Programmation Orientée Objet

Introduction à la STL (en C++)

et éléments sur les *templates*

Guillaume Revy

guillaume.revy@univ-perp.fr

Université de Perpignan Via Domitia

UPVD
Université de Perpignan Via Domitia

Plan du cours

1. Un transparent sur les *templates*

2. Standard Template Library (en C++)
   - Introduction
   - Les conteneurs
   - Les itérateurs
   - Quelques algorithmes

Plan du cours

Qu'est ce que un *template* ?

$\rightsquigarrow$ en un transparent...

- Un *template* ou *patron* $\rightsquigarrow$ modèle à partir duquel des classes pourront être générées automatiquement par le compilateur en fonction d'une série de paramètres : c'est le principe de généricité
  - $\hookrightarrow$ par exemple : création d'une classe paramétrée par le type d'un de ses attributs

Qu'est ce que un *template* ?

⇝ en un transparent...

- Un *template* ou *patron* ⇝ modèle à partir duquel des classes pourront être générées automatiquement par le compilateur en fonction d'une série de paramètres : c'est le principe de généricité
  - ↪ par exemple : création d'une classe paramétrée par le type d'un de ses attributs
- Exemple : une classe Intervalle, paramétrée par le type de ces bornes

```
template <class T>    // la classe Intervalle sera parametree
                      //  par le type T de ces elements
class Intervalle
{
  T binf, bsup;       // declaration de deux objets de type T

public:
  Intervalle():binf(0),bsup(0){}
  Intervalle(T binf, T bsup):binf(binf),bsup(bsup){}
  Intervalle(Intervalle const& other):binf(other.binf),bsup(other.bsup){}

  void print(void){ /* ... */ }
};
```

Qu'est ce que un *template* ?

⇝ en un transparent...

- Un *template* ou *patron* ⇝ modèle à partir duquel des classes pourront être générées automatiquement par le compilateur en fonction d'une série de paramètres : c'est le principe de généricité

  ↪ par exemple : création d'une classe paramétrée par le type d'un de ses attributs

- Exemple : une classe Intervalle, paramétrée par le type de ces bornes

```
#include <iostream>

#include "Intervalle.hpp"

int
main(void)
{
  Intervalle< int > i1(0,1);
  Intervalle< int > i2;
  Intervalle< int > i3(i2);

  // ...
  return 0;
}
```

Plan du cours

1. Un transparent sur les *templates*

2. Standard Template Library (en C++)
   - Introduction
   - Les conteneurs
   - Les itérateurs
   - Quelques algorithmes

Qu'est ce que la STL ?

- La STL est une partie importante de la bibliothèque standard du C++

  `http://www.sgi.com/tech/stl/`

  ↪ développée par Hewlett-Packard puis Silicon Graphics

  ↪ 1994 : adoptée par le comité de standardisation du C++, pour être intégrée au langage

  ↪ attention : l'amalgame est souvent fait entre STL et bibliothèque standard du C++

- Plus particulièrement, la bibliothèque standard du C++ est formée de trois grandes composantes :

  ↪ la STL ⇝ Standard Template Library,

  ↪ les autres outils de la bibliothèque standard du C++ : chaînes de caractères (`string`), flux d'entrée/sortie (`std::cin` et `std::cout`), ... ,

  ↪ et les bibliothèques du langage C.

Qu'est ce que la STL ?

- La STL propose un grand nombre d'éléments $\rightsquigarrow$ ensemble d'objets et de méthodes standards pour le C++
  - $\hookrightarrow$ des structures de données évoluées (tableaux, listes chaînées, vecteurs, piles, ...),
  - $\hookrightarrow$ des algorithmes efficaces sur ces structures de données (ajout, recherche, parcours, suppression, ...).

Qu'est ce que la STL ?

- La STL propose un grand nombre d'éléments $\rightsquigarrow$ ensemble d'objets et de méthodes standards pour le C++
  - $\hookrightarrow$ des structures de données évoluées (tableaux, listes chaînées, vecteurs, piles, ...),
  - $\hookrightarrow$ des algorithmes efficaces sur ces structures de données (ajout, recherche, parcours, suppression, ...).

- Plus particulièrement, la STL propose principalement trois types d'éléments :
  - $\hookrightarrow$ les conteneurs (containers) de base ou évolués (*adaptators*) $\rightsquigarrow$ pour stocker les données (vecteur, listes, ...),
  - $\hookrightarrow$ les itérateurs (iterators) $\rightsquigarrow$ pour parcourir les conteneurs,
  - $\hookrightarrow$ les algorithmes $\rightsquigarrow$ travaillent sur les conteneurs via les itérateurs.

La STL en un transparent

- Remarque : la bibliothèque standard du C++ contient 51 fichiers d'entête, dont 13 appartiennent à la STL

```
#include <algorithm>  // algorithmes utiles (tri, ...)
#include <deque>      // tableaux dynamiques (extensibles a chaque extremite)
#include <functional> // objets fonctions predefinis (unary_function, ...)
#include <iterator>   // iterateurs, fonctions, adaptateurs
#include <list>       // listes doublement chainee
#include <map>        // maps et multimaps
#include <numeric>    // fonctions numeriques : accumulation, ...
#include <queue>      // files
#include <set>        // ensembles
#include <stack>      // piles
#include <string>     // chaines de caracteres
#include <utility>    // divers utilitaires
#include <vector>     // vecteurs
```

Les conteneurs de la STL

- Les conteneurs sont des structures de données abstraites, permettant de contenir des données ($\rightsquigarrow$ autres objets).
  - $\hookrightarrow$ paramètrés par le type des éléments qu'ils contiennent
- Les principaux conteneurs de la STL sont :
  - $\hookrightarrow$ les paires $\rightsquigarrow$ `pair`
  - $\hookrightarrow$ les vecteurs ($\approx$ tableaux) $\rightsquigarrow$ `vector`
  - $\hookrightarrow$ les listes doublement chaînées $\rightsquigarrow$ `list`
  - $\hookrightarrow$ les tableaux dynamiques $\rightsquigarrow$ `deque`
  - $\hookrightarrow$ les ensembles ordonnés (au sens mathématique) $\rightsquigarrow$ `set`
  - $\hookrightarrow$ les tables associatives ordonnées ($\approx$ tableaux pouvant être indexés par autre chose que des entiers, comme des chaînes de caractères) $\rightsquigarrow$ `map`
  - $\hookrightarrow$ les piles (structure LIFO) $\rightsquigarrow$ `stack`
  - $\hookrightarrow$ les files (structure FIFO) $\rightsquigarrow$ `queue`

Les conteneurs de la STL

- Les conteneurs sont des structures de données abstraites, permettant de contenir des données ($\rightsquigarrow$ autres objets).
  - ↪ paramètrés par le type des éléments qu'ils contiennent

- Les principaux conteneurs de la STL sont :
  - ↪ les paires $\rightsquigarrow$ `pair` — conteneur simple
  - ↪ les vecteurs ($\approx$ tableaux) $\rightsquigarrow$ `vector` — conteneur séquentiel
  - ↪ les listes doublement chaînées $\rightsquigarrow$ `list` — conteneur séquentiel
  - ↪ les tableaux dynamiques $\rightsquigarrow$ `deque` — conteneur séquentiel
  - ↪ les ensembles ordonnés (au sens mathématique) $\rightsquigarrow$ `set` — conteneur associatif
  - ↪ les tables associatives ordonnées ($\approx$ tableaux pouvant être indexés par autre chose que des entiers, comme des chaînes de caractères) $\rightsquigarrow$ `map` — conteneur associatif
  - ↪ les piles (structure LIFO) $\rightsquigarrow$ `stack` — adaptateur de conteneur
  - ↪ les files (structure FIFO) $\rightsquigarrow$ `queue` — adaptateur de conteneur

Les conteneurs de la STL

- Sur tous les conteneurs, un ensemble de méthodes est défini : `empty()`, `size()`, `clear()`, `erase(...)`, `begin()`/`end()`, `rbegin()`/`rend()`, opérateurs de comparaison, ...

- Différents types de conteneurs
  - ↪ conteneur simple (paire),
  - ↪ conteneurs séquentiels ⇝ stockent les éléments de manière séquentielle, et y accèdent de manière séquentielle ou directement (selon le conteneur)
  - ↪ conteneurs associatifs ⇝ associent une clé à chaque objet stocké, ces clés servant ensuite à accèder efficacement aux objets (éléments ordonnés)
  - ↪ adaptateurs de conteneurs ⇝ spécialisation de conteneurs (par exemple, `deque` spécialisé en `queue` ou `stack`)

Quelques complexités avant de commmencer

	Insertion			Suppression			Accès			Recherche
	tête	qcq	queue	tête	qcq	queue	tête	qcq	queue	par valeur
vector	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$			$\mathcal{O}(n)$
deque	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$			$\mathcal{O}(n)$
list	$\mathcal{O}(1)$			$\mathcal{O}(1)$			$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$
set/map	-	$\mathcal{O}(\log n)$	-	-	$\mathcal{O}(\log n)$	-	$\mathcal{O}(1)$	-	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(\log n)$

Exemple de conteneurs

⇝ les vecteurs

```
#include <iostream>
#include <vector>   // <-- utilisation des vecteurs

using namespace std;

int
main(void)
{
  vector< int > v1;        // declaration d'un vecteur d'entiers vide v1
  vector< int > v2(8);     // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int > v3(8,17); // declaration d'un vecteur de 8 cases initialisees a 17

  cout << "Taille de v1 : " << v1.size() << endl;  // --> Taille de v1 : 0
  cout << "Taille de v2 : " << v2.size() << endl;  // --> Taille de v2 : 8
  cout << "Taille de v3 : " << v2.size() << endl;  // --> Taille de v3 : 8

  for(int i = 0 ; i < v3.size() ; i++){
    cout << "v3.at(" << i << ") : " << v3.at(i); // indexation via la methode at()
    cout << " ou v3[" << i << "] : " << v3[i] << endl; // indexation via les []
  }

  return 0;
}
```

- Attention : le parcours, simple avec les vecteurs via l'opérateur `[]`, ne l'est pas pour les autres conteneurs ⇝ passage par les itérateurs.

Exemple de conteneurs

⇝ une matrice avec des vecteurs

```
#include <iostream>
#include <vector>   // <-- utilisation des vecteurs

using namespace std;

typedef vector< float > Line;
typedef vector< Line > Matrix;

int
main(void)
{
  Line l(17,0.0);          // declaration d'une ligne de 17 elements nuls
  Matrix m(17,l);          // declaration d'une matrice de 17 lignes

  // vector< vector< float > > m;
  // --> necessite d'initialiser m "a la main"

  for(int i = 0 ; i < m.size() ; i++){
    for(int j = 0 ; j < m[i].size() ; j++){
      cout << m[i][j] << " ";
    }
    cout << endl;
  }

  return 0;
}
```

Exemple de conteneurs

⇝ les listes doublement chaînées

```
#include <iostream>
#include <list>    // <-- utilisation des listes doublement chainees

using namespace std;

int
main(void)
{
  list< int > L;         // declaration similaire a celle d'un vecteur
                         //  mais utilisation differente

  L.push_back(5);        // L = {5}
  L.push_back(4);        // L = {5,4}
  L.push_front(3);       // L = {3,5,4}

  cout << "Tete de L : " << L.front() << endl; // Tete de L : 3
  cout << "Queue de L : " << L.back() << endl; // Queue de L : 4

  for(int i = 0 ; i < L.size() ; i++){
    cout << "L.at(" << i << ") : " << L.at(i);      // ERREUR
    cout << "L[" << i << "] : " << L[i] << endl;    // ERREUR
  }

  return 0;
}
```

Exemple de conteneurs

⇝ les listes doublement chaînées

```
int
main(void)
{
  list< int > L;          // declaration similaire a celle d'un vecteur
                          //  mais utilisation differente

  L.push_back(5);         // L = {5}
  L.push_back(4);         // L = {5,4}
  L.push_front(3);        // L = {3,5,4}

  cout << "Tete de L : " << L.front() << endl; // Tete de L : 3
  cout << "Queue de L : " << L.back() << endl; // Queue de L : 4

  for(int i = 0 ; i < L.size() ; i++){
    cout << "L.at(" << i << ") : " << L.at(i);      // ERREUR
    cout << "L[" << i << "] : " << L[i] << endl;    // ERREUR
  }

  return 0;
}
```

- Remarques
  - ↪ la méthode `push_back` est également définie sur les vecteurs
  - ↪ par contre, pour les listes, l'indexation via l'opérateur `[]` ou la méthode `at(...)` n'est pas autorisée

Exemple de conteneurs

⇝ utilisation d'un conteneur associatif

```
#include <iostream>
#include <map>      // <-- utilisation des tables associatifs (map)

using namespace std;

int
main(void)
{
  map< string, string > telephones; // tableau indexe par une
                                    //  chaine de caracteres

  telephones["Nom1"] = "0132655698";
  telephones["Nom2"] = "0686423657";

  cout << "Nom1 -> " << telephones["Nom1"] << endl;
  cout << "Nom2 -> " << telephones["Nom2"] << endl;

  return 0;
}
```

Exemple de conteneurs

⇝ utilisation d'un conteneur associatif

```
#include <iostream>
#include <map>      // <-- utilisation des tables associatifs (map)

using namespace std;

int
main(void)
{
  map< string, string > telephones; // tableau indexe par une
                                    //  chaine de caracteres

  telephones["Nom1"] = "0132655698";
  telephones["Nom2"] = "0686423657";

  cout << "Nom1 -> " << telephones["Nom1"] << endl;
  cout << "Nom2 -> " << telephones["Nom2"] << endl;

  return 0;
}
```

```
Nom1 -> 0132655698
Nom2 -> 0686423657
```

Qu'est ce qu'un itérateur ?

- Les itérateurs sont des objets fondamentaux de la STL $\rightsquigarrow$ ils permettent de manipuler les conteneurs de manière transparente, plus facilement
- Un itérateur permet :
  - ↪ de parcourir un conteneur,
  - ↪ d'accéder aux données contenues dans le conteneur,
  - ↪ et (éventuellement) de modifier les données.
- Un itérateur peut être vu comme un pointeur sur un élément du conteneur.
- Il existe deux types d'itérateurs :
  - ↪ `iterator` ou `const_iterator` $\rightsquigarrow$ parcours d'un conteneur du début à la fin
  - ↪ `reverse_iterator` ou `const_reverse_iterator` $\rightsquigarrow$ parcours d'un conteneur en sens inverse (de la fin au début)

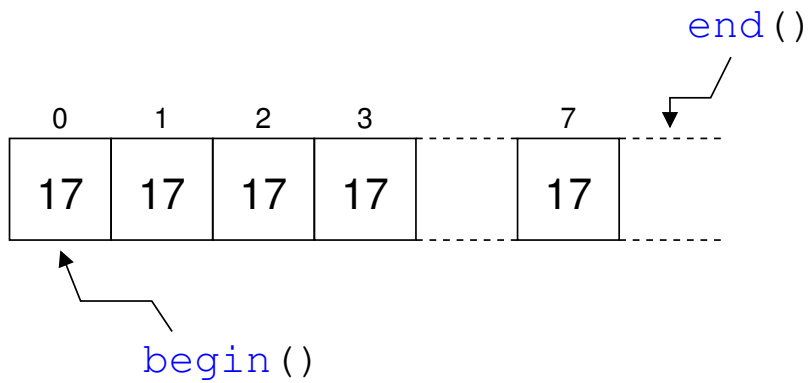
Utilisation générale d'un itérateur

- Un itérateur associé à un conteneur `C` (vecteur, liste, ...) se déclare de la manière suivante.

```
C::iterator it1;
C::reverse_iterator it2;
```

- Un itérateur `iterator` peut être initialisé grâce aux méthodes :
  - ↪ `begin()` ⇝ retourne un itérateur "pointant" sur le premier élément du conteneur
  - ↪ `end()` ⇝ retourne un itérateur "pointant" sur l'élément juste après le dernier élément du conteneur

  ou toutes autres méthodes retournant un itérateur sur le conteneur : `find()`, ...



Utilisation générale d'un itérateur

- Un itérateur associé à un conteneur `C` (vecteur, liste, ...) se déclare de la manière suivante.

```
C::iterator it1;
C::reverse_iterator it2;
```

- Un itérateur `iterator` peut être initialisé grâce aux méthodes :
  - ↪ `begin()` ⇝ retourne un itérateur "pointant" sur le premier élément du conteneur
  - ↪ `end()` ⇝ retourne un itérateur "pointant" sur l'élément juste après le dernier élément du conteneur

  ou toutes autres méthodes retournant un itérateur sur le conteneur : `find()`, ...

- De manière similaire, un itérateur `reverse_iterator` peut être initialisé en utilisant les méthodes : `rbegin()`/`rend()`, ...

- Accéder à l'élément "pointé" par un itérateur `it` se fait de la même manière que pour accéder á l'élément pointé par un pointeur ⇝ `*it`

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ pour le parcours d'un vecteur

```
#include <iostream>
#include <vector>   // <-- utilisation des vecteurs

using namespace std;

int
main(void)
{
  vector< int > v1;        // declaration d'un vecteur d'entiers vide v1
  vector< int > v2(8);     // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int > v3(8,17); // declaration d'un vecteur de 8 cases initialisees a 17

  cout << "Taille de v1 : " << v1.size() << endl;  // --> Taille de v1 : 0
  cout << "Taille de v2 : " << v2.size() << endl;  // --> Taille de v2 : 8
  cout << "Taille de v3 : " << v2.size() << endl;  // --> Taille de v3 : 8

  for(int i = 0 ; i < v3.size() ; i++){
    cout << "v3.at(" << i << ") : " << v3.at(i); // indexation via la methode at()
    cout << " ou v3[" << i << "] : " << v3[i] << endl; // indexation via les []
  }

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ pour le parcours d'un vecteur

```
#include <iostream>
#include <vector>   // <-- utilisation des vecteurs

using namespace std;

int
main(void)
{
  vector< int > v1(8);   // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int >::iterator it1;
  vector< int >::reverse_iterator it2;
  int idx = 0;

  // --> initialisation du debut a la fin du vecteur
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end() ; it1++)
    (*it1) = (idx++);    // affectation de (idx++) a l'element pointe par it1,
                         //  c'est-a-dire, a v1[idx]

  // --> parcours dans le sens inverse
  for(it2 = v1.rbegin() ; it2 != v1.rend(); it2++)
    cout << "v1[" << idx-- << "] = " << (*it2) << endl;  // affichage de l'element
                                                         //  pointe par it2

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ affichage de la matrice

```
#include <iostream>
#include <vector>   // <-- utilisation des vecteurs

using namespace std;

typedef vector< float > Line;
typedef vector< Line > Matrix;

int
main(void)
{
  Line l(17,0.0);          // declaration d'une ligne de 17 elements nuls
  Matrix m(17,l);          // declaration d'une matrice de 17 lignes

  Matrix::iterator i;
  Line::iterator j;

  for(i = m.begin() ; i != m.end() ; i++){
    for(j = (*i).begin() ; j != (*i).end() ; j++)
      cout << (*j) << " ";
    cout << endl;
  }

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ les listes doublement chaînées

```
#include <iostream>
#include <list>    // <-- utilisation des listes doublement chainees

using namespace std;

int
main(void)
{
  list< int > L;          // declaration similaire a celle d'un vecteur
                          //  mais utilisation differente

  L.push_back(5);         // L = {5}
  L.push_back(4);         // L = {5,4}
  L.push_front(3);        // L = {3,5,4}

  cout << "Tete de L : " << L.front() << endl; // Tete de L : 3
  cout << "Queue de L : " << L.back() << endl; // Queue de L : 4

  for(int i = 0 ; i < L.size() ; i++){
    cout << "L.at(" << i << ") : " << L.at(i);      // ERREUR
    cout << "L[" << i << "] : " << L[i] << endl;    // ERREUR
  }

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ les listes doublement chaînées

```
int
main(void)
{
  list< int > L;          // declaration similaire a celle d'un vecteur
                          //  mais utilisation differente

  L.push_back(5);         // L = {5}
  L.push_back(4);         // L = {5,4}
  L.push_front(3);        // L = {3,5,4}

  cout << "Tete de L : " << L.front() << endl; // Tete de L : 3
  cout << "Queue de L : " << L.back() << endl; // Queue de L : 4

  int idx = 0;
  list< int >::iterator it1;
  list< int >::reverse_iterator it2;
  for(it1 = L.begin() ; it1 != L.end() ; it1++)
    cout << "L(" << (idx++) << ") : " << (*it1) << endl;    // OK
  // --> 3, 5, 4

  for(it2 = L.rbegin() ; it2 != L.rend() ; it2++)
    cout << "L(" << (idx++) << ") : " << (*it2) << endl;    // OK
  // --> 4, 5, 3

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ les tableaux associatifs (map)

```
#include <iostream>
#include <map>      // <-- utilisation des tables associatifs (map)

using namespace std;

int
main(void)
{
  map< string, string > telephones; // tableau indexe par une
                                    //  chaine de caracteres

  telephones["Nom1"] = "0132655698";
  telephones["Nom2"] = "0686423657";
  telephones["Nom3"] = "0682749823";
  telephones["Nom4"] = "0221331090";

  map< string, string >::iterator it;
  for(it = telephones.begin() ; it != telephones.end() ; it++)
    // it pointe sur une paire :
    //  - premier element : it->first ou (*it).first
    //  - second element : it->second ou (*it).second
    cout << it->first << " -> " << (*it).second << endl;

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'un itérateur

⇝ recherche et suppresssion dans un tableau associatif (map)

```
// --> recherche du numero de "Nom1"
string nom("Nom5");
it = telephones.find(nom);
if(it == telephones.end())
  cout << "Error : \"" << nom << "\" not found..." << endl;
else
  cout << "Error : \"" << nom << "\" found..." << endl;

nom = "Nom1";
it = telephones.find(nom);
if(it == telephones.end())
  cout << "Error : \"" << nom << "\" not found..." << endl;
else
  cout << "Error : \"" << nom << "\" not..." << endl;

// --> suppression de l'entree indexee par "Nom1"
telephones.erase(it);

for(it = telephones.begin() ; it != telephones.end() ; it++)
  cout << it->first << " -> " << (*it).second << endl;
```

```
Error : "Nom5" not found...
Error : "Nom1" not...
Nom2 -> 0686423657
Nom3 -> 0682749823
Nom4 -> 0221331090
```

Les algorithmes de la STL

- Finalement, la STL offre un ensemble d'algorithmes utilisables sur les conteneurs, via les itérateurs.

- Les principaux algorithmes sont :
  - ↪ les algorithmes numériques ⇝ minimum, maximum, sommes partielles, accumulations, produits, ...),
  - ↪ les algorithmes de tri ⇝ quick-sort, ...,
  - ↪ les algorithmes modifiant les conteneurs ⇝ remplissage, copie, échanges, union, intersection, ...,
  - ↪ les algorithmes ne modifiant pas les conteneurs ⇝ recherche, applications de fonctions, inclusion, ...

Exemple d'utilisation d'algorithme de la STL

⇝ sommer les éléments d'un vecteur d'entiers

```
#include <iostream>
#include <vector>     // <-- utilisation des vecteurs
#include <numeric>    // <-- utilisation des algorithmes numeriques

using namespace std;

int
main(void)
{
  vector< int > v1(8);   // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int >::iterator it1;
  int idx = 1;

  // --> initialisation du debut a la fin du vecteur
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end() ; it1++)
    (*it1) = (idx++);

  // --> calcule de la somme des elements : 1 + 2 + ... + 8
  int sum = accumulate(v1.begin(), v1.end(), 0);
  cout << "Sum : " << sum << endl;

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'algorithme de la STL

⇝ trier les éléments d'un vecteur d'entiers

```
//...
#include <algorithm>  // <-- utilisation des algorithmes de tri

int
main(void)
{
  vector< int > v1(8);   // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int >::iterator it1;

  // --> initialisation du debut a la fin du vecteur
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end() ; it1++) (*it1) = rand()%101;

  // --> affichage des elements du vecteur
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end(); it1++)
    cout << (*it1) << " ";
  cout << endl;                                          // 32 32 54 12 52 56 8 30

  // --> tri des elements du vecteur
  sort(v1.begin(), v1.end());

  // --> affichage des elements du vecteur trie
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end(); it1++)
    cout << (*it1) << " ";
  cout << endl;                                          // 8 12 30 32 32 52 54 56

  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'algorithme de la STL

⇝ faire l'union des éléments de deux vecteurs d'entiers

```
//...
#include <algorithm>  // <-- utilisation de l'union
#include <iterator>   // <-- ostream_iterator

int
main(void)
{
  vector< int > v1(4), v2(4);   // declaration de deux vecteurs de 4 cases non
                                // initialisees
  vector< int >::iterator it1;

  // --> initialisation des deux vecteurs
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end() ; it1++) (*it1) = rand()%101;
  for(it1 = v2.begin() ; it1 != v2.end() ; it1++) (*it1) = rand()%101;

  // --> affichage des elements des vecteurs
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end(); it1++)
    cout << (*it1) << " ";
  cout << endl;                                              // 32 32 54 12
  for(it1 = v2.begin() ; it1 != v2.end(); it1++)
    cout << (*it1) << " ";
  cout << endl;                                              //  52 56 8 30

  // --> affichage de l'union des deux vecteurs
  set_union(v1.begin(), v1.end(), v2.begin(), v2.end(),
            ostream_iterator<int>(cout, " "));
                                                  // 32 32 52 54 12 56 8 30
  return 0;
}
```

Exemple d'utilisation d'algorithme de la STL

⇝ recherche d'un élément dans un vecteur

```
//...
#include <algorithm>  // <-- utilisation des algorithmes de recherche

int
main(void)
{
  vector< int > v1(8);   // declaration d'un vecteur de 8 cases non initialisees
  vector< int >::iterator it1;
  int idx = 0;

  // --> initialisation du debut a la fin du vecteur
  for(it1 = v1.begin() ; it1 != v1.end() ; it1++)
    (*it1) = (idx++);

  vector< int >::iterator it;

  // --> recherche du numero 7
  it = find(v1.begin(), v1.end(), 7);
  if(it == v1.end())
    cout << "Error : 7 not found..." << endl;
  else
    cout << "Error : 7 found..." << endl;
  // Error : 7 found...

  return 0;
}
```

Ce cours est une brève introduction à la STL, et de son efficacité... Je vous conseille d'aller voir par vous même à l'adresse suivante pour en savoir plus !

`http://www.sgi.com/tech/stl/`

Questions ?