La **programmation orientée objet** et le langage **C++**

Pablo Rauzy

rauzy@enst.fr

pablo.rauzy.name/teaching.html#epu-cpp

Ce cours est en partie inspiré du polycopié d'Henri Garreta.

EISE4 @ Polytech'UPMC

6 octobre 2014 — Cours 3

- Nouveautés du C++ par rapport au C.
  - Déclarations, `bool`, références, `inline`, arguments par défaut, surcharge des fonctions, I/O, `new`/`delete`.
- Programmation orientée objet, encapsulation.
- Les classes en C++.
  - Syntaxe, politique d'accès aux membres, programmation modulaire, constructeurs, destructeurs, membres constants, membres statiques, amie.
- Surcharge des opérateurs.
  - Surcharge des fonctions membres et non-membres, conversions de types.
- Héritage.
  - Accessibilité et politiques de dérivation, redéfinition, constructions et destructions des instances de classes dérivées, polymorphisme, fonction virtuelles (pures), classes abstraites, conversions et identifications dynamiques.

- Un modèle, ou *templates*, défini une famille de fonctions ou de classes paramétrée par des types et des valeurs.
- Un modèle est introduit par le mot clef `template` suivi de la liste de ses paramètres entre chevrons (< et >).
- Les paramètres peuvent soit être des types (introduits par le mot clef `typename`) soit des valeurs (introduites par leur type, comme des argum ents classiques).
- Les modèles sont *instanciés* par le compilateur, c'est à dire qu'il produit le code spécialisé pour chaque ensemble de paramètres utilisés.

- Même principe que les *macros* mais bien plus complexe.

Modèles de fonctions

- Syntaxe :
  `template<`*paramètres*`>` *déclaration fonction*.
- Par exemple :
  - déclaration :

```
template<typename T>
  T minimum (T array[], int size) { ... },
```

  - utilisations :

```
coldest = minimum<double> (temp_per_month, 12);
a = minimum<char> (randomized_alphabet, 26);.
```

Exemple : modèles de fonctions

```
template<typename T>
T minimum (T array[], int size)
{
  T min = array[0];
  for (int i = 1; i < size; i++) {
    if (array[i] < min)
      min = array[i];
  }
  return min;
}

double avg_temp_per_month[12] = { 7.2,   8.1, 11.0, 13.9, 18.0, 21.9,
                                  24.8, 24.4, 20.6, 16.7, 11.2, 8.0 };

double min_avg = minimum<double>(avg_temp_per_month, 12);

Volt voltages[3] = { Volt(220), Volt(5.5), Volt (12) };

Volt min = minimum<Volt>(voltages, 3);
// on suppose ici que Volt surcharge l'opérateur < pour la comparaison
```

Spécialisation

- Un modèle plus spécialisé (avec moins de paramètres) pour la même fonction se substitue toujours aux autres quand il est applicable (simple surcharge).
- À l'utilisation on peut omettre de préciser les paramètres si ils peuvent se déduire du type des arguments.

Exemple : spécialisation de modèles de fonctions

```
char *minimum (char *array[], int size) {
  char *min = array[0];
  for (int i = 1; i < size; i++) {
    if (strcmp(array[i], min) < 0)
      min = array[i];
  }
  return min;
}

double avg_temp_per_month[12] = { 7.2,   8.1, 11.0, 13.9, 18.0, 21.9,
                                  24.8, 24.4, 20.6, 16.7, 11.2, 8.0 };

double min_avg = minimum(avg_temp_per_month, 12);

char *fruits[] = { "banana", "kiwi", "avocado", "tomato", "peach",
                   "pear", "orange", "apricot", "pineapple" };

char *first_alpha = minimum(fruits, 9);
```

Modèles de classes

- Un modèle de classe est un type paramétré par d'autres types et par des valeurs connues lors de la compilation.
- Les paramètres des modèles de classes doivent toujours être explicités.

Exemple : modèles de classes

```
template <typename Elements_t>
class Vector
{
public:
  Vector (int size)
    : size_(size)
  {
    array_ = new Elements_t[size_];
  }

  ~Vector ()
  {
    delete[] array_;
  }

  Elements_t &operator [] (int i)
  {
    if (i < 0 || i >= size_) {
      cerr << "Error: [Vector<" << typeid(Elements_t).name()
           << ">] index out of bound (" << i << ')' << endl;
      exit(EXIT_FAILURE);
    }
    return array_[i];
  }

private:
  Elements_t *array_;
  int size_;
};

Vector<string> names(28);
Vector<Shape> drawing(10);
```

Fonctions membres d'un modèle de classes

- Les fonctions membres d'un modèles de classes sont des modèles de fonctions avec les mêmes paramètres.
- C'est implicite quand les fonctions sont définies dans la déclaration de la classe.
- Il faut l'expliciter quand les fonctions sont définies en dehors.

```
template <typename Elements_t>
Elements_t &Vector<Elements_t>::operator [] (int i)
{
  if (i < 0 || i >= size_) {
    cerr << "Error: [Vector<" << typeid(Elements_t).name()
         << ">] index out of bound (" << i << ')' << endl;
    exit(EXIT_FAILURE);
  }
  return array_[i];
}
```

Paramètres par défaut des modèles

- Comme pour les arguments des fonctions, les modèles peuvent avoir des paramètres par défaut.

```
template <typename Elements_t = int, int vector_size = 10>
class FixedVector
{
public:
  Elements_t &operator [] (int i)
  {
    if (i < 0 || i >= vector_size) {
    cerr << "Error: [Vector<" << typeid(Elements_t).name()
         << ">] index out of bound (" << i << ')' << endl;
    exit(EXIT_FAILURE);
  }
  return array_[i];
  }

private:
  Elements_t array_[vector_size];
};

FixedVector<double, 32> a; // tableau de 32 double
FixedVector<double> b; // tableau de 10 double
FixedVector<> c; // tableau de 10 int
FixedVector d; // ERREUR
```

Dernières petites choses

- Tout comme on peut déclarer l'existence d'une classe, on peut déclarer l'existence d'un modèle.

```
template<typename Elements_t> class Vector;

Vector<string> *days; // ok, l'existence suffit
Vector<string> months; // ERREUR
```

- Un paramètre de modèle peut être un modèle puis même, mais attention à la syntaxe.

```
FixedVector< Vector<int> * > foo; // tableau de 10 pointeurs sur des tableaux d'entiers
```

- Parfois, une fonction de bas niveau (dans une bibliothèque) peut détecter une anomalie, mais ne peut pas décider à la place du programmeur comment y réagir.
- C'est à ça que serve les *exceptions*.

Mécanisme

- La fonction qui détecte l'anomalie *lance* (`throw`) une exception.
- L'exception est une valeur d'un type quelconque (souvent une classe dérivée de `exception`).
- Elle *traverse* la pile d'appels jusqu'à atteindre une fonction qui a prévu d'*attraper* (`catch`) ce type d'exception.
- Les fonctions qui sont traversées (y compris celle qui a lancée l'exception) sont terminées sur le champ (les instructions non encore exécutées sont abandonnées), mais les objets locaux sont détruits.
- Si une exception traverse toute la pile d'appels sans jamais être attrapée, le programme termine.

Syntaxe

- On lance une exception avec `throw` *`expression`*.
- On l'attrape en utilisant un *bloc* `try ... catch`.

```
try {
  // instructions susceptibles de lancer une exceptions
  // (directement ou dans les fonctions appelées)
}
catch (type1 e1) {
  // code pour traiter une exception de type type1
}
catch (type2 e2) {
  // code pour traiter une exception de type type2
}
catch (...) {
  // code pour les autres exceptions
}
```

- Un bloc `try` doit toujours être suivi d'un ou plusieurs blocs `catch`.
- Le dernier bloc `catch` peut servir de "pokemon exception handling" (*gotta catch 'em all*) en utilisant la syntaxe `...`.
- Dès qu'on entre dans un bloc `catch`, l'exception est considérée comme traitée ; si il y a besoin de la propager plus loin cela peut être fait avec l'instruction `throw;`.

Exemple : exceptions

```
template <typename Elements_t>
Elements_t &Vector<Elements_t>::operator [] (int i)
{
  if (i < 0 || i >= size_) {
    throw "Index out of bounds";
  }
  return array_[i];
}

//...

try {
  Vector<int> a[5];
  cout << a[6] << endl;
}
catch (char *exn) {
  cerr << "Caught exception '" << exn << "'." << endl;
}
```

Attraper une exception

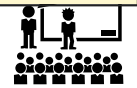
- Quand une exception est lancée, un bloc `catch` compatible avec l'exception est recherché en remontant la pile d'appels.
- L'argument d'un bloc `catch` est de type `T1`, `const T1`, `T1 &`, ou `const T1 &` est compatible avec une exception de type `T2` si et seulement si :
  - `T1` et `T2` sont le même type,
  - `T1` est une classe de base de `T2`, ou
  - `T1` est un pointeur sur une classe de base accessible de celle vers laquelle `T2` pointe.

Exemple : attraper une exception

```
class BadIndex : public exception {...};
class DivisionByZero : public exception {...};
class InvalidArgument : public exception {...};

try {
  //...
}
catch (exception *e) {
  cerr << e->what() << endl;
}
```

Que trouve-t-on dans la classe `exception` ? Pourquoi ?



Déclaration des exceptions qu'une fonction laisse échapper

- Par défaut, le compilateur suppose que les fonctions se laissent traverser par tout type d'exceptions.
- Une fonction peut indiquer le type d'exception qu'elle laisse échapper.
- Cela peut servir de documentation dans le code, et aussi à générer des avertissements du compilateurs si cette contrainte n'est pas respectée.
- Syntaxe :
  `function prototype throw (type1, type2, ...).`
- avec simplement `throw ()` on indique qu'une fonction ne doit lancer aucune exception.

- La déclaration `throw (...)` ne fait pas partie de la signature de la fonction.

La classe exception

```
class exception {
public:
  exception () throw ();
  exception (const exception &e) throw ();
  virtual ~exception () throw ();

  exception &operator = (const exception &e) throw ();
  virtual const char *what () const throw ();
};
```

- Reprise des notions du cours précédent sur l'héritage en faisant le second exercice du TP 2 en classe.

C'est tout pour aujourd'hui :)