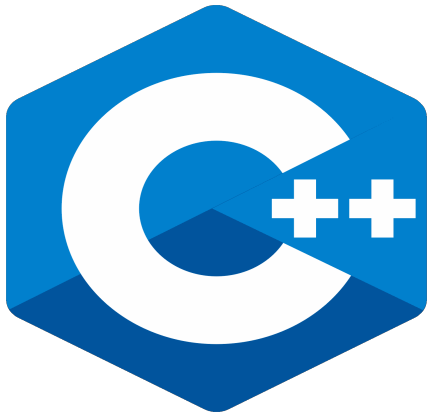
C++ : généricité et template

Achref El Mouelhi

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

elmouelhi.achref@gmail.com



C++

Le concept objet

- Classe = { attributs } + { méthodes }
- **C++** : langage fortement typé ⇒ Les attributs ont **forcément** un nom et un type
- Le type d'attribut ne change pas pour toutes les instances d'une classe
- Les méthodes/fonctions dans un langage fortement typé :
  - pour un paramètre donné, elles ne peuvent accepter qu'un type (ou quelques autres qui lui sont compatibles)
  - idem pour la valeur de retour

C++

Problématique

- Et si on voulait qu'une méthode effectue les mêmes opérations quel que soit le type d'attribut
  - **somme** pour **entiers** ou **réels**,
  - **concaténation** pour **chaînes de caractères**,
  - **ou logique** pour **booléens**...
  - ...
- **Impossible sans définir plusieurs classes (une pour chaque type) et une interface ou en imposant le type `Object` et en utilisant plusieurs cast...**

C++

C++11 nous offre une solution plus élégante

généricité + templates

C++

C++11 nous offre une solution plus élégante

généricité + templates

Comment ça marche pour les fonctions ?

- Ne pas définir de type pour les paramètres et/ou la valeur de retour d'une fonction
- Définir un type générique qui ne sera pas précisé à la définition de la fonction
- À l'appel d'une fonction, on précise le(s) type(s) à utiliser
- **On peut donc choisir pour chaque appel un type différent**

C++

Comment ça marche pour les classes ?

- Ne pas définir de type pour les attributs et/ou méthodes
- Définir un type générique qui ne sera pas précisé à la création de la classe
- À l'instanciation de la classe, on précise le(s) type(s) à utiliser
- **On peut donc choisir pour chaque objet un type différent**

C++

Objectif

Avoir une fonction qui retourne

- la somme si elle reçoit deux paramètres de type nombre
- la concaténation si elle reçoit deux paramètres de type chaîne de caractère
- le résultat d'un ou logique si elle reçoit deux paramètres de type booléen

Dans le fichier `main.cpp` et avant la fonction principale, on déclare une fonction `opPlus()` qui utilise un template

```
template <typename T>
T opPlus(T a, T b)
{
    return a + b;
}
```

Dans le fichier `main.cpp` et avant la fonction principale, on déclare une fonction `opPlus()` qui utilise un template

```
template <typename T>
T opPlus(T a, T b)
{
    return a + b;
}
```

Le résultat est

```
int main()
{
    cout << opPlus<int>(2, 3) << endl;
    // affiche 5
    cout << opPlus<double>(2.5, 3.5) << endl;
    // affiche 6
    cout << opPlus<string>("bon", "jour") << endl;
    // affiche bonjour
    cout << opPlus<bool>(true, false) << endl;
    // affiche 1
    return 0;
}
```

C++

Objectif

On veut avoir une classe `Point` avec deux attributs `abs` et `ord` qui doivent avoir le même type

- soit `short`
- soit `int`
- soit `double`
- ...

C++

Dans le fichier `Point.h`, on définit la classe template dont toutes les méthodes sont `inline` (donc pas de fichier `Point.cpp`)

```
#ifndef POINT_H
#define POINT_H

#include <string>

using namespace std;

template <typename T>
class Point
{
public:
    Point(T abs, T ord) : abs(abs), ord(ord) {}
    void setAbs(T abs) { this->abs = abs; }
    void setOrd(T ord) { this->ord = ord; }
    T getAbs() { return abs; }
    T getOrd() { return ord; }
    string toString() { return "(" + to_string(abs) + ", " + to_string(ord) + ")"; }

private:
    T abs;
    T ord;
};
#endif
```

C++

Remarque

Les méthodes d'une classe template doivent être définis dans le `.h`

- soit en `inline`
- soit après la classe

C++

On peut maintenant tester avec des `int` et des `float`

```
int main()
{
    Point<int> p1(2, 5);
    cout << p1.toString() << endl;
    // affiche (2, 5)

    Point<float> p2(2.3, 5.8);
    cout << p2.toString() << endl;
    // affiche (2.300000, 5.800000)
    return 0;
}
```

C++

On peut maintenant tester avec des `int` et des `float`

```
int main()
{
    Point<int> p1(2, 5);
    cout << p1.toString() << endl;
    // affiche (2, 5)

    Point<float> p2(2.3, 5.8);
    cout << p2.toString() << endl;
    // affiche (2.300000, 5.800000)
    return 0;
}
```

Les deux objets `p1` et `p2` sont de type différent car ils prennent deux paramètres templates différents.

C++

Objectif

On veut avoir une classe `Tableau` qui crée un tableau selon une taille et un type précis.

Contenu de `Tableau.h`

```
#ifndef TABLEAU_H
#define TABLEAU_H

using namespace std;

template <typename T, int taille>
class Tableau
{
public:
    Tableau(T arr[])
    {
        for (int i(0); i < taille; i++)
        {
            data[i] = arr[i];
        }
    }
    T getMax()
    {
        T maxi = data[0];
        for (int i = 1; i < taille; i++)
        {
            maxi = max(data[i], maxi);
        }
        return maxi;
    }

private:
    T data[taille];
};

#endif
```

C++

On peut maintenant tester en passant un type (`int`) et une valeur (`taille`)

```
int main()
{
    int tab[] = {2, 5, 7, 3};
    Tableau<int, 4> tableau(tab);
    cout << tableau.getMax();
    // affiche 7
    return 0;
}
```

C++

Objectif

Supposant qu'on utilise souvent un type très long à écrire, il est possible de lui associer un alias.

C++

On commence par définir l'alias

```
using int4 = Tableau<int, 4>;
```

C++

On commence par définir l'alias

```
using int4 = Tableau<int, 4>;
```

On peut ensuite l'utiliser

```
int main()
{
    int tab [] = {2, 5, 7, 3};
    int4 obj (tab);
    cout << obj.getMax() << endl;
    // affiche 7

    int tab2 [] = {1, 6, 2, 3};
    int4 obj2 (tab2);
    cout << obj2.getMax() << endl;
    // affiche 6
}
```

C++

Objectif

Comme pour les fonctions et les méthodes, on peut préciser des valeurs par défaut à nos paramètres template.

Définissons les valeurs par défaut pour les paramètres de template

```
#ifndef TABLEAU_H
#define TABLEAU_H

using namespace std;

template <typename T = int, int taille = 4>
class Tableau
{
public:
    Tableau(T arr[])
    {
        for (int i(0); i < taille; i++)
        {
            data[i] = arr[i];
        }
    }
    T getMax()
    {
        T maxi = data[0];
        for (int i = 1; i < taille; i++)
        {
            maxi = max(data[i], maxi);
        }
        return maxi;
    }

private:
    T data[taille];
};

#endif
```

C++

On peut maintenant tester sans préciser les paramètres de template

```
int main()
{
    int tab[] = {2, 5, 7, 3};
    Tableau<> tableau(tab);
    cout << tableau.getMax();
    // affiche 7
    return 0;
}
```

C++

Exercice

Nous voudrons créer une nouveau conteneur `map` appelé `Dictionary` qui

- fonctionne avec deux types génériques `T1` et `T2`
- stocke les clés dans un `vecteur<T1>` et les valeurs dans un `vecteur<T2>`
- possède une méthode `get(i)` qui retourne un tuple contenant la clé et la valeur situées à la position `i`
- considère que `int` est le type par défaut pour la clé et pour la valeur
- surcharge l'opérateur `+=` pour ajouter un nouveau couple à la fin
- accepte les doublons pour les clés et pour les valeurs

C++

Variadic template

Une fonction avec un pack de paramètres.

C++

Variadic template

Une fonction avec un pack de paramètres.

Exemple

Une fonction qui calcule la somme des paramètres quel que soit leur nombre.

C++

La fonction suivante permet de calculer la somme quel que soit le nombre de paramètres

```
template <typename... Args>
int somme(int x = 0, Args... args)
{
    if (x)
    {
        return x + somme(args...);
    }
    return 0;
}
```

C++

Pour tester

```
int main()
{
    cout << somme(1, 2, 3) << endl;
    // affiche 6

    cout << somme(1, 2, 3, 4) << endl;
    // affiche 10

    cout << somme(1, 2, 3, 5, 6) << endl;
    // affiche 17

    return 0;
}
```

C++

Exercice 1

Écrire une fonction **C++** qui accepte un nombre variable de paramètre de type `String` et qui retourne la chaîne la plus longue (ayant le plus grand nombre de caractères).

Java

Exercice 2

Écrire une fonction **C++** qui détermine si le premier paramètre est divisible par tous les autres paramètres. Le nombre de paramètres est variable et la fonction retourne un booléen.

Exemple

```
estDivisiblePar(10, 2, 3, 5));
// false

estDivisiblePar(10, 2, 5));
// true
```