# Déplacer le vaisseau

Passage par copie : faux!

```
struct Vaisseau {
    int x, y;
    bool vivant;
    Color couleur;
};

void deplace(Vaisseau V, int dx,
    ↪ int dy){
    V.x += dx;
    V.y += dy;
}
```

Passage par référence : OK

```
struct Vaisseau {
    int x, y;
    bool vivant;
    Color couleur;
};

void deplace(Vaisseau& V, int dx,
    ↪ int dy){
    V.x += dx;
    V.y += dy;
}
```

```
const int nb_vaisseaux_max = 100;

// Version statique
struct Armada {
    int nb_vaisseaux;
    bool direction; // true -> droite, false -> gauche
    Vaisseau vaisseaux[nb_vaisseaux_max];
};
```

# Stocker les vaisseaux de l'Armada

```
// Version dynamique
struct Armada {
    int nb_vaisseaux;
    bool direction; // true -> droite, false -> gauche
    Vaisseau* vaisseaux;
};

// Il faut aussi gérer l'allocation mémoire
void init(Armada& A){
    A.vaisseaux = new Vaisseau[nb_vaisseaux_max];
    A.nb_vaisseaux = 0;
    A.direction = true;
}

void detruit(Armada& A){
    delete[] A.vaisseaux;
}
```

```
// Passage par référence pour renvoyer plusieurs valeurs
```

```
void bornes(Armada a, int& gauche, int& droite, int& bas) {  
    gauche = largeur; droite=-1; bas=-1;  
    for(int i=0; i<a.n; i++) {  
        if(a.v[i].vivant && gauche > a.v[i].x)  
            gauche = a.v[i].x;  
        if(a.v[i].vivant && droite < a.v[i].x)  
            droite = a.v[i].x;  
        if(a.v[i].vivant && bas < a.v[i].y)  
            bas = a.v[i].y;  
    }  
}
```



# Quelques erreurs

```
struct Armada{
    int nb_vaisseaux;
    bool direction;
    Vaisseau* V = new Vaisseau[nb_vaisseaux];
    // FAUX ! nb_vaisseaux n'est pas encore défini
};

bool test = false;
if (test == true){ // Peu élégant
    ...
} else if (test == false){
    ...
}
```

Surcharge des fonctions : possible tant que les arguments diffèrent

```
void affiche(Vaisseau V);  
void affiche(Armada V);
```

Par convention, les noms de fonctions commencent par une minuscule et les noms de classes/structures commencent par une majuscule.

```
struct Armada {...};  
struct Vaisseau {...};  
  
void deplace(Armada A){...}
```

Les `#include` et le `CMakeLists.txt` sont sensibles à la casse : `vaisseau.h` et `Vaisseau.h` ne sont pas la même chose!

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

```
// Structure + fonctions
struct Obj1{
    int x;
};
int f(Obj1 &x);
int g(Obj1 &x, int y);
```

```
...
Obj1 a;
cout << f(a) << endl;
int i = g(a,10);
```

```
// Objet
struct Obj1{
    int x;
    int f();
    int g(int y);
};
```

```
...
Obj1 a;
cout << a.f() << endl;
int i = a.g(10);
```

On met simplement les déclarations **dans** la structure. **On ne met plus en argument** l'objet en question.

Les objets se manipulent de façon similaire aux structures.

```
struct Obj1{
    int x;
    void double_x();
    int renvoie_4x();
};

int main(){
    // En dehors de l'objet, on
    // utilise . pour accéder
    // aux champs et méthodes
    Obj1 a;
    a.x = 3;
    cout << a.renvoie_4x() << endl;
}
```

```
void Obj1::double_x(){
    // À l'intérieur du namespace
    // Obj1, on peut modifier ses
    // ↪ champs
    x = 2*x;
}

int Obj1::renvoie_4x(){
    // À l'intérieur du namespace
    // Obj1, on peut utiliser ses
    // ↪ méthodes
    double_x();
    return x;
}
```

Les classes permettent de protéger l'accès à certains champs et méthodes afin de restreindre **l'interface** de l'objet.

```
// matrice.h
class Matrice{
    // privé par défaut
    int m,n;

public: // public à partir d'ici
    // Méthodes
    void cree(int m1,int n1);
    void detruit();
    double get(int i,int j);
    void set(int i,int j,double x);
    void affiche();

private: // privé à partir d'ici
    double* t;
};
```

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

Séance précédente : structure + fonctions  $\longrightarrow$  objets

Par exemple :

```
struct Point{
    double x,y;
};
...
Point a;
a.x = 2; a.y = 3;
i = a.x; j = a.y;
```

```
class Point{
    double x,y;
public:
    double get(double& x, double& y);
    void set(double valX, double valY);
}
...
Point a;
a.set(2,3);
a.get(i,j);
```



# Initialisation d'une structure vs. initialisation d'un objet

```
class Point{
    double x,y;
public:
    double get(double& x, double& y);
    void set(double valX, double valY);
}

...
Point a; // OK
a.set(2,3);
a.get(i,j);
...
Point b = {2,3};
// ERREUR
// x et y sont privés :
// ils sont inaccessibles en
// dehors de la classe
```

L'initialisation d'un objet fait appel au **constructeur** de sa classe.

## Définition

Un **constructeur** est une méthode :

- ▶ qui **n'a pas** de type de retour,
- ▶ qui porte **le même nom** que la classe,
- ▶ qui décrit comment initialiser les instances de la classe.

## Manipulation

Un constructeur :

- ▶ est  **systématiquement** appelé à la création d'un objet,
- ▶ ne peut pas être appelé **après** la création de l'objet.

## Définition

Un **constructeur** est une méthode :

- ▶ qui **n'a pas** de type de retour,
- ▶ qui porte **le même nom** que la classe,
- ▶ qui décrit comment initialiser les instances de la classe.

```
class Point{
    double x,y;
public:
    Point(double valX, double valY);
    ...
}

// Définition du constructeur
Point::Point(double valX, double valY){
    x = valX; y = valY;
}

...
Point b = {2,3}; // ERREUR
Point c(2,3); // OK
// Cette syntaxe appelle
// le constructeur
```

À la création de l'objet il y a **toujours** un appel à un constructeur.  
Lorsqu'aucun constructeur n'est défini par l'utilisateur, le compilateur en crée un par défaut. C'est un **constructeur vide** qui ne prend aucun argument et ne fait que créer les champs de l'objet.

```
class Point{
    double x,y;
public:
    double get(double& x, double& y);
    void set(double valX, double valY);
};
...
Point a;// Appel au constructeur par défaut
```

# Redéfinir le constructeur vide

Il est possible de redéfinir le constructeur vide (dans ce cas, le constructeur par défaut est oublié).

```
class Point{
private:
    double x,y;
public:
    // Constructeur vide
    Point();

    double get(double& x,
               double& y);
    void set(double valX,
            double valY);
};

Point::Point(){
    cout << "Constructeur vide" <<
        ↪ endl;
    x = 0; y = 0;
}

...
Point a; // "constructeur vide"
a.get(i,j);
cout << i << ", " << j << endl;
// affiche "0, 0"
```

Il est possible de définir plusieurs constructeurs (comme pour les méthodes) manipulant différentes combinaisons d'arguments.

```
class Point{
    double x,y;
public:
    Point(double val);
    Point(double valX,
           double valY)
    ...
};

Point::Point(double val){
    x = y = val;
}
Point::Point(double valX, double valY){
    x = valX; y = valY;
}

...
Point a(2); // 2 2
Point b(2,3); // 2 3

Point c; // ERREUR (pas de
         // constructeur vide)
```

## Attention!

Dès lors qu'un constructeur est défini, quel qu'il soit, **le constructeur par défaut n'existe plus.**

Dans ce cas, il faut définir son propre constructeur vide pour pouvoir écrire `Point c; .`

```
class Point{
    double x,y;
public:
    Point();
    Point(double val);
    Point(double valX, double valY)
};
Point::Point(){} // Constructeur vide (ne fait rien)
```

## Cas général

Créer un tableau d'objets requiert l'existence du constructeur vide pour cette classe d'objets.

```
Point t[10]; // appelle 10 fois Point()
Point* t2 = new Point[1000]; // appelle 1000 fois Point()
//pour remplir :
for(int i=0; i<1000; i++)
    t2.set(0,0);
```

## Cas particulier

Dans le cas d'une initialisation directe utilisant la syntaxe entre accolades {}, il est possible de se passer du constructeur vide.

```
Point t[3] = {Point(0), Point(1,2), Point(5, -5)};
```



Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

Certains objets sont créés puis meurent très rapidement :

```
void f(Point p){  
    ...  
}  
Point g(){  
    Point temp(1,2);  
    return temp;  
}  
  
...  
Point p1(5,6);  
f(p1);  
  
Point p2 = g();  
  
Point p3 = g();  
f(p3);
```

Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des objets temporaires anonymes pour éviter les recopies inutiles :

```
void f(Point p){
    ...
}
Point g(){
    return Point(1,2);
}

...
f(Point(5,6));
Point p2 = g();
f(g());

Point p3;
p3 = g();
p3 = Point(1,2);
```

Il ne faut pas abuser des objets temporaires.

## Les objets temporaires ne sont pas des accesseurs!

```
Point p3;  
p3 = g();  
...  
p3 = Point(1,2); // moins efficace que p3.set(1,2)
```

Dans `p3.set(1,2)` il n'y a pas de création d'objet temporaire.

## Les objets temporaires ne sont pas des constructeurs!

```
Point p4 = Point(1,2); // objet temporaire inutile  
Point p5(1,2); // on appelle le constructeur directement
```

# Exemple d'utilisation d'objet temporaire

```
class Point{
    ...
    Point operator+(Point b);
};
Point Point::operator+(Point b){
    Point c(x+b.x, y+b.y);
    return c;
    // on retourne la copie de c
}
Point p1(1,2), p2(3,4);
Point p3 = p1 + f(p2);
```

```
class Point{
    ...
    Point operator+(Point b);
};
Point Point::operator+(Point b){
    return Point(x+b.x, y+b.y);
    // on retourne l'objet
    // temporaire
}
Point p3 = Point(1,2) +
    ↪ f(Point(3,4));
```

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

Une fonction peut recevoir ses arguments de deux manières :

## Passage par valeur (ou copie)

La fonction reçoit une **copie** interne de la variable en argument.

## Passage par référence

L'**espace mémoire de la variable est partagé** et modifier l'argument dans la fonction modifie la valeur de la variable initiale.

# Réduire le nombre de copies

Passer un argument par valeur nécessite de réaliser une copie. Copier un objet ou une variable ajoute un surcoût négligeable pour les variables natives, mais important pour les grands objets.

```
const int N = 1000;
class Vector{
    double t[N];
    ...
};
class Matrix{
    double t[N][N];
    ...
};

void solve(Matrix A, Vector x,
           Vector& y)
{...}

...
Matrix M;
Vector a,b;
...
solve(M,a,b);
```

La matrice **M** est copiée lors de l'appel à **solve**.



# Tout passer par référence?

Une solution serait de passer tous les arguments par référence pour éviter les copies.

```
const int N = 1000;
class Vector{
    double t[N];
    ...
};
class Matrix{
    double t[N][N];
    ...
};
```

```
void solve(Matrix &A, Vector
    ↪ &x, Vector& y)
{...}

...
Matrix M;
Vector a,b;
...

solve(M,a,b);
```

## Risque

Rien ne garantit que **solve** ne modifie pas les arguments.

## Solution

On souhaite passer les objets par référence en spécifiant que l'argument ne doit pas être modifié : **on ajoute le mot clé `const`**.

```
const int N = 1000;
class Vector{
    double t[N];
    ...
};
class Matrix{
    double t[N][N];
    ...
};
```

```
void solve(const Matrix &A,
           const Vector &x, Vector& y)
{...}

...
Matrix M;
Vector a,b;
...
solve(M,a,b);
```

Lorsqu'on utilise une référence constante, on ne peut accéder qu'aux méthodes définies comme **constantes**, *i.e.* qu'on a déclaré comme ne modifiant pas l'objet.

```
const int N = 1000;
class Vector{
    double t[N];
public
    double get(int i);
    void set(int i, double v);
    ...
};
class Matrix{
    double t[N][N];
    ...
};
```

```
void solve(const Matrix &A,
           const Vector &x, Vector& y)
{
    ...
    x.set(10, 8); // ERREUR: x est
                  // non modifiable
    x.get(5); // ERREUR
    y.set(1, 5.6); // OK
}
...
```

Lorsqu'on utilise une référence constante on accède qu'aux méthodes définies comme **constantes** : *i.e.* qu'on a déclaré comme ne modifiant pas l'objet.

```
const int N = 1000;
class Vector{
    double t[N];
public
    double get(int i) const;
    void set(int i, double v);
    ...
};

double Vector::get(int i) const{
    return t[i];
}

void solve(const Matrix &A,
           const Vector &x, Vector& y)
{
    ...
    x.set(10, 8); // ERREUR: x est
                  // non modifiable
    x.get(5); // OK, get est const

    y.set(1, 5.6); // OK
}
...

```

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

La création d'un objet appelle un constructeur.

La suppression d'un objet appelle un **destructeur**.

## Définition et propriétés

Un destructeur est une méthode qui :

- ▶ n'a pas de type de retour,
- ▶ n'a pas d'argument,
- ▶ porte le nom de la classe précédé de  $\sim$  (tilde).

## Propriétés des destructeurs

Un destructeur est :

- ▶ unique pour chaque classe,
- ▶ fourni par défaut par remplaçable,
- ▶ **JAMAIS** appelé explicitement.

```
class Obj{
    ...
public:
    Obj(); // constructeur vide
    Obj(int i);

    ~Obj(); // destructeur
    ...
};

Obj::~Obj(){
    cout << "Destruction";
    cout << endl;
}
```

Le destructeur est appelé autant de fois qu'il y a d'éléments dans le tableau.

```
{  
    Obj tab[100]; // appel 100 fois au constructeur vide  
    ...  
} // sortie de bloc : destruction de tab -> 100 appels au destructeur
```

En allocation dynamique, le destructeur est appelé lors du **delete**.

```
Obj* tab2 = new Obj[10000]; // 10000 appels au constructeur vide  
...  
delete[] tab2; // 10000 appels au destructeur de Obj
```



```
Obj* tab2 = new Obj[10000]; // 10000 appels au constructeur vide  
...  
delete[] tab2; // 10000 appels au destructeur de Obj
```

## Attention erreur

Il est possible d'écrire `delete tab2`. Cela désalloue la mémoire mais n'appelle pas le destructeur sur les objets!

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

# Constructeur de copie

Le constructeur de copie permet de créer un objet à partir d'un autre.

```
class Obj{  
    ...  
    Obj(const Obj& o);  
};  
Obj::Obj(const Obj& o){...}
```

Il s'utilise quand on écrit :

```
Obj a;  
Obj b(a);
```

```
Obj a;  
Obj b = a;  
// c'est la même syntaxe que  
↪ Obj b(a);
```

Il est aussi implicitement utilisé lorsque l'on passe un objet par copie en argument d'une fonction.

## Définition

- ▶ Un constructeur de copie est fourni par défaut
- ▶ Par défaut il recopie les champs de **a** dans **b**
- ▶ Une fois redéfini, il fait **uniquement** ce qu'il y a dans la méthode.

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

Il est aussi possible de redéfinir l'opération d'affectation, le =.  
Par défaut, il recopie les champs d'un objet dans l'autre.

```
class Obj{  
    ...  
    void operator=(const Obj& o);  
};  
void Obj::operator=(const Obj& o){...}
```

# Opérateur =

```
class Obj{  
    ...  
    void operator=(const Obj& o);  
};  
void Obj::operator=(const Obj& o){...}
```

```
Obj a,b;  
b = a; // OK  
Obj c;  
c = b = a; // ERREUR
```

Il faut lire :

```
Obj a,b,c;  
c = b = a; // équivalent à  
c = (b = a); // ou encore  
c.operator=(b.operator=(a));
```

```
class Obj{
    ...
    Obj operator=(const Obj& o);           Obj a,b;
};                                         b = a; // OK
Obj Obj::operator=(const Obj& o){       Obj c;
    ...                                   c = b = a; // OK
    return o;
}
```

Pour éviter une recopie supplémentaire au niveau du `return` :

```
class Obj{
    ...
    const Obj& operator=(const Obj& o);
};
const Obj& Obj::operator=(const Obj& o){
    ...
    return o;
}
```



## Attention!

Il ne faut jouer aux apprentis sorciers. Ce n'est pas la peine de recoder le destructeur et le constructeur par copie lorsque cela n'est pas nécessaire.

Partiel

Rappels

Construction des objets

Objets temporaires

Passage par référence constante

Destructeurs

Constructeur de copie

Opérateur d'affectation (=)

Objets avec allocation dynamique

# Une classe de vecteur

```
class Vect{
    int n;
    double* t;
public:
    Vect(int taille);
    ~Vect();
};

Vect::Vect(int taille){
    n = taille;
    t = new double[n];
}

Vect::~Vect(){
    delete[] t;
}

void f(){
    Vect v(1000); // constructeur -> allocation
    ...
} // destructeur -> desallocation
```

Plus besoin de faire les `new` et les `delete[]` à la main.

**Petit problème** : si on veut faire des tableaux de **Vect**, ou si on donne une taille négative ou nulle.

```
class Vect{
```

```
    int n;  
    double* t;
```

```
public:
```

```
    Vect();
```

```
    Vect(int taille);
```

```
    ~Vect();
```

```
};
```

```
Vect::Vect(){
```

```
    n = 0;
```

```
}
```

```
Vect::Vect(int taille){
```

```
    if(taille > 0){
```

```
        n = taille;
```

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

```
    } else {
```

```
        n = 0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
Vect::~Vect(){
```

```
    if(n > 0){
```

```
        delete[] t;
```

```
    }
```

```
}
```

Un autre problème : le code suivant ne fonctionne pas.

```
int main(){
    Vect v1(100), v2(100);
    v1 = v2; // fuite de
    ↪ mémoire
    return 0;
}
```

```
class Vect{
    int n;
    double* t;
public:
    Vect();
    Vect(int taille);
    ~Vect();
    const Vect& operator=(
        const Vect& v);
};
```

```
const Vect& Vect::operator=
    (const Vect& v){
    if(n>0)
        delete[] t;
    n = v.n;
    if(n>0){
        t = new double[n];
        for(int i=0; i<n; i++){
            t[i] = v.t[i];
        }
    }
    return v;
}
```

# Une classe de vecteur

```
class Vect{
    int n;
    double* t;
    void alloue(int taille);
    void detruit();
    void copie(const Vect& v);
public:
    Vect();
    Vect(const Vect& v);
    ~Vect();
    const Vect& operator=(
        const Vect& v);
    Vect(int taille);
};
```

```
void Vect::alloue(int taille){
    if(taille > 0){
        n = taille;
        t = new double[n];
    } else {
        n = 0;
    }
}

void Vect::detruit(){
    if(n > 0)
        delete[] t;
}

void Vect::copie(const Vect& v){
    alloue(v.n);
    for(int i=0; i<n; i++)
        t[i] = v.t[i];
}
```

```
class Vect{
    int n;
    double* t;
    void alloue(int taille);
    void detruit();
    void copie(const Vect& v);
public:
    Vect();
    Vect(const Vect& v);
    ~Vect();
    const Vect&
        ↪ operator=(const
                    Vect& v);
    Vect(int taille);
};
```

```
Vect::Vect(){
    alloue(0);
}
Vect::Vect(const Vect& v){
    copie(v);
}
Vect::~Vect(){
    detruit();
}
const Vect& Vect::operator=(
    const Vect& v){
    if(this != &v){
        detruit();
        copie(v);
    }
    return v;
}
Vect::Vect(int taille){
    alloue(taille);
}
```

## Serpent

Un serpent qui se déplace et s'allonge tout les  $x$  pas de temps.

## Tron

Un serpent deux joueurs qui s'allonge à tous les pas de temps.

