# Introduction à la programmation en C++

## Premiers objets

Nicolas Audebert

Vendredi 20 novembre 2020

# Avant toute chose

## Rendus de TP et des exercices

Les rendus se font sur **Educnet**, même en cas de retard.

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.

# Plan de la séance - Premiers objets

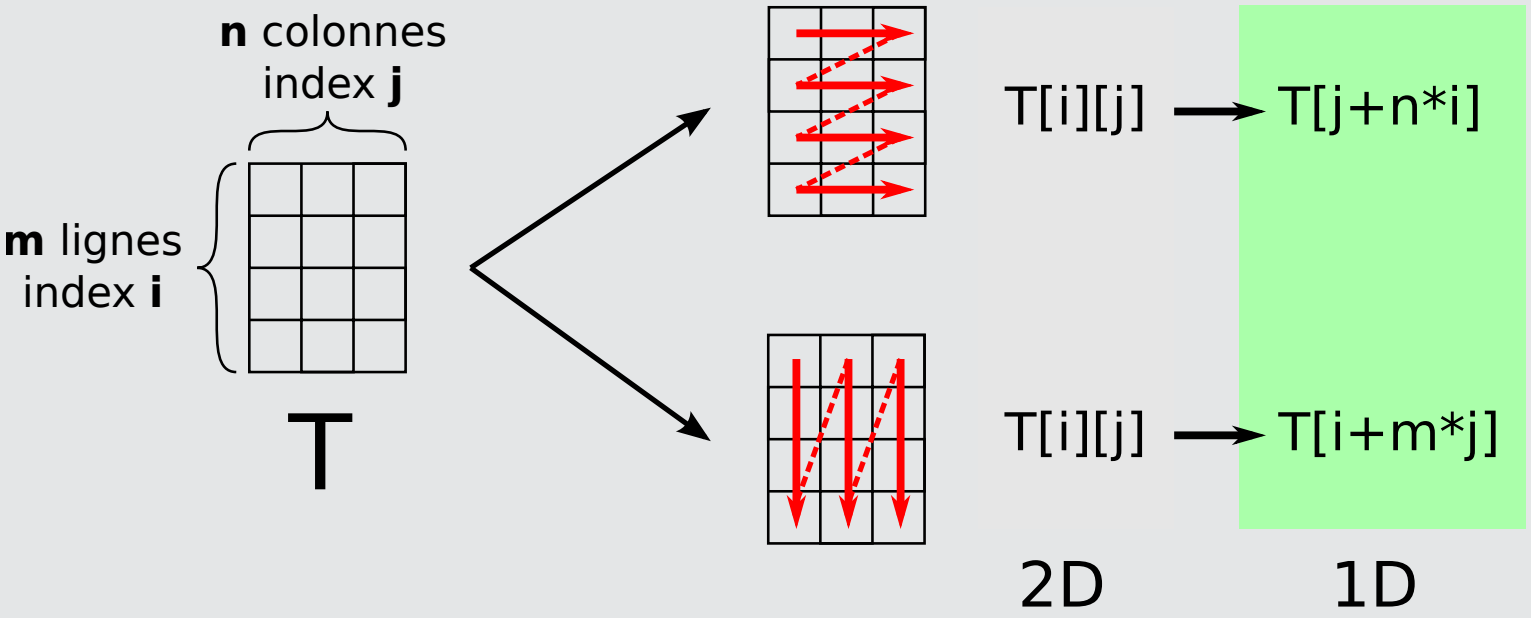
# Tableaux multi-dimensionnels

## Tableaux 2D en C++

Les tableaux 2D de taille constante sont autorisés en C++, mais peu pratiques.

## En pratique

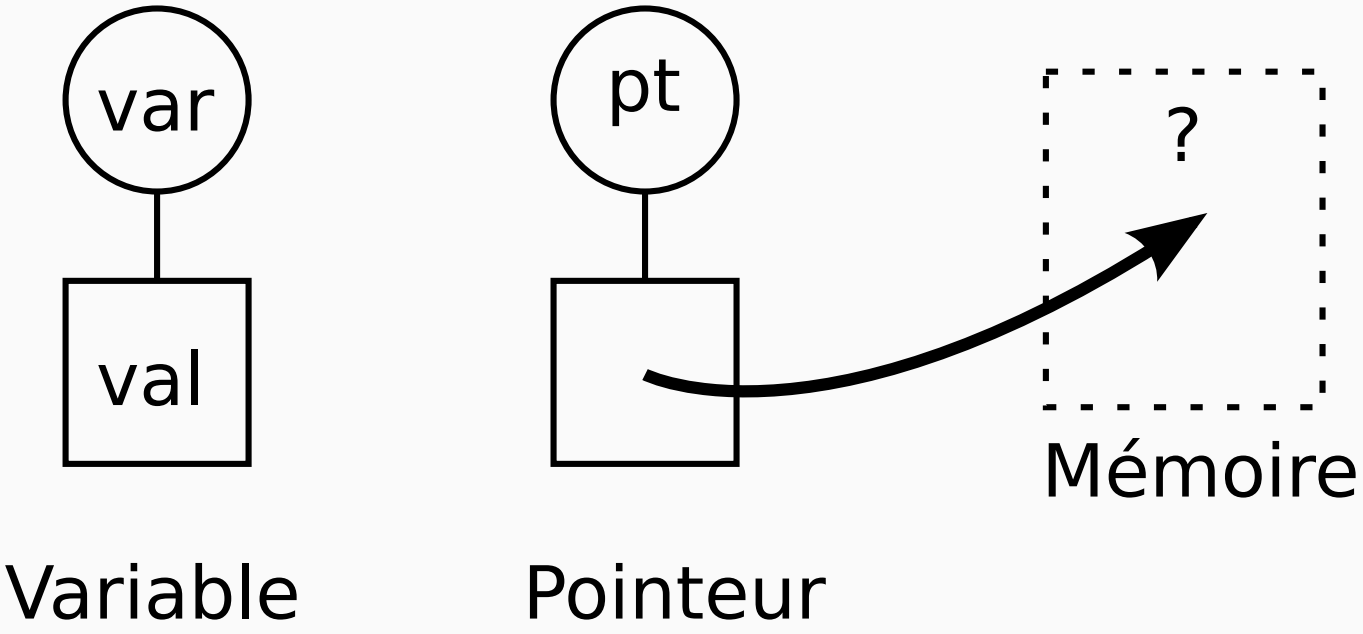
En pratique, on utilise des tableaux 1D que l'on parcourt **en lignes** ou **en colonnes**.



# Allocation dynamique - Pointeurs

**Définition**

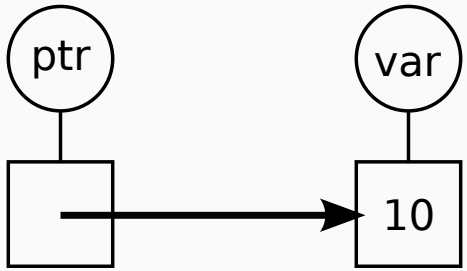
Un **pointeur** est une variable qui stocke une adresse vers une zone mémoire (tableau ou variable) dans la pile ou dans le **tas**.



# Utilisation des pointeurs

Les pointeurs sont caractérisés par le symbole *.

```
double* ptr; // un pointeur vers un double
int* ptr; // un pointeur vers un entier
int test = 10;
ptr = &test; // le pointeur redirige vers test
int val = *ptr; // val contient 10
```




Pour récupérer l'adresse d'une variable on utilise le &. Pour récupérer la valeur pointée par une adresse, on utilise *.

# Pointeurs et mémoire

L'intérêt d'utiliser des pointeurs avec des variables classiques est limité.

**Des pointeurs pour le tas**

Les pointeurs sont la porte d'entrée vers le tas (la mémoire de l'ordinateur).

- Créer une variable dans le tas : **`new`**
- Supprimer une variable dans le tas : **`delete`**

**Gestion de la mémoire**

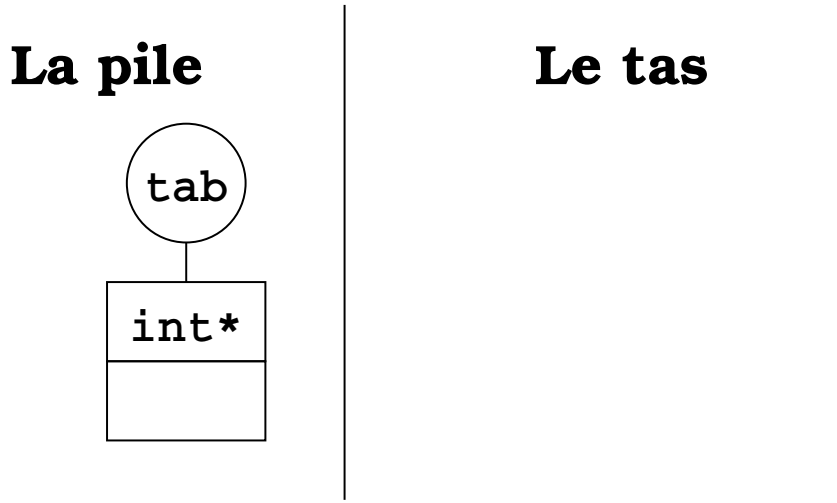
Chaque appel à **`new`** doit être suivi par un unique appel à **`delete`**.

# Pointeurs et tableaux

```
double* tab;
int n=5;
tab = new double[n];

for(int i=0; i<n; i++){
    tab[i] = 2*i;
}

delete[] tab;
```

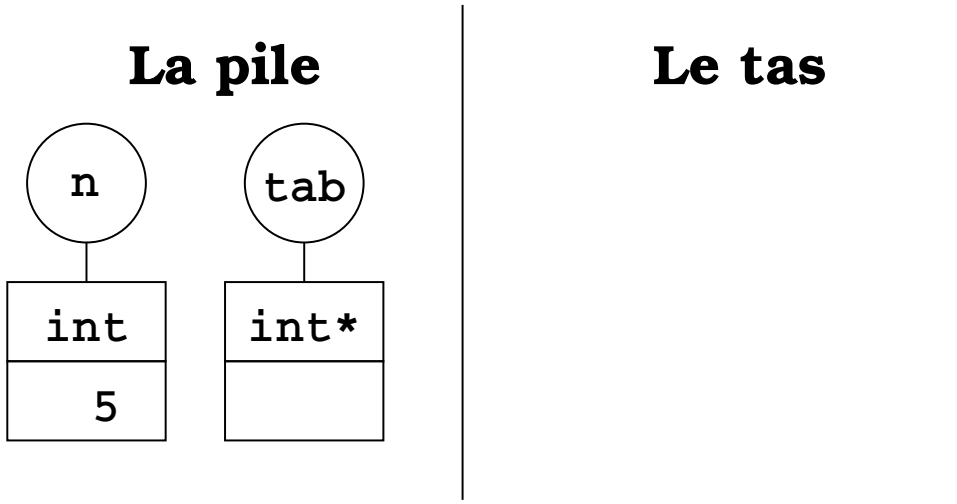


# Pointeurs et tableaux

```
double* tab;
int n=5;
tab = new double[n];

for(int i=0; i<n; i++){
    tab[i] = 2*i;
}

delete[] tab;
```

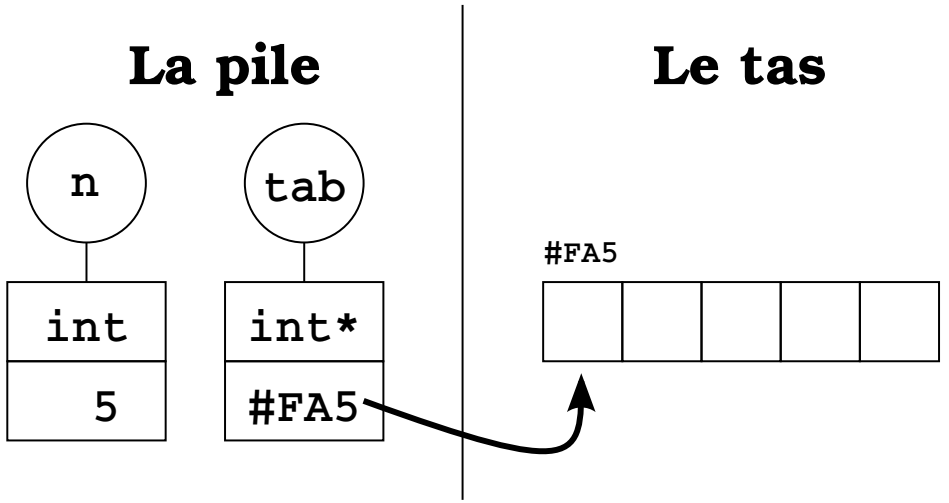


# Pointeurs et tableaux

```
double* tab;
int n=5;
tab = new double[n];

for(int i=0; i<n; i++){
    tab[i] = 2*i;
}

delete[] tab;
```

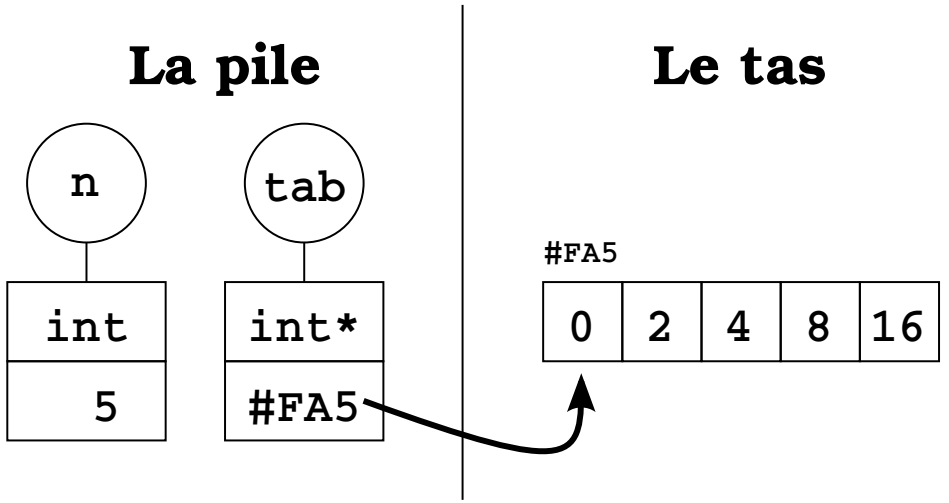


# Pointeurs et tableaux

```
double* tab;
int n=5;
tab = new double[n];

for(int i=0; i<n; i++){
    tab[i] = 2*i;
}

delete[] tab;
```

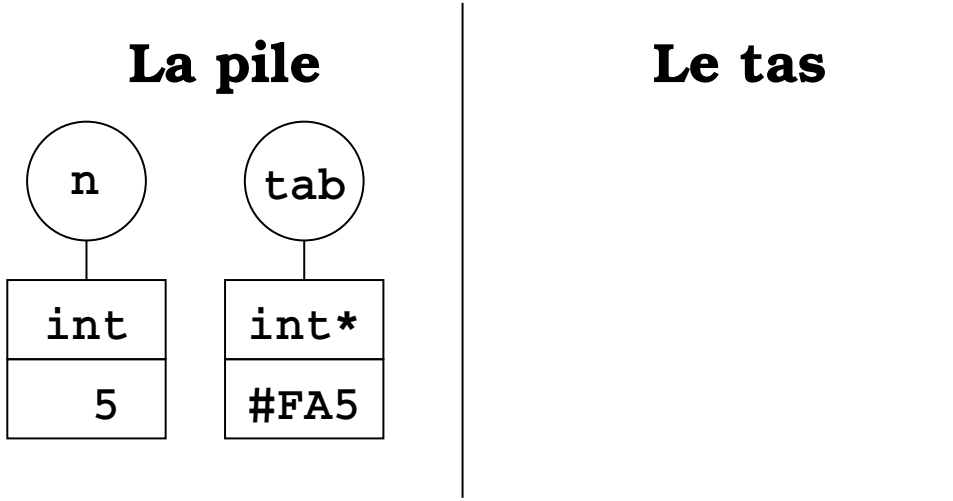


# Pointeurs et tableaux

```
double* tab;
int n=5;
tab = new double[n];

for(int i=0; i<n; i++){
    tab[i] = 2*i;
}

delete[] tab;
```

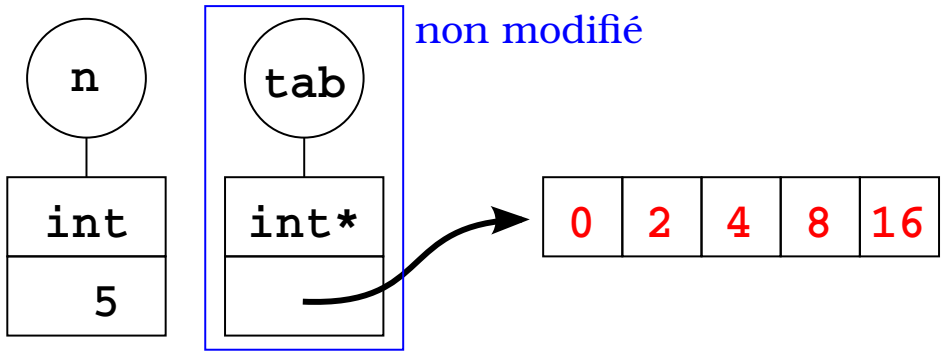


## Modifier la variable / tableau désigné par le pointeurs

- Pas besoin de passage par référence : on ne modifie pas le pointeur (l'adresse), seulement les valeurs stockées dans la zone de la mémoire désignées par le pointeur.
- On peut utiliser les fonctions créées pour les tableaux statiques.

```
void fill(double* tab, int n){
  for(int i=0; i<n; i++)
    tab[i] = 2*i;
}

double* t;
int taille=5;
t = new double[taille];
fill(t,taille);
delete[] tab;
```

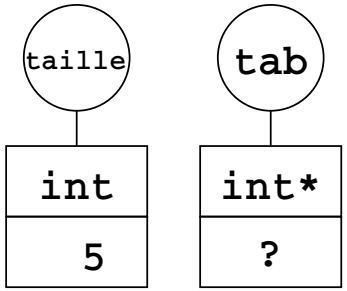


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

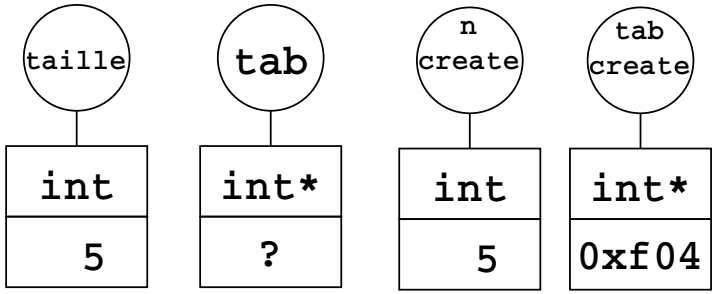


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

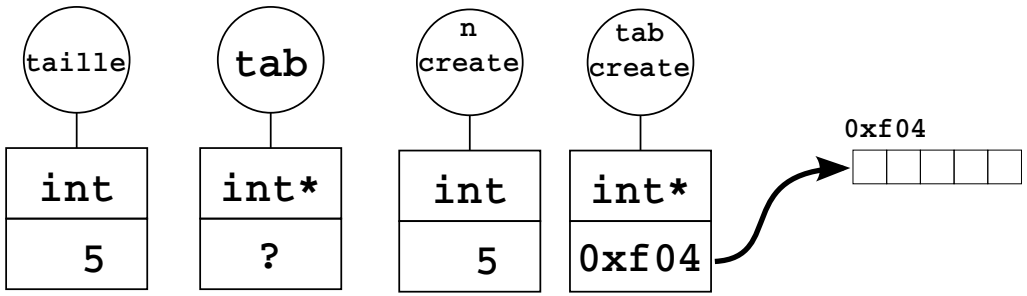


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

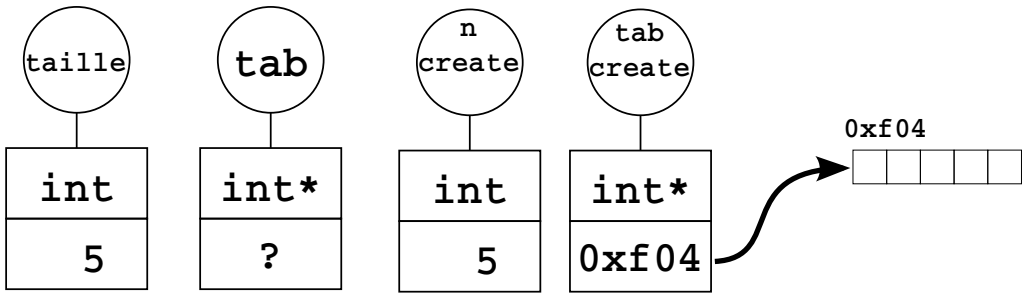


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}                              --> 0xf04

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

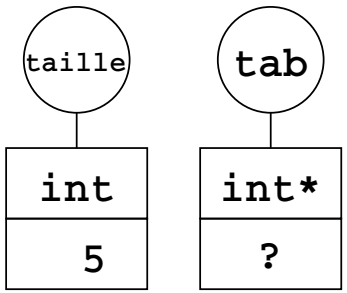


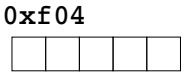
## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}                          --> 0xf04

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```



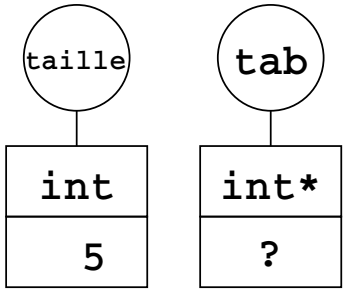



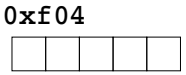
## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}                          --> 0xf04

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;         --> ?
delete[] tab;
```



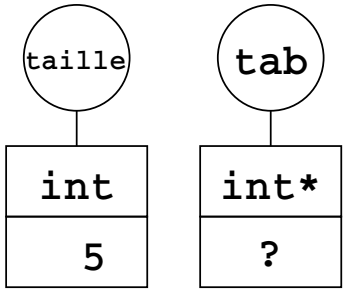



## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}                          --> 0xf04

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;      --> ?
delete[] tab;  --> ERREUR non alloué
```





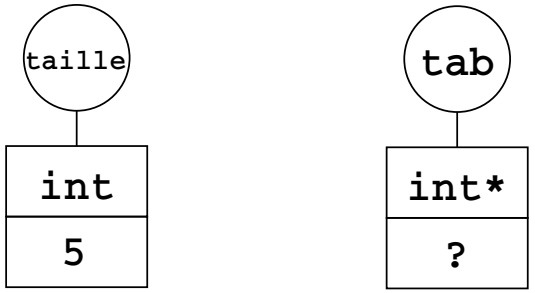
**ERREUR FUITE DE MÉMOIRE**

## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

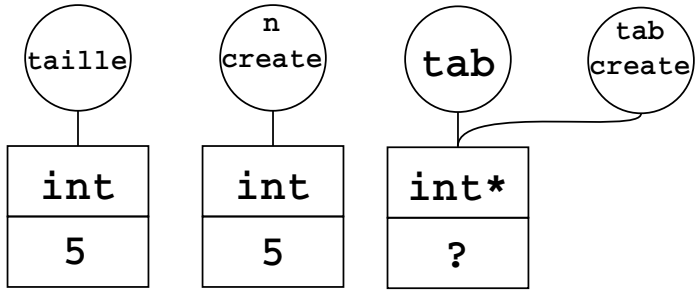


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

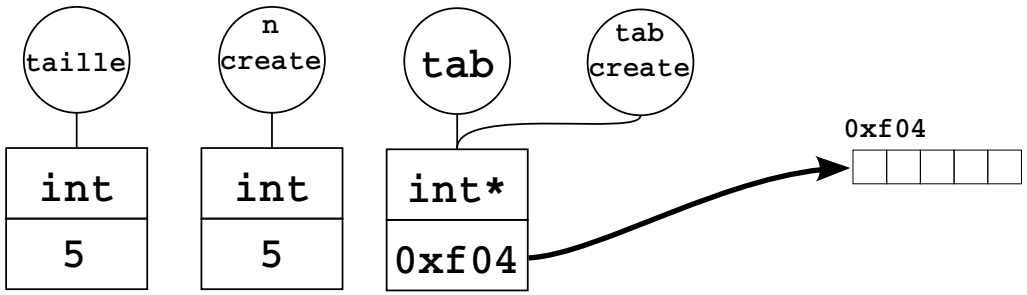


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```



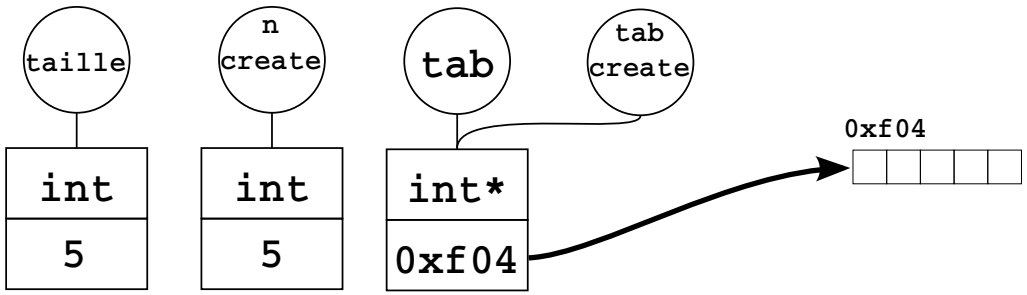
## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

--> 0xf04

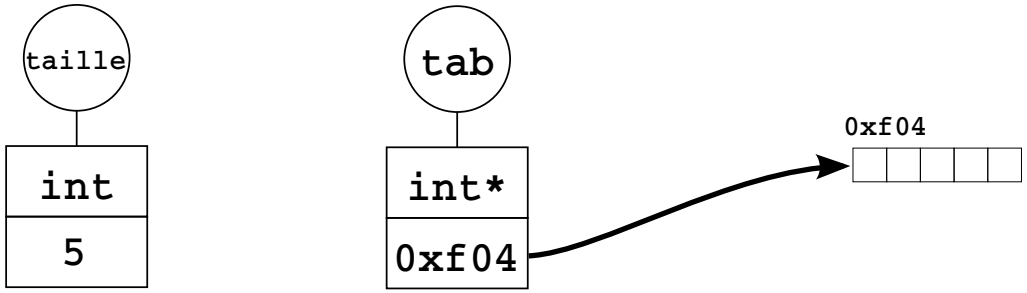


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}                          --> 0xf04

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```



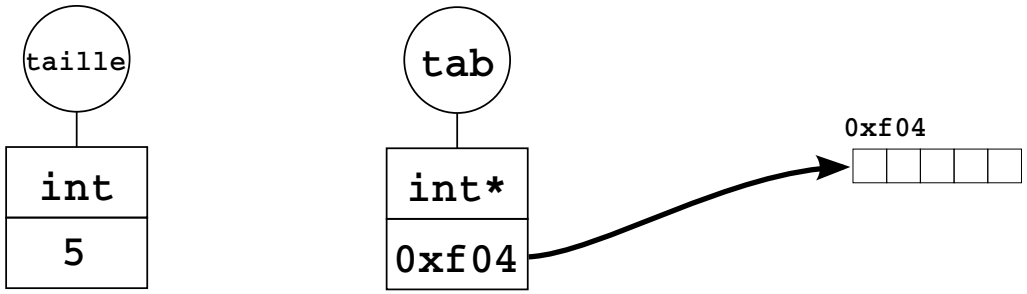
## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;
delete[] tab;
```

--> 0xf04

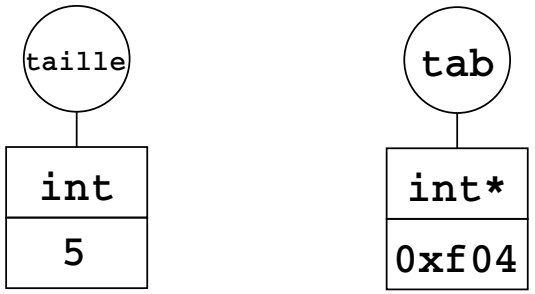


## Modifier le pointeur

- Il faut faire un passage par référence : on modifie l'adresse stockée par le pointeur.

```
void create(double* &tab, int n){
  tab = new double[n];
  cout << tab << endl;
}

double* t;
int taille=5;
create(t,taille);
cout << t << endl;  --> 0xf04
delete[] tab;
```



# Egalité de pointeurs

L'égalité de pointeurs est autorisée.

## Attention

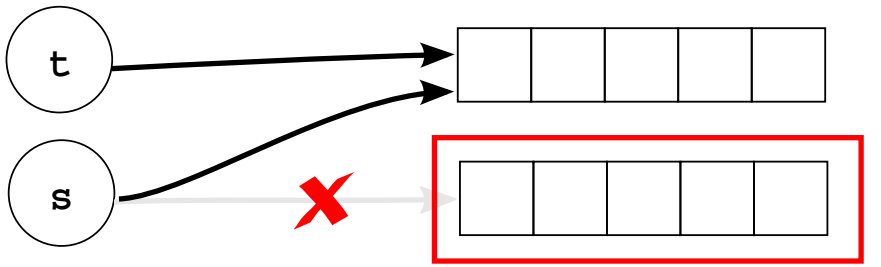
- Il y a des risques de fuite de mémoire
- Deux pointeurs égaux renvoient au même espace mémoire
- Il n'y a pas création d'un nouveau tableau

```
double* t,s;
int n=5;
t = new double[n];
s = new double[n];

s = t;

...
```

--> Fuite de mémoire




--> Fuite de mémoire

# Egalité de pointeurs

L'égalité de pointeurs est autorisée.

## Attention

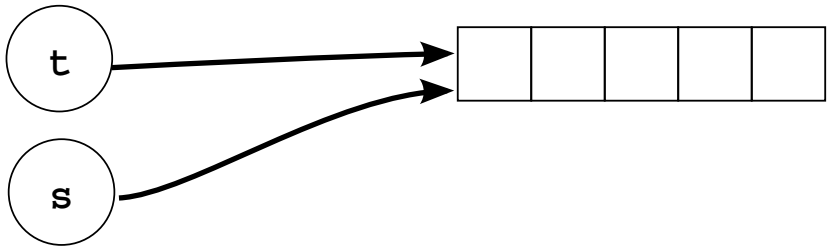
- Il y a des risques de fuite de mémoire
- Deux pointeurs égaux renvoient au même espace mémoire
- Il n'y a pas création d'un nouveau tableau

```
double* t,s;
int n=5;
t = new double[n];

s = t;

delete[] t;
delete[] s;
```

--> double délétion



# Egalité de pointeurs

L'égalité de pointeurs est autorisée.

## Attention

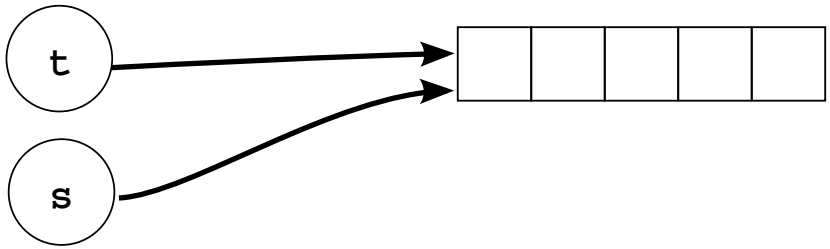
- Il y a des risques de fuite de mémoire
- Deux pointeurs égaux renvoient au même espace mémoire
- Il n'y a pas création d'un nouveau tableau

```
double* t,s;
int n=5;
t = new double[n];

s = t;

delete[] t; // ou delete[] s
```

**--> OK**



# Des tableaux dans des structures

Il est possible d'utiliser des tableaux dynamiques dans les structures.

**Attention**

Surtout pas de tableaux statiques.

```
struct Vect{
    int taille; // la taille
    double* t; // le tableau, ne pas allouer
               // dans la declaration de la structure
};
```

# break

L'instruction **break** permet de sortir d'une boucle.

```
for(int i=0; i<n; i++){
    bool b = f(i);
    if(!b) break; // sort de la boucle si b est faux
}
```

L'instruction **continue** permet de passer à l'itération suivante dans une boucle (sans exécuter ce qui se trouve après le **continue**).

```
int i=1;
while(i< 1000){
    i++;
    if(i%2 == 1)
        continue;
    cout << i << " est pair" << endl;
}
```

# Plan de la séance - Premiers objets

# Les objets

Jusqu'à présent :

- Factoriser du code : **fonctions**, **fichiers**
- Regrouper des données cohérentes : **tableaux**, **structures**

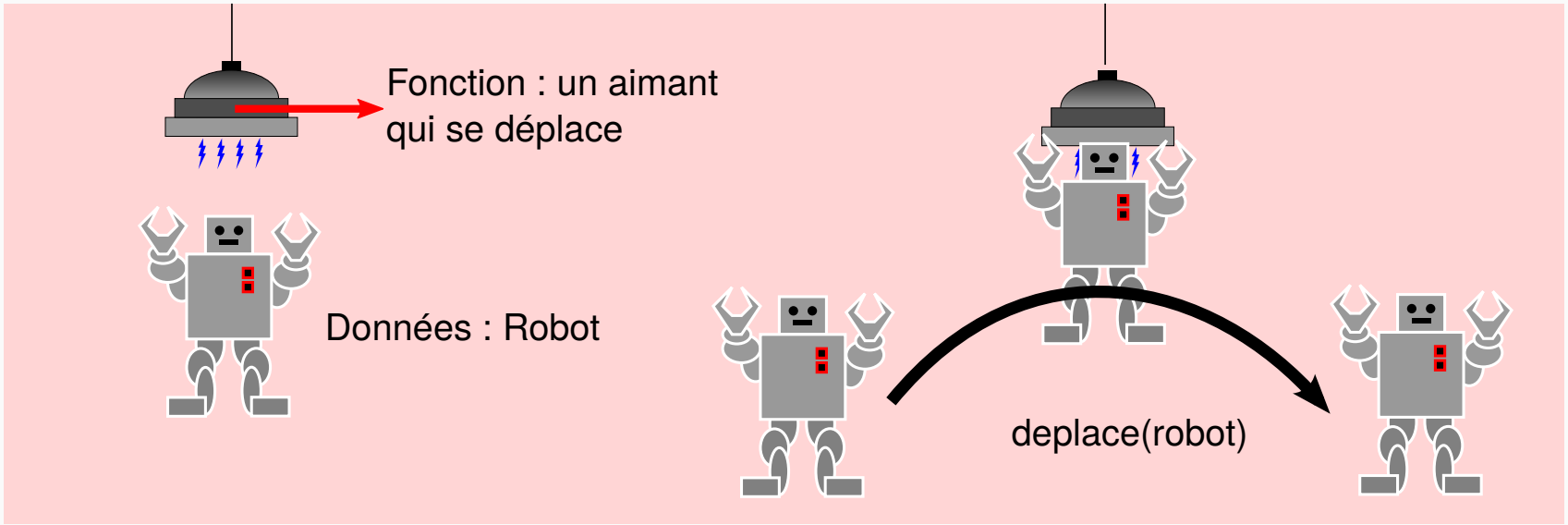
Les fonctions sont des opérations qui transforment des valeurs.

**Les objets**

OBJET = STRUCTURE + MÉTHODES (fonctions)

**Idée :** les objets ont des fonctionnalités.

# Les objets


Fonction : un aimant
qui se déplace
Données : Robot
deplace(robot)
Capacité :
bouger
Utiliser capacité : bouger
robot.deplace()

# Les objets

## Attention

Il ne faut pas voir des objets partout :

- Les données et les fonctions ne sont pas toujours liées.
- Il faut bien penser à l'organisation des données.
- Les fonctions sont souvent plus adaptées lorsqu'elles concernent plusieurs objets.

```
Obj1 a;
Obj2 b;
int i = f(a,b) // fonction f sur a et b

Obj1 a;
Obj2 b;
int i = a.f(b); // méthode f de a appliquée a b
                // ou b.f(a) ?
```

# Exemple d'objet

```
// 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.

# Exemple d'objet

Dans la définition de la structure précédente, on **déclare** les méthodes, on ne les **définit** pas. Pour définir les méthodes, on utilise les **::**

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

// SOURCE Obj1.cpp
int Obj1::f(){
    ...
}
int Obj1::g(int y){
    ...
}
```

```
int main(){

    Obj1 a;
    // initialisation
    Obj1 b = {5};

    a.x = 2:

    cout << a.f() << endl;
    cout << b.g(a.f()) <<
    ↪  endl;

    ...
}
```

# Organisation

## Fichiers d'en-tête (`.h`)

Ils reçoivent les **déclarations des structures**.

Ex : `struct Obj1{...};` dans `obj1.h`

## Fichiers sources (`.cpp`)

On y place les **définitions des méthodes**.

Ex : `int Obj1::f(){...}` dans `obj1.cpp`

# Plan de la séance - Premiers objets

# Namespace

Les espaces de nom (**namespace**) définissent un conteneur pour les fonctions ou des objets.
Nous en avons déjà recontré deux : **std** et **Imagine**.
Pour se placer à l'intérieur du namespace on utilise **using namespace xxx;**. De l'extérieur on utilise **::**

```
// De l'intérieur du
↪  namespace
#include <iostream>
using namespace std;

#include <Imagine/Graphics.h>
using namespace Imagine;

...
cout << i << endl;
click();
...
```

```
// De l'extérieur du
↪  namespace
#include <iostream>

#include <Imagine/Graphics.h>

...
std::cout << i << std::endl;
Imagine::click();
...
```

# Et pour les objets ?

C'est le même principe : lorsqu'on est dans l'objet, on a accès à ses **champs** et à ses **méthodes**.

```
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
  ↪  namesapce
  // Obj1, on peut utiliser
  ↪  ses méthodes
  double_x();
  return x;
}
```

# Plan de la séance - Premiers objets

# Création d'un objet Matrice

```
// Matrice.h
struct Matrice{
    // Champs
    int m, n;
    double* t;

    // Méthodes
    void cree(int m_, int
    ↪  n_);
    void detruit();
    void get(int i, int j);
    void set(int i, int j,
    ↪  double x);
    void affiche();
};

Matrice operator*(Matrice
↪  A, Matrice B);
```

```
// Matrice.cpp
void Matrice::cree(int m_, int
↪  n_){
    m = m_; n = n_;
    t = new double[m_*n_];
}
void Matrice::detruit()
{ delete[] t; }
double Matrice::get(int i, int
↪  j)
{  return t[i+j*m]; }
void Matrice::set(int i,int
↪  j,double x){
    t[i+j*m] = x;
}
void Matrice::affiche(){
    for(int i=0; i<m; i++){
        for(int j=0; j<n; j++)
            cout << get(i,j) <<
            ↪  " ";
        cout << endl;
```

# Création d'un objet Matrice

```
// Matrice.h
struct Matrice{
    // Champs
    int m, n;
    double* t;

    // Méthodes
    void cree(int m_, int
    ↪  n_);
    void detruit();
    void get(int i, int j);
    void set(int i, int j,
    ↪  double x);
    void affiche();
};

Matrice operator*(Matrice
↪  A, Matrice B);
```

```
Matrice operator*(Matrice
↪  A,Matrice B){
    assert(A.n == B.m);
    Matrice C;
    C.cree(A.m, B.n);
    for(int i=0; i<A.m; i++){
        for(int j=0; j<B.n;
        ↪  j++){
          double d=0:
          for(int k=0; k<A.n;
          ↪  k++){
            d+=
            ↪  A.get(i,k)*B.get(k,j);
          }
          C.set(i,j,d);
        }
    }
    return C;
}
```

# Création d'un objet Matrice

```cpp
// Matrice.h
struct Matrice{
    // Champs
    int m, n;
    double* t;

    // Méthodes
    void cree(int m_, int
    ↪  n_);
    void detruit();
    void get(int i, int j);
    void set(int i, int j,
    ↪  double x);
    void affiche();
};

Matrice operator*(Matrice
↪  A, Matrice B);
```

```cpp
int main(){
    Matrice M1;
    M1.cree(2,3);
    for(int i=0; i<2; i++)
        for(int j=0; j<3; j++)
            M1.set(i,j,i+j);
    M1.affiche();
    Matrice M2;
    M2.cree(3,5);
    for(int i=0; i<3; i++)
        for(int j=0; j<5; j++)
            M1.set(i,j,i*j);
    M2.affiche();
    Matrice M3 = M1 * M2;
    M3.affiche();
    M1.detruit();
    M2.detruit();
    M3.detruit();
}
```

# Retour sur les opérateurs

Il est possible de mettre les opérateurs dans les objets. Par convention l'opérateur méthode d'un objet **A** de type Obj1 :

```
operatorOp(Obj2 B)
```

définit l'opération **A Op B** (dans cet ordre)

**Attention**

Pour définir **B Op A**, il faut définir l'opérateur dans l'objet de type Obj2.

# Retour sur les opérateurs

```
// Matrice.h
struct Matrice{
  ...

  // Opérateurs
  Matrice
  ↪  operator+(Matrice
  ↪  B);
  Matrice operator*(double
  ↪  l);
};

// l * A se définit
// à l'extérieur
Matrice operator*(double
↪  l, Matrice A);
```

```
Matrice Matrice::operator+(Matrice
↪  B){
  Matrice C;
  C.cree(m,n);
  for(int i=0; i<m; i++)
    for(int j=0; j<n; j++)
      C.set(i,j,get(i,j) +
      ↪  B.get(i,j));
  return C;
}
Matrice Matrice::operator*(double
↪  l){
  Matrice C;
  C.cree(m,n);
  for(int i=0; i<m; i++)
    for(int j=0; j<n; j++)
      C.set(i,j,l*get(i,j));
  return C;
}
Matrice operator*(double l,
↪  Matrice A){
```

# Interface

```
int main(){
    Matrice M1;
    M1.cree(2,3);
    for(int i=0; i<2; i++)
        for(int j=0; j<3;
        ↪  j++)
            M1.set(i,j,i+j);
    M1.affiche();
    Matrice M2;
    M2.cree(3,5);
    for(int i=0; i<3; i++)
        for(int j=0; j<5;
        ↪  j++)
            M1.set(i,j,i*j);
    M2.affiche();
    Matrice M3 = M1 * M2;
    M3.affiche();
    M1.detruit();
    M2.detruit();
    M3.detruit();
}
```

Si on regarde attentivement, le développeur n'a plus qu'à utiliser les méthodes :

```
struct Matrice{
    void cree(int m1,int
    ↪  n1);
    void detruit();
    double get(int i,int j);
    void set(int i,int
    ↪  j,double x);
    void affiche();
};
```

C'est **l'interface** de l'objet Matrice.

# Intérêts des interfaces

## Facilité d'utilisation

L'utilisateur n'a besoin de connaître que l'interface pour utiliser l'objet Matrice. Les interfaces permettent de séparer l'**utilisation** de l'objet de sa **conception**.

## Abstraction

Une fois l'interface créée, le concepteur peut modifier l'organisation interne de l'objet (par exemple, changer les champs sans modification apparente pour l'utilisateur).

# Plan de la séance - Premiers objets

# Constat

Rien n'empêche le développeur de manipuler directement les champs des objets que nous avons créé, y compris pour faire des opérations incohérentes.

```
Matrice A;
A.cree(5,7);
A.t[10] = 1000;
A.m = 50; // il va y avoir des problèmes
```

En outre, si le concepteur de l'objet `Matrice` change le champ `t` en un champ `tab`, le programme de l'utilisateur ne fonctionne plus.

**Protection**

$\longrightarrow$ Il faut empêcher l'utilisateur d'accéder à l'organisation interne de l'objet en utilisant un mécanisme de **protection**.

# Principe

## Propriétés privées

Nous allons rendre **privées** certaines propriétés (méthodes ou champs) de l'objet. Elles ne seront alors plus accessibles de l'extérieur, seulement de l'intérieur de l'objet.

## Mécanisme

- On remplace `struct` par `class`,
- On utilise les mots clés `private:` et `public:` pour définir les zones privées et publiques.
- Par défaut, toute propriété d'une classe est privée.

# Classes

```
// matrice.h
class Matrice{
  // prive par defaut
  int m,n;

public: //public a partir
↪  d'ici

  //methodes
  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: //prive a partir
↪  d'ici
    double* t;

};
```

Cela ne change rien aux définition des méthodes.

L'utilisateur n'a plus accès aux champs **m**, **n** et **t**.

Il est possible de mettre des méthodes dans les zones privées.

# Classes ou structures ?

En C++, une structure est une classe dont toutes les propriétés sont publiques.

# Accesseurs

## Définition

Les **accesseurs** sont des méthodes publiques permettant de lire ou d'écrire dans les champs privés d'un objet.

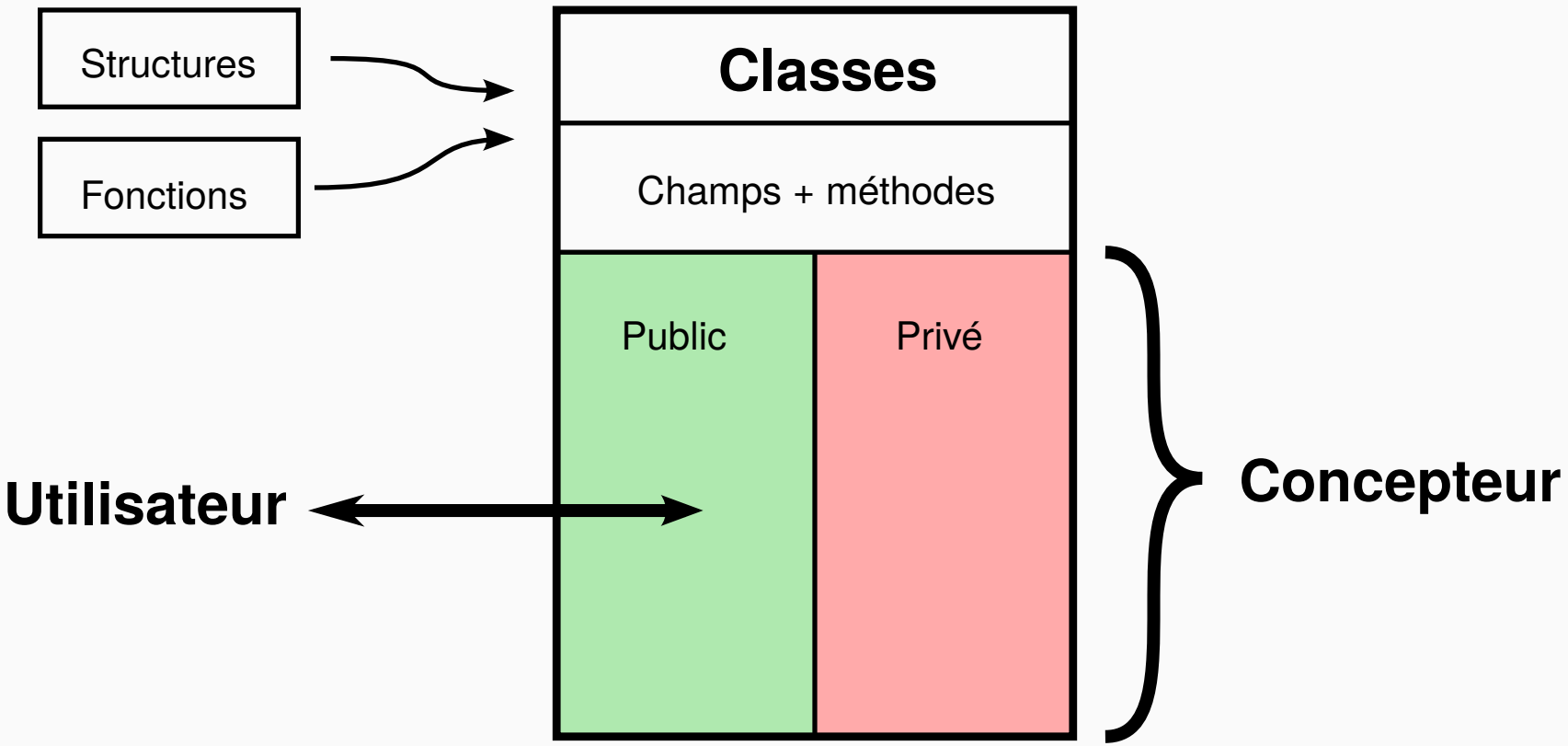
```
double get(int i, int j);
void set(int i, int j, double x);
```

Maintenant que `m` et `n` sont aussi privés il faut aussi définir des accesseurs en lecture pour ces champs (pas en écriture).

```
int get_m();
int get_n();
```

et les placer dans la partie publique de la classe `Matrice`.

# Résumé


Structures
Fonctions
Classes
Champs + méthodes
Public
Privé
Utilisateur
Concepteur

# Plan de la séance - Premiers objets

## Fractales

Dessiner des motifs fractales célèbres.

- Objets
- Fonctions récursives