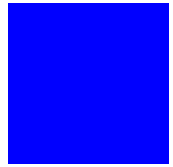
Tableaux (introduction)

Comment vous sentez-vous en ce début de cours ?

	Curieux
	Scrogneugneu
	Stressé
	Fatigué

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`
- Instruction conditionnelle : `if`
- Instructions itératives : `while`, `do ... while`, `for`

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`
- Instruction conditionnelle : `if`
- Instructions itératives : `while`, `do ... while`, `for`
- Fonctions, procédures

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`
- Instruction conditionnelle : `if`
- Instructions itératives : `while`, `do ... while`, `for`
- Fonctions, procédures

Pourquoi aller plus loin ?

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`
- Instruction conditionnelle : `if`
- Instructions itératives : `while`, `do ... while`, `for`
- Fonctions, procédures

Pourquoi aller plus loin ?

Passage à l'échelle !

Résumé des épisodes précédents

Pour le moment nous avons vu :

- Expressions : `3 * (4+5)` `1 < x and x < 5 or y == 3`
- Variables, types, affectation : `variable = expression`
- Instruction conditionnelle : `if`
- Instructions itératives : `while`, `do ... while`, `for`
- Fonctions, procédures

Pourquoi aller plus loin ?

Passage à l'échelle !

Manipulation de collections de données

A. 1. Motivation

Exemple (Fil conducteur)

Implantation d'un mini annuaire

annuaire.ipynb

```
In [1]: #include <iostream>
        #include <vector>
        using namespace std;

In [2]: void afficheAnnuaire(vector<string> noms, vector<string> telephones)
            for ( int i = 0; i < noms.size(); i++ )
                cout << noms[i] << ": " << telephones[i]  << endl;
        }

In [3]: vector<string> noms =
            { "Jean-Claude", "Alban", "Tibo", "Célestin" };
        vector<string> telephones =
            { "0645235432", "0734534534", "+1150343234", "0634534534"};

In [4]: afficheAnnuaire(noms, telephones)

Jean-Claude: 0645235432
Alban: 0734534534
Tibo: +1150343234
Célestin: 0634534534
```

A. 2. Les tableaux

À retenir

- *Un tableau est une valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type*
- *Une valeur (ou élément) d'un tableau t est désignée par son indice i dans le tableau ; on la note $t[i]$.*
- *En C++ : cet indice est un entier* **entre** 0 **et** $\ell - 1$,
  où ℓ est le nombre d'éléments du tableau

A. 2. Les tableaux

À retenir

- *Un tableau est une valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type*
- *Une valeur (ou élément) d'un tableau t est désignée par son indice i dans le tableau ; on la note $t[i]$.*
- *En C++ : cet indice est un entier* **entre** 0 **et** $\ell - 1$,
  où ℓ est le nombre d'éléments du tableau

Exemple

- Voici un tableaux de six entiers :

1	4	1	5	9	2

A. 2. Les tableaux

À retenir

- *Un tableau est une valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type*
- *Une valeur (ou élément) d'un tableau t est désignée par son indice i dans le tableau ; on la note $t[i]$.*
- *En C++ : cet indice est un entier* **entre** 0 **et** $\ell - 1$,
  où ℓ est le nombre d'éléments du tableau

Exemple

- Voici un tableaux de six entiers :

1	4	1	5	9	2

- Avec cet exemple, t[0] vaut 1, t[1] vaut 4, t[2] vaut 1, ...
- Noter que l'ordre et les répétitions sont importantes !

Les tableaux en C++

Exemple

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
t = vector<int>(6);
t[0] = 1;
t[1] = 4;
t[2] = 1;
t[3] = 5;
t[4] = 9;
t[5] = 2;

resultat = t[1] + 2 * t[3];
```

Les tableaux en C++

Exemple

tableaux.cpp

```
    vector<int> t;
    t = vector<int>(6);
    t[0] = 1;
    t[1] = 4;
    t[2] = 1;
    t[3] = 5;
    t[4] = 9;
    t[5] = 2;

    resultat = t[1] + 2 * t[3];
```

Avec au préalable :

tableaux.cpp

```
#include <vector>
using namespace std;
```

A. 3. Construction des tableaux

Déclaration d'un tableau d'entiers

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
```

A. 3. Construction des tableaux

Déclaration d'un tableau d'entiers

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
```

- Pour un tableau de nombres réels : `vector<double>`, etc.

A. 3. Construction des tableaux

Déclaration d'un tableau d'entiers

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
```

- Pour un tableau de nombres réels : `vector<double>`, etc.
- ♣ `vector` est un *template*

A. 3. Construction des tableaux

Déclaration d'un tableau d'entiers

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
```

- Pour un tableau de nombres réels : `vector<double>`, etc.
- ♣ `vector` est un *template*

Allocation d'un tableau de six entiers

tableaux.cpp

```
t = vector<int>(6);
```

A. 3. Construction des tableaux

Déclaration d'un tableau d'entiers

tableaux.cpp

```
vector<int> t;
```

- Pour un tableau de nombres réels : `vector<double>`, etc.
- ♣ `vector` est un *template*

Allocation d'un tableau de six entiers

tableaux.cpp

```
t = vector<int>(6);
```

Initialisation du tableau

tableaux.cpp

```
t[0] = 1;
t[1] = 4;
t[2] = 1;
```

Les trois étapes de la construction d'un tableau

À retenir

- *Une variable de type tableau se construit en* **trois étapes** *:*

Les trois étapes de la construction d'un tableau

À retenir

- *Une variable de type tableau se construit en* **trois étapes** *:*
  1. *Déclaration*
  2. *Allocation*
     Sans elle : **faute de segmentation** *(au mieux !)*
  3. *Initialisation*
     Sans elle : même problème qu'avec les variables usuelles

Les trois étapes de la construction d'un tableau

À retenir

- *Une variable de type tableau se construit en* **trois étapes** *:*
  1. *Déclaration*
  2. *Allocation*
     Sans elle : **faute de segmentation** *(au mieux !)*
  3. *Initialisation*
     Sans elle : même problème qu'avec les variables usuelles

Raccourci

Déclaration, allocation et initialisation en un coup :

```
vector<int> t = { 1, 4, 1, 5, 9, 2 };
```

Les trois étapes de la construction d'un tableau

À retenir

- *Une variable de type tableau se construit en* **trois étapes** *:*
  1. *Déclaration*
  2. *Allocation*
     Sans elle : **faute de segmentation** *(au mieux !)*
  3. *Initialisation*
     Sans elle : même problème qu'avec les variables usuelles

Raccourci

Déclaration, allocation et initialisation en un coup :

```
vector<int> t = { 1, 4, 1, 5, 9, 2 };
```

Introduit par la norme C++ de 2011

A. 4. Utilisation des tableaux

Syntaxe et sémantique

`t[i]` s'utilise comme une variable usuelle :

```
// Exemple d'accès en lecture
x = t[2] + 3 * t[5];
y = sin( t[3]*3.14 );

// Exemple d'accès en écriture
t[4] = 2 + 3*x;
```

A. 4. Utilisation des tableaux

Syntaxe et sémantique

`t[i]` s'utilise comme une variable usuelle :

```
// Exemple d'accès en lecture
x = t[2] + 3 * t[5];
y = sin( t[3]*3.14 );

// Exemple d'accès en écriture
t[4] = 2 + 3*x;
```

Attention !

- En C++ **les indices ne sont pas vérifiés** !
- Le comportement de `t[i]` n'est pas spécifié en cas de débordement
- Source no 1 des trous de sécurité ! ! !

A. 4. Utilisation des tableaux

Syntaxe et sémantique

`t[i]` s'utilise comme une variable usuelle :

```
// Exemple d'accès en lecture
x = t[2] + 3 * t[5];
y = sin( t[3]*3.14 );

// Exemple d'accès en écriture
t[4] = 2 + 3*x;
```

Attention !

- En C++ **les indices ne sont pas vérifiés** !
- Le comportement de `t[i]` n'est pas spécifié en cas de débordement
- Source no 1 des trous de sécurité ! ! !
- Accès avec vérifications : `t.at(i)` au lieu de `t[i]`

Quelques autres opérations sur les tableaux

```
t.size();       // Taille du tableau
t.push_back(3); // Ajout d'un élément à la fin
```

Quelques autres opérations sur les tableaux

```
t.size();       // Taille du tableau
t.push_back(3); // Ajout d'un élément à la fin
```

Fonctions et tableaux

tableau-fonction.ipynb

```
In [1]: #include <vector>
        using namespace std;

In [2]: int somme(vector<int> v) {
            int s = 0;
            for ( int i = 0; i < v.size(); i++) {
                s = s + v[i];
            }
            return s;
        }

In [3]: vector<int> v = { 1, 2, 3 };

In [4]: somme(v)

Out[4]: 6
        type: int
```

Quelques autres opérations sur les tableaux

```
t.size();       // Taille du tableau
t.push_back(3); // Ajout d'un élément à la fin
```

Fonctions et tableaux

tableau-fonction.ipynb

```
In [1]: #include <vector>
        using namespace std;

In [2]: int somme(vector<int> v) {
            int s = 0;
            for ( int i = 0; i < v.size(); i++) {
                s = s + v[i];
            }
            return s;
        }

In [3]: vector<int> v = { 1, 2, 3 };

In [4]: somme(v)

Out[4]: 6
        type: int
```

- Un tableau est une valeur comme les autres
- Il peut être passé en paramètre à ou renvoyé par une fonction

B. Retour sur les fonctions

- Programmes compilés et fonction `main`
- Variables locales, variables globales
- Fonctions récursives

Programmes compilés : un exemple

Jusqu'ici nous avons exécuté notre code `C++` dans `Jupyter`.

Programmes compilés : un exemple

Jusqu'ici nous avons exécuté notre code C++ dans Jupyter.

On peut aussi écrire des programmes indépendants :

max.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;

float max(float a, float b) {
    if ( a >= b ) {
        return a;
    } else {
        return b;
    }
}

int main() {
    cout << max(1.5, 3.0) << endl;
    cout << max(5.2, 2.0) << endl;
    cout << max(2.3, 2.3) << endl;
    return 0;
}
```

Programmes compilés : la fonction `main`

Exemple

bonjour.cpp

```
int main() {
    cout << "Bonjour !" << endl;
    return 0;
}
```

Programmes compilés : la fonction `main`

Exemple

bonjour.cpp

```
int main() {
    cout << "Bonjour !" << endl;
    return 0;
}
```

À retenir

- *Un programme compilé peut être composé de plusieurs fonctions*

Programmes compilés : la fonction `main`

Exemple

bonjour.cpp

```
int main() {
    cout << "Bonjour !" << endl;
    return 0;
}
```

À retenir

- *Un programme compilé peut être composé de plusieurs fonctions*
- *Une des fonctions doit s'appeler `main` (fonction principale)*
- *Au lancement du programme, la fonction `main` est exécutée*

Programmes compilés : la fonction `main`

Exemple

bonjour.cpp

```
int main() {
    cout << "Bonjour !" << endl;
    return 0;
}
```

À retenir

- *Un programme compilé peut être composé de plusieurs fonctions*
- *Une des fonctions doit s'appeler `main` (fonction principale)*
- *Au lancement du programme, la fonction `main` est exécutée*
- *Cette fonction doit renvoyer une valeur entière*
- *Convention :*
  - *0 si l'exécution du programme s'est déroulée normalement*
  - *Un entier différent de 0 en cas d'erreur*
    Cet entier indique quel genre d'erreur s'est produite

La fonction `main` : paramètres ♣

bonjour-nom.cpp

```
int main(int argv, char ** args) {
    string nom1 = args[1];
    string nom2 = args[2];

    cout << "Bonjour " << nom1 << " !" << endl;
    cout << "Bonjour " << nom2 << " !" << endl;
    return 0;
}
```

La fonction `main` : paramètres ♣

bonjour-nom.cpp

```
int main(int argv, char ** args) {
    string nom1 = args[1];
    string nom2 = args[2];

    cout << "Bonjour " << nom1 << " !" << endl;
    cout << "Bonjour " << nom2 << " !" << endl;
    return 0;
}
```

À l'exécution :

```
> bonjour-nom Jean Paul
Bonjour Jean !
Bonjour Paul !
```

La fonction `main` : paramètres ♣

bonjour-nom.cpp

```
int main(int argv, char ** args) {
    string nom1 = args[1];
    string nom2 = args[2];

    cout << "Bonjour " << nom1 << " !" << endl;
    cout << "Bonjour " << nom2 << " !" << endl;
    return 0;
}
```

À l'exécution :

```
> bonjour-nom Jean Paul
Bonjour Jean !
Bonjour Paul !
```

Note

Le « `char **` » est un résidu des chaînes de caractères en C

Vous verrez au second semestre ce que font les trois premières lignes

Portée des variables : un exemple

Exécutons pas à pas le programme suivant :

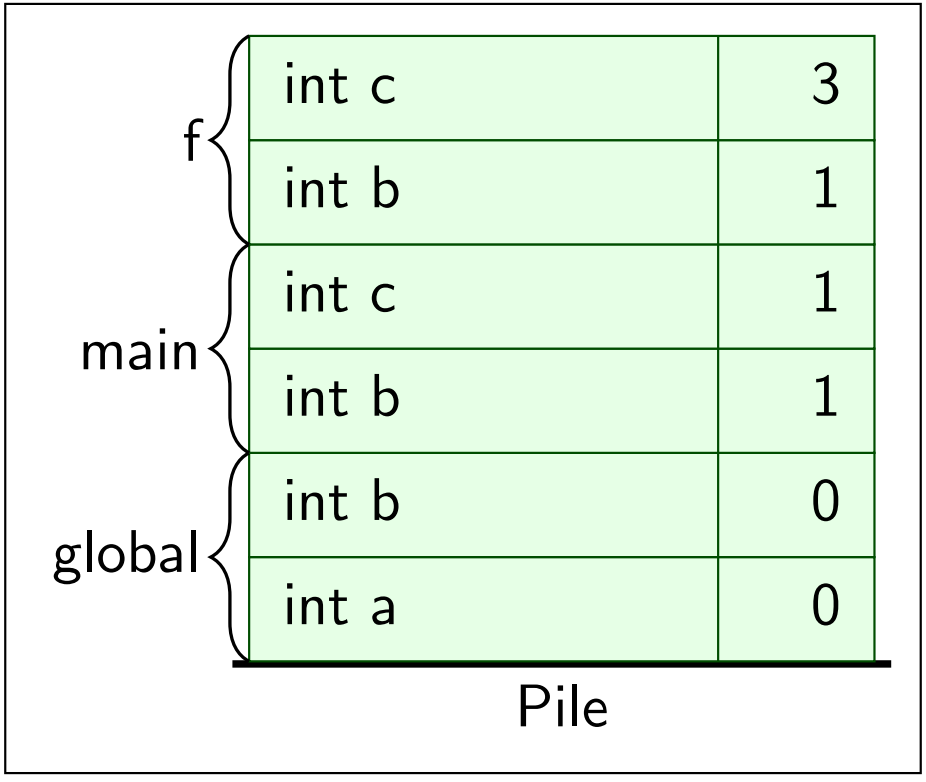
variables-locales-globales.cpp

```
int a = 0, b = 0;      // variables globales

int f(int b) {         // paramètre formel (donc local à f)
    int c = 3;         // variable locale à f
    return a + b + c;
}

int main() {
    int b = 1, c = 1; // variables locales à main
    a + b + c;         // b et c: locales à main, a: globale
    {
        long a = 2, c = 2;
        a + b + c;     // a et c: locales au bloc, b: locale à main
    }
    a + b + c;         // b et c: locales à main, a: globale
    cout << f(b) << endl;
}
```

Portée des variables : un exemple (2)



Portée des variables

Contexte lexical

- Une variable est visible depuis sa déclaration jusqu'à la fin du bloc où elle est déclarée

Portée des variables

Contexte lexical

- Une variable est visible depuis sa déclaration jusqu'à la fin du bloc où elle est déclarée
- Elle peut masquer des variables issues des contextes englobants

Portée des variables

Contexte lexical

- Une variable est visible depuis sa déclaration jusqu'à la fin du bloc où elle est déclarée
- Elle peut masquer des variables issues des contextes englobants
- *Variable locale* : définie dans le bloc d'une fonction
- *Paramètre formel* : définie dans l'entête d'une fonction
  se comporte comme une variable locale
- *Variable globale* : définie ailleurs (entête du programme)

Portée des variables

Contexte lexical

- Une variable est visible depuis sa déclaration jusqu'à la fin du bloc où elle est déclarée
- Elle peut masquer des variables issues des contextes englobants
- *Variable locale* : définie dans le bloc d'une fonction
- *Paramètre formel* : définie dans l'entête d'une fonction
  se comporte comme une variable locale
- *Variable globale* : définie ailleurs (entête du programme)

À retenir

- *Une variable locale à une fonction n'existe que le temps d'exécution de la fonction*
- *La valeur de cette variable d'un appel à la fonction est perdue lors du retour au programme appelant et ne peut être récupérée lors d'un appel ultérieur*

Variables globales

- Accessible à l'intérieur de toutes les fonctions

Variables globales

- Accessible à l'intérieur de toutes les fonctions

Attention !

- On peut modifier la valeur d'une variable globale
  Ceci est déconseillé (*effet de bord*)
- Une variable locale masque une variable globale du même nom
  Ceci est déconseillé (ambiguïté à la lecture rapide)
- On évitera ces pratiques dans le cadre de ce cours

Fonctions récursives ♣

Exercice

On considère la fonction :

fonction-factorielle-recursive.cpp

```
int factorielle(int n) {
    if ( n == 0 ) {
        return 1;
    } else {
        return n * factorielle(n-1);
    }
}
```

Exécuter pas-à-pas l'exécution de `factorielle(3)`

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type
- Construction en trois étapes :
  - **Déclaration** : `vector<int> t;`
  - **Allocation** : `t = vector<int>(3);`
  - **Initialisation** : `t[0] = 3;t[1] = 0;...`

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type
- Construction en trois étapes :
  - **Déclaration** : `vector<int> t;`
  - **Allocation** : `t = vector<int>(3);`
  - **Initialisation** : `t[0] = 3;t[1] = 0;...`
- Utilisation : `t[i] = t[i]+1`, `t.size()`, `t.push_back(3)`

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type
- Construction en trois étapes :
  - **Déclaration** : `vector<int> t;`
  - **Allocation** : `t = vector<int>(3);`
  - **Initialisation** : `t[0] = 3;t[1] = 0;...`
- Utilisation : `t[i] = t[i]+1`, `t.size()`, `t.push_back(3)`

Retour sur les fonctions

- Programmes indépendants, fonction main
  On va les apprivoiser progressivement ...

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type
- Construction en trois étapes :
  - **Déclaration** : `vector<int> t;`
  - **Allocation** : `t = vector<int>(3);`
  - **Initialisation** : `t[0] = 3;t[1] = 0;...`
- Utilisation : `t[i] = t[i]+1`, `t.size()`, `t.push_back(3)`

Retour sur les fonctions

- Programmes indépendants, fonction main
  On va les apprivoiser progressivement ...
- Variables locales et globales

C. Résumé

Tableaux

- Motivation : manipulation de collections de données
  Exemple : un annuaire
- **Tableau** : valeur composite formée de plusieurs valeurs du même type
- Construction en trois étapes :
  - **Déclaration** : `vector<int> t;`
  - **Allocation** : `t = vector<int>(3);`
  - **Initialisation** : `t[0] = 3;t[1] = 0;...`
- Utilisation : `t[i] = t[i]+1`, `t.size()`, `t.push_back(3)`

Retour sur les fonctions

- Programmes indépendants, fonction main
  On va les apprivoiser progressivement ...
- Variables locales et globales
- Fonctions récursives