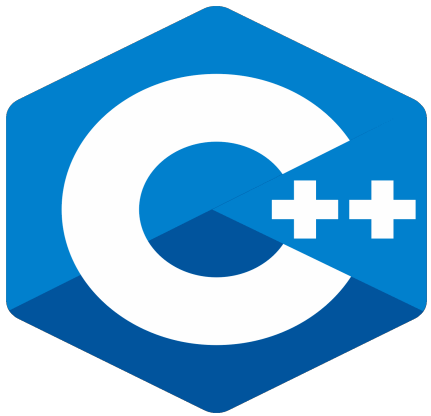
C++ : fonctions

Achref El Mouelhi

Docteur de l'université d'Aix-Marseille
Chercheur en programmation par contrainte (IA)
Ingénieur en génie logiciel

elmouelhi.achref@gmail.com



Plan

1. Introduction
2. Passage par valeur
3. Passage par référence
4. Passage par référence constante
5. Passage par adresse (pointeur)
6. Passage par pointeur constant
7. Fonction récursive
8. Variable locale statique

C++

Une fonction ?

- Un bloc d'instructions exécuté lorsqu'il est appelé
- Pouvant recevoir 0, 1 ou plusieurs paramètres
- Pouvant retourner une valeur (résultat d'un certain calcul)

C++

Une fonction ?

- Un bloc d'instructions exécuté lorsqu'il est appelé
- Pouvant recevoir 0, 1 ou plusieurs paramètres
- Pouvant retourner une valeur (résultat d'un certain calcul)

Syntaxe (de déclaration d'une fonction)

```
valeurDeRetour nomFonction ([les paramètres])
{
    bloc d'instructions = définition
}
```

C++

Déclaration d'une fonction qui retourne une valeur entière

```
int somme(int a, int b)
{
    return a + b;
}
```

C++

Déclaration d'une fonction qui retourne une valeur entière

```
int somme(int a, int b)
{
    return a + b;
}
```


Remarque

- **C++** est un langage séquentiel (fonctionnant de haut vers le bas)
- La fonction doit être déclarée avant qu'elle soit appelée

C++

Comment appeler une fonction ?

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    int resultat = somme (x, y);
    cout << "Le résultat est " << resultat << endl;
    return 0;
}
```

C++

Comment appeler une fonction ?

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    int resultat = somme (x, y);
    cout << "Le résultat est " << resultat << endl;
    return 0;
}
```


Remarque

Si la fonction ne retourne rien, la valeur de retour à préciser sera `void`.

C++

Sans tester, qu'affiche le programme suivant ?

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char c)
{
    cout << "char : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(2);
    display('a');
    return 0;
}
```

C++

Sans tester, qu'affiche le programme suivant ?

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char c)
{
    cout << "char : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(2);
    display('a');
    return 0;
}
```

Résultat

int : 2
char : a

C++

Pourquoi le code suivant ne peut être compilé ?

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char* c)
{
    cout << "char* : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(NULL);
    return 0;
}
```

C++

Pourquoi le code suivant ne peut être compilé ?

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char* c)
{
    cout << "char* : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(NULL);
    return 0;
}
```

Réponse

Parce que les deux surcharges acceptent la valeur `NULL`.

C++

Pour éviter l'ambiguité, on a introduit `nullptr` dans C++ 11

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char* c)
{
    cout << "char* : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(nullptr);
    return 0;
}
```

C++

Pour éviter l'ambiguité, on a introduit `nullptr` dans C++ 11

```
#include <iostream>

using namespace std;

void display(char* c)
{
    cout << "char* : " << c << endl;
}
void display(int x)
{
    cout << "int : " << x << endl;
}
int main()
{
    display(nullptr);
    return 0;
}
```

Réponse

char* :

C++

Deux autres solutions pour l'emplacement de fonctions

- Déclarer le **prototype** de la fonction avant le `main` et la définir après.
- Déclarer la fonction dans un autre fichier et l'inclure dans le fichier contenant l'appel de la fonction (**à voir dans le prochain chapitre**).

C++

La deuxième solution

```
#include <iostream>

using namespace std;

int somme (int a, int b);

int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    int resultat = somme (x, y);
    cout << "Le résultat est " << resultat << endl;
    return 0;
}

int somme (int a, int b)
{
  return a + b;
}
```

C++ permet la surcharge (fonctions avec même nom et signatures différentes)

```
int somme (int a, int b);
int somme (int a, int b, int c);

int main()
{
    int x = 2, y = 3, z = 7;
    int resultat1 = somme (x, y);
    cout << "Le résultat est " << resultat1 << endl;

    int resultat2 = somme (x, y, z);
    cout << "Le résultat est " << resultat2 << endl;
    return 0;
}

int somme(int a, int b)
{
    return a + b;
}

int somme(int a, int b, int c)
{
    return a + b + c;
}
```

C++

Il est possible de définir des valeurs par défaut pour les paramètres

```
int produit (int a = 0, int b = 1)
{
  return a * b;
}
```

C++

Il est possible de définir des valeurs par défaut pour les paramètres

```
int produit (int a = 0, int b = 1)
{
  return a * b;
}
```

Exemple d'appel

```
cout << "produit sans paramètres " << produit() << endl;
// affiche produit sans paramètres 0

cout << "produit avec un paramètre " << produit(5) << endl;
// affiche produit avec un paramètre 5
```

C++

La fonction principale `main`

- Elle a une valeur de retour de type `int`
- Le programme fonctionne même si on ne retourne pas explicitement une valeur
- Le compilateur fait comme si la fonction se termine par une instruction return implicite `return 0`

C++

Exercice 1

- Écrire une fonction `repeter` qui
  - prend un premier paramètre `str` de type `string`
  - prend un deuxième paramètre `n` de type `int`
  - retourne une chaîne de caractère contenant `n` fois la concaténation de `str`
- La fonction doit fonctionner quel que soit le nombre de paramètres reçus (0, 1 ou 2).

Résultat attendu

```
int main()
{
    cout << repeter() << endl;
    // n'affiche rien
    cout << repeter("bonjour") << endl;
    // affiche bonjour
    cout << repeter("bonjour", 3) << endl;
    // affiche bonjourbonjourbonjour
    return 0;
}
```

C++

Exercice 2

Écrire une fonction `evenFromArray` qui

- prend un premier paramètre obligatoire `vecteur` de type `vector<int>`
- prend un deuxième paramètre `opt` de type `bool` avec une valeur par défaut `true`
- retourne les valeurs paires de `vecteur` si `opt == true`, les valeurs impaires sinon.

Résultat attendu

```
int main()
{
    vector<int> vec{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
    auto pairs = evenFromArray(vec, true);
    for (int elt : pairs)
    {
        cout << elt << " ";
    }
    // affiche 2 4 6 8 10

    auto impairs = evenFromArray(vec, false);
    for (int elt : impairs)
    {
        cout << elt << " ";
    }
    // affiche 1 3 5 7 9

    return 0;
}
```

C++

Correction

```
vector<int> evenFromArray(vector<int> vecteur, bool opt = true)
{
    vector<int> result;
    for (int i = 0; i < vecteur.size(); i++)
    {
        if (vecteur[i] % 2 == opt)
        {
            result.push_back(vecteur[i]);
        }
    }
    return result;
}
```

C++

On peut utiliser `auto` pour laisser le compilateur déterminer le type de retour

```
auto somme_positif(int a, int b)
{
    if (a > 0 && b > 0)
    {
        return a + b;
    }
    return 0;
}
```

C++

On peut utiliser `auto` pour laisser le compilateur déterminer le type de retour

```
auto somme_positif(int a, int b)
{
    if (a > 0 && b > 0)
    {
        return a + b;
    }
    return 0;
}
```


Exemple d'appel

```
int main()
{
    cout << somme_positif(2, 3) << endl;
    // affiche 5
    return 0;
}
```

C++

Si les types retournés ne sont pas identiques, alors on aura une erreur de compilation malgré la présence de `auto`

```
auto somme_positif(int a, int b)
{
    if (a > 0 && b > 0)
    {
        return a + b;
    }
    return 0;
}
```

C++

Qu'affiche le programme suivant ?

```
auto somme_incrementee(int a, int b)
{
    a++;
    b++;
    return a + b;
}

int main()
{
    cout << somme_incrementee(2, 3) << endl;
    return 0;
}
```

C++

Qu'affiche le programme suivant ?

```
auto somme_incrementee(int a, int b)
{
    a++;
    b++;
    return a + b;
}

int main()
{
    cout << somme_incrementee(2, 3) << endl;
    return 0;
}
```

Résultat

```
6
```

C++

Pour interdire la modification des paramètres dans la fonction, on peut les déclarer constants

```
auto somme_incrementee(int const a, int const b)
{
    a++;
    b++;
    return a + b;
}
```


a et b seront soulignés en rouge.

C++

Pour déterminer dynamiquement le nom d'une fonction

```
auto somme_incrementee(int const a, int const b)
{
    cout << __func__ << endl;
    // affiche somme_incrementee
    return a + b;
}

int main()
{
    cout << somme_incrementee(2, 3) << endl;
    // affiche 5
    return 0;
}
```

C++

Exercice

Écrire une fonction qui permet de permuter le contenu de deux variables (de type entier par exemple) passées en paramètre

C++

Voici à quoi on peut penser la première fois

```
void permuter(int a, int b)
{
    int aux = a;
    a = b;
    b =  aux;
}
```

C++

En testant ce code, c'est la surprise

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    permuter(x, y);
    cout << x <<  " " << y << endl;
    // affiche 2 3
    return 0;
}
```

C++

En testant ce code, c'est la surprise

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    permuter(x, y);
    cout << x <<  " " << y << endl;
    // affiche 2 3
    return 0;
}
```

Et pourtant, si on vérifie dans la fonction, les valeurs ont bien été permutées

```
void permuter(int a, int b)
{
    int aux = a;
    a = b;
    b =  aux;
    cout << a <<  " " << b << endl;
    // affiche 3 2
}
```

C++

Passage par valeur

- Les fonctions, par définition, reçoivent une copie du contenu de la variable
- Elles ne manipulent pas la case de mémoire de la variable envoyée
- Ceci s'appelle **passage par valeur**

C++

Passage par valeur

- Les fonctions, par définition, reçoivent une copie du contenu de la variable
- Elles ne manipulent pas la case de mémoire de la variable envoyée
- Ceci s'appelle **passage par valeur**

Quelles solutions ?

- Passage par référence
- Passage par adresse (pointeur)

C++

Pour passer les références de nos paramètres, on utilise &

```
void permuter(int &a, int &b)
{
    int aux = a;
    a = b;
    b = aux;
}
```

C++

Pour passer les références de nos paramètres, on utilise `&`

```
void permuter(int &a, int &b)
{
    int aux = a;
    a = b;
    b = aux;
}
```

Pour tester, le contenu de la fonction principale (`main`) ne change pas

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    permuter(x, y);
    cout << x << " " << y << endl;
    // affiche 3 2
    return 0;
}
```

Exercice

Écrire une fonction `minMax` qui

- prend un premier paramètre obligatoire `tab` de type tableau statique de 5 `int`
- prend un deuxième paramètre obligatoire `min` de type `int`
- prend un troisième paramètre obligatoire `max` de type `int`
- affecte à `min` (et respectivement max) la plus petite valeur du tableau (resp. la plus grande valeur du tableau) sans retourner de valeur.

Résultat attendu

```
int main()
{
    int t[]{2, 3, 8, 5, 1};
    int min, max;
    minMax(t, min, max);
    cout << min << " : " << max << endl;
    // affiche 1 : 8
    return 0;
}
```

C++

Solution

```
void minMax(int tab[5], int &min, int &max)
{
    min = tab[0];
    max = tab[0];
    for (int i = 1; i < 5; i++)
    {
        if (tab[i] > max)
        {
            max = tab[i];
        }
        if (tab[i] < min)
        {
            min = tab[i];
        }
    }
}
```

C++

Compromis entre passage par valeur et par référence

- Le passage par valeur duplique le contenu de la variable
- Et si le contenu est trop long ? et qu'on ne veut pas modifier le contenu originel du paramètre
- Une solution consiste à passer le paramètre par référence (pour ne pas dupliquer le contenu) et le déclarer comme constante (pour conserver son contenu)

C++

Redéfinition de la fonction `somme` en utilisant les références constantes

```
int somme(int const& a, int const& b)
{
    return a + b;
}
```

C++

Redéfinition de la fonction `somme` en utilisant les références constantes

```
int somme(int const& a, int const& b)
{
    return a + b;
}
```

Le contenu de la fonction principale

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    int resultat = somme (x, y);
    cout << "Le résultat est " << resultat << endl;
    return 0;
}
```

C++

Pour avoir les adresses de nos paramètres, on utilise $\star$ (le pointeur)

```
void permuter(int *a, int *b)
{
    int aux = *a;
    *a = *b;
    *b = aux;
}
```

C++

Pour avoir les adresses de nos paramètres, on utilise $\star$ (le pointeur)

```
void permuter(int *a, int *b)
{
    int aux = *a;
    *a = *b;
    *b = aux;
}
```

Pour utiliser les pointeurs, on doit envoyer des références

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    permuter(&x, &y);
    cout << x << " " << y << endl;
    // affiche 3 2
    return 0;
}
```

C++

Exercice (à refaire avec le passage par adresse)

Écrire une fonction `minMax` qui

- prend un premier paramètre obligatoire `tab` de type tableau statique de 5 `int`
- prend un deuxième paramètre obligatoire `min` de type `int`
- prend un troisième paramètre obligatoire `max` de type `int`
- affecte à `min` (et respectivement max) la plus petite valeur du tableau (resp. la plus grande valeur du tableau) sans retourner de valeur.

C++

Solution

```
void minMax(int tab[5], int *min, int *max)
{
    *min = tab[0];
    *max = tab[0];
    for (int i = 1; i < 5; i++)
    {
        if (tab[i] > *max)
        {
            *max = tab[i];
        }
        if (tab[i] < *min)
        {
            *min = tab[i];
        }
    }
}

int main()
{
    int t[]{2, 3, 8, 5, 1};
    int min, max;

    minMax(t, &min, &max);
    cout << min << " : " << max << endl;
    // affiche 1 : 8
    return 0;
}
```

C++

Remarques

- En **C++**, les tableaux sont passés par adresse (pointeur).
- Ce n'est pas le cas pour les vecteurs et les autres conteneurs **STL**.

C++

Exercice

Écrire une fonction `permuterArray` qui

- prend un premier paramètre obligatoire `tab` de type tableau statique de `int`
- prend un deuxième paramètre obligatoire `i` de type `int`
- prend un troisième paramètre obligatoire `j` de type `int`
- permute le contenu des éléments d'indice `i` et `j` sans rien retourner.

C++

Correction

```
void permuterArray(int tab[], int i, int j)
{
    int tmp = tab[i];
    tab[i] = tab[j];
    tab[j] = tmp;
}

int main()
{
    int t[]{2, 3, 8, 5, 1};
    permuterArray(t, 1, 3);
    for (int elt : t)
    {
        cout << elt << " ";
    }
    // affiche 2 5 8 3 1
    return 0;
}
```

C++

Compromis entre passage par valeur et par pointeur

- Le passage par valeur duplique le contenu de la variable
- Et si le contenu est trop long ? et qu'on ne veut pas modifier le contenu originel du paramètre
- Une solution consiste à passer le paramètre par adresse (pour ne pas dupliquer le contenu) et le déclarer comme constant (pour conserver son contenu)

C++

Redéfinition de la fonction `somme` en utilisant les pointeurs constants

```
int somme (int const *a, int const *b)
{
  return *a + *b;
}
```

C++

Redéfinition de la fonction `somme` en utilisant les pointeurs constants

```
int somme (int const *a, int const *b)
{
  return *a + *b;
}
```

Le contenu de la fonction principale

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    int resultat = somme (&x, &y);
    cout << "Le résultat est " << resultat << endl;
    return 0;
}
```

C++

Exercice

Écrire une fonction qui retourne la factorielle d'un entier positif passé en paramètre.

C++

Une version itérative

```
int factorielle (int n) {
    int result = 1;
    for (int i = 2; i <= n; i++)
    {
        result = result * i;
    }
    return result;
}
```

C++

Fonction récursive

- Une fonction récursive est une fonction qui s'appelle elle-même.
- Chaque appel est indépendant des autres, avec ses propres variables.

C++

Version récursive

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

C++

Exercice

Écrire une fonction récursive

- acceptant comme paramètre un entier positif `n`
- retournant le `nième` terme de la suite de **Fibonacci**

Suite de **Fibonacci**

- $U_0 = 0$
- $U_1 = 1$
- $U_n = U_{n-1} + U_{n-2}$

C++

Étant donnée la fonction suivante

```
void incrementI()
{
    int i = 0;
    i++;
    cout << i << " ";
}
```

C++

Étant donnée la fonction suivante

```
void incrementI()
{
    int i = 0;
    i++;
    cout << i << " ";
}
```

Testons le code suivant

```
int main()
{
    incrementI();
    incrementI();
    incrementI();
}
// affiche 1 1 1
```

C++

Explication

- Par définition d'une fonction, les variables locales se réinitialisent à chaque appel
- Donc, à chaque appel, la variable `i` est initialisée à `0`, incrémentée puis affichée

C++

Explication

- Par définition d'une fonction, les variables locales se réinitialisent à chaque appel
- Donc, à chaque appel, la variable `i` est initialisée à `0`, incrémentée puis affichée

Question

Et si on veut préserver la valeur de l'appel précédent ?

C++

Explication

- Par définition d'une fonction, les variables locales se réinitialisent à chaque appel
- Donc, à chaque appel, la variable `i` est initialisée à `0`, incrémentée puis affichée

Question

Et si on veut préserver la valeur de l'appel précédent ?

Réponse

On peut utiliser les variables statiques.

C++

Déclarons la variable locale `i` comme étant statique

```
void incrementI()
{
    static int i = 0;
    i++;
    cout << i << " ";
}
```

C++

Déclarons la variable locale `i` comme étant statique

```
void incrementI()
{
    static int i = 0;
    i++;
    cout << i << " ";
}
```

Vérifions maintenant l'exécution

```
int main()
{
    incrementI();
    incrementI();
    incrementI();
}
// affiche 1 2 3
```

Fonction `inline`

- Permet d'indiquer au compilateur qu'il faut remplacer chaque appel de la fonction par son corps
- Permet d'optimiser le programme et d'accélérer son exécution si le nombre d'instruction est très petit

Fonction inline

- Permet d'indiquer au compilateur qu'il faut remplacer chaque appel de la fonction par son corps
- Permet d'optimiser le programme et d'accélérer son exécution si le nombre d'instruction est très petit

Exemple

```
inline int somme (int a, int b)
{
    return a + b;
}
```

Fonction inline

- Permet d'indiquer au compilateur qu'il faut remplacer chaque appel de la fonction par son corps
- Permet d'optimiser le programme et d'accélérer son exécution si le nombre d'instruction est très petit

Exemple

```
inline int somme (int a, int b)
{
    return a + b;
}
```

Rien ne change pour l'appel

```
int main()
{
    int x = 2, y = 3;
    cout << somme(x, y) << endl;
}
```