

INF3105 – Tableaux dynamiques et génériques

Éric Beaudry

Université du Québec à Montréal (UQAM)

Été 2024



Sommaire

- 1 Tableau natif C++
- 2 Tableau dynamique
- 3 Généricité en C++ (*Templates*)
- 4 Tableau abstrait générique
- 5 Lab3

Tableaux natifs alloués automatiquement

- Généralement : la taille doit être fixe et calculable à la compilation.
- Contournable dans une fonction (sur la pile).
- Incontournable pour les objets : il faut absolument une taille fixe.

Dans une fonction (sur la pile)

```
int main(){  
    int tableau1[10];  
    int tableau2[10] = { 0, 1, 2, 3, 4, 5,  
                        6, 7, 8, 9};  
    int n = ...;  
    int tableau3[n]; // possible  
}
```

Dans un objet

```
class A{  
    public:  
        ...  
    private:  
        int tableau1[10]; // taille fixe  
        double tableau2[10];  
};
```

Allocation dynamique

- La taille peut être inconnue lors de la compilation.
- Allocation sur le tas (*heap*) explicite par l'opérateur `new`.
- La taille demeure fixe après l'allocation.
- Libération de la mémoire par l'opérateur `delete[]`.

Dans une fonction (sur la pile)

```
int main(){
    int* tableau1 = new int[5];
    int* tableau2 = new int[5] { 0, 1, 2, 3, 4};
    ...
    delete[] tableau1;
    delete[] tableau2;
}
```

Dans un objet

```
class A{
public:
    A(int n=5) {tableau=new int[n];}
    ~A(){delete[] tableau;}
private:
    int* tableau;
};
```

Non-vérification des indices

```
#include <iostream>
int main() {
    int tab1[5], tab2[5];
    for(int i=0;i<5;i++){
        tab1[i] = i;    tab2[i] = i + 10;
    }
    std::cout << "tab1[0..15] :";
    for(int i=0;i<16;i++)    cout << " " << tab1[i];
    std::cout << std::endl;
    for(int i=0;i<15;i++)    tab1[i] = 99 - i;

    std::cout << "tab1 :";
    for(int i=0;i<5;i++)    std::cout << " " << tab1[i];
    std::cout << std::endl;

    std::cout << "tab2 :";
    for(int i=0;i<5;i++)    std::cout << " " << tab2[i];
    std::cout << std::endl;

    return 0;
}
```

Utilisation laborieuse des tableaux natifs (1)

```
#include <iostream>

int somme(int* tab, int n){ // 2 paramètres (objets) pour le tableau
    int s=0;
    for(int i=0;i<n;i++)
        s+=tab[i];
    return s;
}

int main() {
    int n=0;
    cin >> n;
    int* tab = new int[n];
    for(int i=0;i<n;i++)
        cin >> tab[i];
    cout << somme(tab, n) << endl;
    delete[] tab;
    return 0;
}
```

Utilisation laborieuse des tableaux natifs (2)

```
#include <iostream>
int* filtrerpairs(int* tab, int n, int&
    nbpairs){
    nbpairs=0;
    for(int i=0;i<n;i++)
        if(tab[i]%2==0) nbpairs++;
    int* pairs = new int[nbpairs];
    nbpairs=0;
    for(int i=0;i<n;i++)
        if(tab[i]%2==0)
            pairs[nbpairs++]=tab[i];
    return pairs;
}
```

```
int main() {
    int n, m;
    cin >> n;
    int* tab = new int[n];
    for(int i=0;i<n;i++)
        cin >> tab[i];
    int* pairs = filtrerpairs(tab, n, m);
    for(int i=0;i<m;i++)
        cout << pairs[i] << endl;
    delete[] pairs;
    delete[] tab;
    return 0;
}
```

Limites des tableaux natifs de C++

- **Taille fixe.**
- Pour contourner la limitation de taille fixe, il faut :
 - 1 allouer un nouveau tableau ;
 - 2 copier les éléments de l'ancien vers le nouveau ;
 - 3 libérer l'ancien tableau.
- Un tableau est accessible via un pointeur.
- La **taille du tableau est dissociée du pointeur.**
- **Non-vérification des indices** lors de l'accès aux éléments.
- Conclusion : manipulation laborieuse des tableaux natifs.
- Besoin d'une structure de données abstraite de type **tableau**.

Objectifs

- 1 Manipuler des tableaux comme des objets.
- 2 Faire abstraction des pointeurs et de la gestion de mémoire.
- 3 Modifier la taille d'un tableau (taille dynamique).
- 4 Vérifier les indices lors de l'accès afin de déceler les bogues le plus tôt possible.
- 5 Créer un type abstrait de données de type `Tableau<T>`.

Utilisation conviviale et souhaitée (1)

Nous aimerions manipuler les tableaux de la même façon que des objets. Exemple :

```
int somme(const TableauInt& tab){
    int s=0;
    for(int i=0;i<tab.taille();i++)
        s+=tab[i];
    return s;
}

int main(){
    TableauInt t;
    int n, e;
    cin >> n;
    for(int i=0;i<n;i++){
        cin >> e;
        t.ajouter(e);
    }
    cout << somme(t);
    return 0;
}
```

Utilisation conviviale et souhaitée (2)

```
TableauInt filtrepairs(const TableauInt& tab){
    TableauInt pairs;
    for(int i=0;i<tab.taille();i++)
        if(tab[i]%2==0)
            pairs.ajouter(tab[i]);
    return pairs;
}

int main(){
    TableauInt t;
    int n, e;
    cin >> n;
    for(int i=0;i<n;i++){
        cin >> e;
        t.ajouter(e);
    }
    t = filtrepairs(t);
    for(int i;t.taille();i++)
        cout << t[i] << endl;
    return 0;
}
```

Solution

- Encapsulation d'un tableau natif à l'intérieur d'un objet Tableau.
- La classe `Tableau` **encapsule** :
 - un pointeur vers un tableau natif ;
 - la capacité du tableau natif ;
 - le nombre d'éléments dans le tableau abstrait (\leq capacité) ;
- Les accès au tableau passent par une interface publique.
- Accès indirect au tableau natif.

La classe Tableaulnt

tableaulnt.h

```
class Tableaulnt{  
public:  
    Tableaulnt();  
    ~Tableaulnt();  
    void ajouter(int nombre);  
    int& operator[](int index);  
private:  
    int* entiers;  
    int capacite;  
    int taille;  
};
```

tableaulnt.cpp

```
Tableaulnt::Tableaulnt(){  
    capacite = 4;  
    taille = 0;  
    entiers = new int[capacite];  
}  
Tableaulnt::~~Tableaulnt(){  
    delete[] entiers;  
}
```

Suite tableau.cpp

```
void TableauInt::ajouter(int nombre){  
    assert(taille<capacite);  
    entiers[taille++]=nombre;  
}  
  
int& TableauInt::operator[](int index){  
    assert(index>=0 && index<taille);  
    return entiers[index];  
}
```

Avec réallocation transparente / automatique

```
void TableauInt::ajouter(int nombre){  
    if(taille==capacite){  
        capacite++; // Methode naive : O(n)  
        int* nouveautab = new int[capacite];  
        for(int i=0;i<taille;i++)  
            nouveautab[i] = entiers[i];  
        delete[] entiers;  
        entiers = nouveautab;  
    }  
    entiers[taille++] = nombre;  
}
```

Avec réallocation transparente / automatique

```
void TableauInt::ajouter(int nombre){  
    if(taille==capacite){  
        capacite *= 2; // cout amorti : O(1)  
        int* nouveautab = new int[capacite];  
        for(int i=0;i<taille;i++)  
            nouveautab[i] = entiers[i];  
        delete[] entiers;  
        entiers = nouveautab;  
    }  
    entiers[taille++]=nombre;  
}
```


Nécessité de généricité

Besoin de plusieurs classes et fonctions similaires, mais légèrement différentes (types).

TableauPoints

```
class TableauPoints{  
public:  
    ...  
    void ajouter(const Point& p);  
    ...  
private:  
    Point* points;  
    int  capacite;  
    int  nbpoints;  
};
```

TableauStrings

```
class TableauStrings{  
public:  
    ...  
    void ajouter(const String& p);  
    ...  
private:  
    String* strings;  
    int  capacite;  
    int  nbstrings;  
};
```

Mécanisme de généricité dans C++

- Écriture d'un modèle générique (un *template*).
- Ce modèle a 1+ variable(s) de type (souvent notée T).
- À chaque instantiation d'un modèle :
 - «copier-coller» du modèle ;
 - «rechercher-remplacer» pour attribuer un type précis à la variable de type.

Code écrit par le programmeur

```

template <class T>
class Point{
    T x, y;
public:
    Point(T x_, T y_);
};
template <class T>
Point::Point(T x_, T y_)
: x(x_), y(y_){}

int main(){
    Point<float> p1;
    Point<double> p2;
}

```

Instanciation par le compilateur

```

class Point<float>{
    float x, y;
public:
    Point<float>(float x_, float y_);
};
Point<float>::Point<float>(float x_, float y_)
: x(x_), y(y_){}

class Point<double>{
    double x, y;
public:
    Point<double>(double x_, double y_);
};
Point<double>::Point<double>(double x_, double
    y_)
: x(x_), y(y_){}

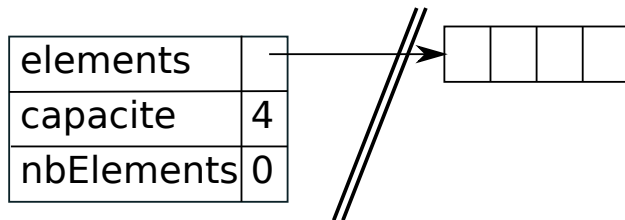
int main(){
    Point<float> p1;
    Point<double> p2;
}

```

Déclaration

```
template <class T>
class Tableau {
public:
    Tableau(int capacite_initiale=4);
    ~Tableau();
    int taille() const {return nbElements;}
    void ajouter(const T& item);
    T& operator[] (int index);
    const T& operator[] (int index) const;
private:
    T*      elements;
    int     capacite;
    int     nbElements;
    void    redimensionner(int nouvCapacite);
};
```

Représentation abstraite en mémoire



Constructeur et destructeur

```
template <class T>
Tableau<T>::Tableau(int initCapacite) {
    capacite = initCapacite;
    nbElements = 0;
    elements = new T[capacite];
}

template <class T>
Tableau<T>::~~Tableau() {
    delete[] elements;
    elements = nullptr; // optionnel
}
```

Ajout

```
template <class T> void Tableau<T>::ajouter(const T& item){
    if(nbElements >= capacite)
        redimensionner(capacite*2);
    elements[nbElements++] = item;
}

template <class T> void Tableau<T>::redimensionner(int nouvCapacite){
    capacite = nouvCapacite;
    T* temp = new T[capacite];
    for(int i=0;i<nbElements;i++)
        temp[i] = elements[i];
    delete [] elements;
    elements = temp;
}
```

operator[]

```
template <class T>
T& Tableau<T>::operator[] (int index){
    assert(index<nbElements);
    return elements[index];
}

template <class T>
const T& Tableau<T>::operator[] (int index) const{
    assert(index<nbElements);
    return elements[index];
}
```


operator []

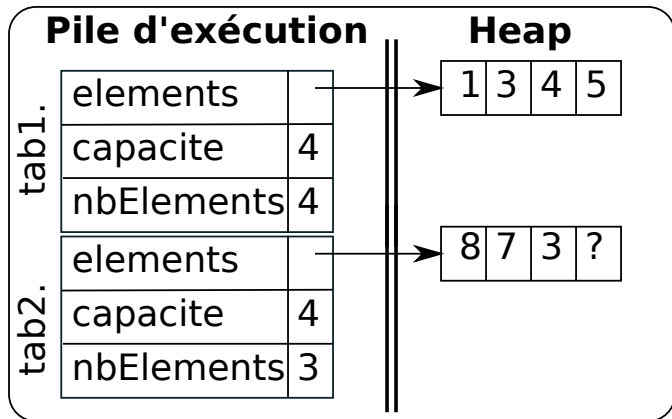
```
void affiche(const Tableau<int>& tab){  
    for(int i=0;i<tab.taille();i++)  
        cout << tab[i] << endl;  
}  
  
int main(){  
    Tableau<int> tab;  
    for(int i=0;i<10;i++)  
        tab.ajouter(i);  
    for(int i=0;i<tab.taille();i++)  
        tab[i] *= 2;  
    affiche(tab);  
    return 0;  
}
```

Affectation (operator=)

```
void fonction(){  
    Tableau<int> tab1();  
    tab1.ajouter(1); tab1.ajouter(3); tab1.ajouter(4); tab1.ajouter(5);  
    Tableau<int> tab2();  
    tab2.ajouter(8); tab2.ajouter(7); tab2.ajouter(3);  
    tab1 = tab2; // cela devrait copier tab2 vers tab1  
}
```

- Que se passe-t-il ?
- L'opérateur égal n'ayant pas été surchargé, le compilateur en génère un.
- Ce dernier ne fait qu'appeler l'opérateur = sur les variables de Tableau.

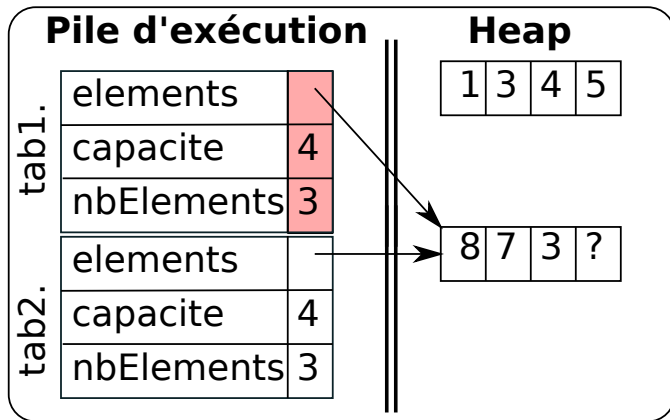
Représentation AVANT $\text{tab1} = \text{tab2}$.



Code synthétisé par le compilateur pour Tableau : :operator =

```
template <class T>
Tableau& operator Tableau<T>::operator=(const Tableau<T>& autre){
    elements = autre.elements;
    capacite = autre.capacite;
    nbElements = autre.nbElements;
    return *this;
}
```

Représentation APRÈS tab1=tab2.



Bon code pour Tableau : :operator =

```
template <class T>
Tableau<T>& Tableau<T>::operator = (const Tableau<T>& autre){
    if(this==&autre) return *this; //cas special lorsqu'on affecte un objet a lui—meme
    nbElements = autre.nbElements;
    if(capacite<autre.nbElements){
        delete[] elements;
        capacite = autre.nbElements; //ou autre.capacite
        elements = new T[capacite];
    }
    for(int i=0;i<nbElements;i++)
        elements[i] = autre.elements[i];
    return *this;
}
```

Constructeur par copie d'un tableau

```
int fonction(Tableau<int> tab){  
    // tab par valeur et non pas par  
    // reference  
    int sommedouble=0;  
    for(int i=0;i<tab.taille();i++){  
        tab[i]*=2;  
        sommedouble += tab[i];  
    }  
    return sommedouble;  
}
```

```
int main(){  
    Tableau<int> t;  
    t.ajouter(1);  
    t.ajouter(2);  
    t.ajouter(3);  
    cout << fonction(t) << endl;  
    cout << fonction(t) << endl;  
    return 0;  
}
```

- Que se passera-t-il ?

Constructeur par copie par défaut (par le compilateur)

```
template <class T>
Tableau<T>::Tableau(const Tableau<T>& autre)
: elements(autre.elements),
  capacite(autre.capacite),
  nbElements(autre.nbElements)
{
}
}
```



```
int fonction(Tableau<int> tab){ ... }
```

```
int main(){
```

```
    Tableau<int> t;
```

```
    t.ajouter(1);
```

```
    t.ajouter(2);
```

```
    t.ajouter(3);
```

```
    cout << fonction(t) << endl;
```

```
    cout << fonction(t) << endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Bon code pour le constructeur par copie

```
template <class T>
Tableau<T>::Tableau(const Tableau& autre) {
    capacite = autre.nbElements; // ou autre.capacite
    nbElements = autre.nbElements;
    elements = new T[capacite];
    for(int i=0;i<nbElements;i++)
        elements[i] = autre.elements[i];
}
```

Création d'une classe générique `Tableau<T>` en C++

- Lectures préalables : Sections 2 et 4 des notes de cours.
- Tâches :
 - 1 Prendre connaissance des fichiers source dans lab3.zip.
 - 2 Compléter la classe générique `Tableau` tel que présentée dans les notes de cours.
 - 3 Tester avec `test_tab.cpp`.
 - 4 Résoudre un problème simple (nuage de points) en appliquant un tableau.
- <http://ericbeaudry.uqam.ca/INF3105/lab3/>