

C++

La STL

`.begin()`

`.end()`

`std::map<std::string, std::vector<float> >`

`std::list<vec2>::const_iterator`

Fonctions génériques

Enumérer tous les types de bases ?

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

float ma_fonction(float a,float b,float c)
{
    return a+b+c;
}

double ma_fonction(double a,double b,double c)
{
    return a+b+c;
}

unsigned int ma_fonction(unsigned int a,unsigned int b,unsigned int c)
{
    return a+b+c;
}

...
```

Fonctions génériques

Pire: Classes, multiplicité potentiellement infinie

```
struct vec2
{
    vec2(float x_param, float y_param):x(x_param),y(y_param){}
    float x,y;
};
vec2 operator+(const vec2& a,const vec2& b)
{
    return vec2(a.x+b.x,a.y+b.y);
}
```

```
vec2 ma_fonction(const vec2& a,const vec2& b,const vec2& c)
{
    return a+b+c;
}
```

...

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

float ma_fonction(float a,float b,float c)
{
    return a+b+c;
}

double ma_fonction(double a,double b,double c)
{
    return a+b+c;
}

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

Fonctions génériques

Les templates

mot clé template

typename
~ un type générique

nom utilisé pour
un type non connu

```
template <typename Type>
Type ma_fonction(Type a, Type b, Type c)
{
    return a+b+c;
}
```

Rem. **Type** peut prendre n'importe quel nom.
On retrouve généralement **T**

Utilisation fonctions template

```
template <typename Type>
Type ma_fonction(Type a, Type b, Type c)
{
    return a+b+c;
}
```

```
int main()
{
    {
        int a=5, b=4, c=8;
        int d=ma_fonction(a, b, c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
    {
        float a=5.4, b=4.2, c=8.9;
        float d=ma_fonction(a, b, c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
    {
        double a=5.4, b=4.2, c=8.9;
        double d=ma_fonction(a, b, c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
}
```

Type est remplacé
par int

Type est remplacé
par float

Type est remplacé
par double

Le type de "Type"
est inféré à partir
des arguments

Utilisation fonctions template

```
template <typename Type>
Type ma_fonction(Type a, Type b, Type c)
{
    return a+b+c;
}
```

Il est possible d'expliciter le type template

```
int main()
{
    {
        int a=5,b=4,c=8;
        int d=ma_fonction<int>(a,b,c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
    {
        float a=5.4,b=4.2,c=8.9;
        float d=ma_fonction<float>(a,b,c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
    {
        double a=5.4,b=4.2,c=8.9;
        double d=ma_fonction<double>(a,b,c);
        std::cout<<d<<std::endl;
    }
}
```

On "force" le type
plutôt que de l'inférer

Utilisation fonctions template

```
template <typename Type>
Type ma_fonction(Type a, Type b, Type c)
{
    return a+b+c;
}
```

Fonctionne pour tout les types possibles
(qui implémentent l'opérateur +)

```
int main()
{
    {
        vec2 a(1.2,3.4), b(4.5,7.8), c(-1.1,2.1);
        vec2 d=ma_fonction(a,b,c);
        std::cout<<d.x<<" " <<d.y<<std::endl;
    }
}
```

Utilisation fonctions template

On peut éviter les copies inutiles

(fonctionne pour les types de bases également)

```
template <typename Type>
Type ma_fonction( Type const& a, Type const& b, Type const& c )
{
    return a+b+c;
}
```

A diagram with six red arrows pointing from the parameter list 'Type const& a, Type const& b, Type const& c' to the variable declarations 'Type a', 'Type b', and 'Type c' in the function body. This illustrates that the function uses references to the arguments, preventing unnecessary copies of the data.

```
int main()
{
    {
        vec2 a(1.2,3.4),b(4.5,7.8),c(-1.1,2.1);
        vec2 d=ma_fonction(a,b,c);
        std::cout<<d.x<<" " <<d.y<<std::endl;
    }
}
```

Fonction template

On retrouvera classiquement la syntaxe suivante

```
template <typename T>  
T ma_fonction( T const& a, T const& b, T const& c )  
{  
    ...  
}
```

Classes génériques

Obligation
d'un nom
différent

```
struct vec2f
{
    float x,y;

    vec2f(float x_param,float y_param):x(x_param),y(y_param){}
};
struct vec2d
{
    double x,y;

    vec2d(double x_param,double y_param):x(x_param),y(y_param){}
};
struct vec2i
{
    int x,y;

    vec2i(int x_param,int y_param):x(x_param),y(y_param){}
};
```

Utilisation

```
int main()
{
    vec2d a0(1.2,4.5);
    vec2f a1(1.4,4.5);
    vec2i a2(1,4);
}
```

Classes templates

```
template <typename T>
struct vec2
{
    T x,y;
    vec2(T x_param,T y_param):x(x_param),y(y_param){}
};
```

Peut utiliser T partout dans la classe

Utilisation

```
int main()
{
    vec2<float> a0(1.2,4.5);
    vec2<double> a1(1.4,4.5);
    vec2<int> a2(1,4);
}
```

Obligation de préciser explicitement le type



Classes templates

```
template <typename T>
struct vec2
{
    Peut utiliser T partout dans la classe
    T x,y;
    vec2(T x_param,T y_param):x(x_param),y(y_param){}
};
```

Très générique: peut créer un vecteur de vecteur, ...

Ex.

```
int main()
{
    vec2<vec2<float>> > a(vec2<float>(1.2,4.5),
                          vec2<float>(7.4,-1.4));
    std::cout<<a.x.y<<std::endl;
}
```

STL = **ST**andard **L**ibrary

- Des conteneurs génériques
- Des algorithmes génériques

*Basées
templates*

<http://www.cplusplus.com/reference/>

The screenshot displays the C++ Standard Library Reference for `std::vector`. It includes the following sections:

- Reference:** Lists various C++ libraries and containers, with `<vector>` highlighted.
- std::vector:** The definition of the `vector` template class, showing its inheritance from `std::allocator` and its status as a generic template.
- Vector:** A detailed description of the `vector` container, explaining its dynamic resizing, memory management, and comparison to arrays.
- Container properties:** A section detailing the properties of `vector`, such as its sequence nature, dynamic array characteristics, and allocator awareness.
- Member functions:** A list of member functions for `vector`, including `assign`, `at`, `back`, `begin`, `capacity`, `cbegin`, `cend`, `clear`, `cbegin`, `crend`, `data`, `emplace`, and `emplace_back`.

La STL, les +/-

La STL est:

- La bibliothèque standard. Elle fait partie du C++
- Très générique
- Robuste
- Optimisée pour chaque architecture

Il faut utiliser la STL dès que possible

Il ne faut pas re-coder des équivalents

Moins robustes
Moins génériques
Moins rapides

à bannir
~~Listes chaînées "maison"~~
~~Files à priorités "maison"~~

Mais

- La STL est technique/complexé à utiliser
- La syntaxe est longue et technique

**Il faut prendre
l'habitude**

C++11 simplifie des choses

Le std::string

- Stockage d'une chaîne de caractères
Sans les inconvénients des pointeurs
- Remplace avantageusement le char[], et char*

Ne plus utiliser char* en C++

sauf compatibilité C

```
int main()
{
    std::string mot="ma maison";

    mot+=" a moi.";

    std::cout<<mot<<std::endl;

    int N=mot.size();
    mot[N-1]='!';

    for(int k=N-1;k>=0;--k)
        std::cout<<mot[k]<<std::endl;

    return 0;
}
```

initialisation
dimensionnement
automatique

concatenation (redimensionnement)

nombre de caractères

accès individuel aux
caractères

Le std::string

Conversion aisées (en C++11)

```
std::string a=std::to_string(1.512+0.25);  
float val=std::stof("12"+a);  
std::cout<<val<<std::endl;
```

conversion nombre vers string

conversion string vers nombre

stoi
stol
stoul
stoll
stoull
stof
stod
stold

Le std::vector

- .Éléments contigus en mémoire
- .Accès/utilisation identique à un tableau classique
- .Redimensionne automatiquement lors de l'ajout en fin

équivalent du new[N] en mieux

```
#include <vector>
```

```
int main()  
{
```

```
    std::vector<int> a;
```

```
    a.push_back(8);
```

```
    a.push_back(6);
```

```
    a.push_back(7);
```

```
    std::cout<<a[1]<<std::endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

déclaration
conteneur sur entier

paramètre template

ajout en fin

accès sur 2nd élément

Le std::vector

Exemple:

```
int main()
{
    std::vector<int> a;

    a.push_back(8);
    a.push_back(6);
    a.push_back(7);

    int k=0;
    int N=a.size();
    for(int k=0;k<N;++k)
        a[k] = 2*a[k]-3;

    for(int k=N-1;k>=0;--k)
        std::cout<<k<<": "<<a[k]<<std::endl;

    return 0;
}
```

nombre d'éléments



Le std::vector

Pas que des entiers:

```
int main()
{
    std::vector<std::string> a;

    a.push_back("je suis");
    a.push_back("etudiant");
    a.push_back("a CPE");

    int k=0;
    int N=a.size();
    for(int k=0;k<N;++k)
        std::cout<<a[k]<<std::endl;

    return 0;
}
```

Le std::vector

Classes personnelles:

```
struct vec2
{
    float x,y;
    vec2(float x_arg,float y_arg):x(x_arg),y(y_arg){}
};

int main()
{
    std::vector<vec2> a;

    a.push_back(vec2(1.2,3.3));
    a.push_back(vec2(4.7,5.6));
    a.push_back(vec2(8.1,-1.2));

    int k=0;
    int N=a.size();
    for(int k=0;k<N;++k)
        std::cout<<a[k].x<<" "<<a[k].y<<std::endl;

    return 0;
}
```

Le std::vector

Compatibilité avec les tableaux et pointeurs C.

```
int main()
{
    std::vector<float> v;
    v.push_back(1.4f);
    v.push_back(5.6f);
    v.push_back(-1.2f);

    float* pv=&v[0];

    std::cout<<*pv<<std::endl;
    ++pv;
    std::cout<<*pv<<" , "<<pv[1]<<std::endl;

    return 0;
}
```

adresse du 1er élément

pointeur classique

Le std::vector

Opérations principales

- `std::vector<Type> v` initialisation
- `std::vector<Type> v(N)` initialisation avec N cases vides
- `v.push_back(x)` ajout en fin
- `v.size()` nombre d'éléments
- `v.resize(N)` redimensionnement manuel
- `v[k]` accès lecture/ecriture élément k

Le std::vector

Opérations rapides (en $O(1)$)

- Ajout en fin `v.push_back(x);`
(sauf redimensionnement, $O(N)$)
- Accès aléatoire `v[k]`

Autres opérations

insertions, suppression, ... en $O(N)$

copie du tableau

Le std::list

- . Éléments chaînés (doublement)
- . Éléments non contigus en mémoire

Ne pas recoder de listes chaînées!

```
#include <list>
```

```
int main()  
{
```

```
    std::list<int> a;
```

```
    a.push_back(4);
```

```
    a.push_front(10);
```

```
    a.push_front(-7);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

initialisation

ajout en tête

ajout en fin

Accès aux éléments

Comment accéder au 1er élément?

Comment passer au suivant?

En C, pas de standard

n.value

n.x

n.next

n.suivant

n.?

```
struct node
{
    int value;
    node* next;
};
```

Généraliser pour des arbres?

n.gauche

n.droite

n.next_left

n.next_right

n.previous

n.?

Itérateur

La STL introduit la notion d'itérateur

Permet de se déplacer dans les conteneurs
et d'accéder à la valeur des éléments

Avantage: Parcours générique (ne dépend pas du conteneur
vecteur, list, arbre, ...)

Inconvénient: Syntaxe lourde

Itérateur

- Classe interne à un conteneur

(std::list<int>::iterator it;)

- Définit l'opérateur * et ++

* : donne la valeur

*(*it)*

++ : passe au suivant

(++it)

*Syntaxe similaire
aux pointeurs*

Attention! itérateur n'est pas un pointeur

valeur=*it

&valeur != it

Iterator Java connaissent leurs domaines de validité (has next), pas en C++ !

Itérateur

Parcours d'une liste

```
int main()
{

    std::list<int> a;

    a.push_back(4);
    a.push_front(10);
    a.push_front(-7);

    std::list<int>::iterator it;

    it=a.begin();

    std::cout<<*it<<std::endl;    -7
    ++it;
    std::cout<<*it<<std::endl;    10
    ++it;
    std::cout<<*it<<std::endl;    4

    return 0;
}
```

Itérateur

Parcours générique

```
int main()
{

    std::list<int> a;

    a.push_back(4);
    a.push_front(10);
    a.push_front(-7);

    std::list<int>::iterator it,it_end;

    it=a.begin();
    it_end=a.end();

    for(;it!=it_end;++it)
    {
        int value=*it;
        std::cout<<value<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

sentinelle de fin
indique la fin de la liste



Itérateur

Parcours générique: version condensée

```
int main()
{

    std::list<int> a;

    a.push_back(4);
    a.push_front(10);
    a.push_front(-7);

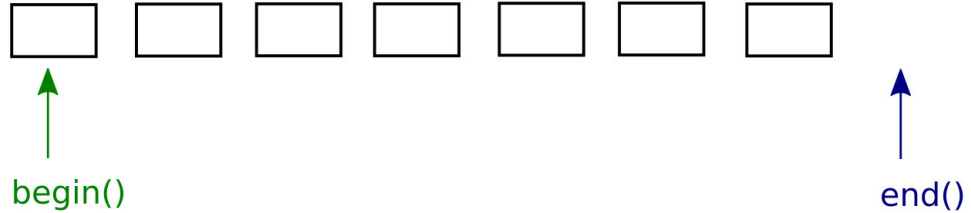
    for(std::list<int>::iterator it=a.begin(), it_end=a.end();
        it!=it_end;++it)
    {
        int value=*it;
        std::cout<<value<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Itérateurs particuliers

Chaque conteneur définit des itérateurs particuliers

Elements
d'un conteneur



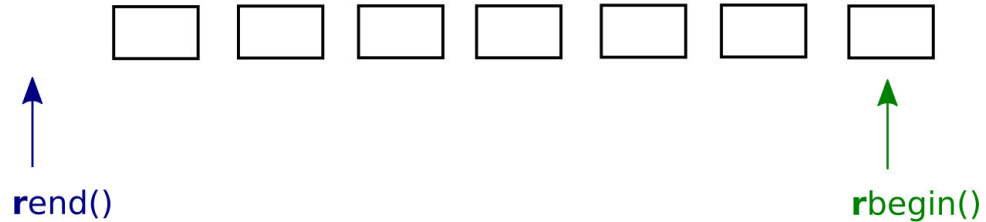
- `begin()` itérateur sur le 1er élément
- `end()` sentinelle de fin de conteneur
 (*it ne désigne pas un élément valide)

```
conteneur<type> c;  
conteneur<type>::iterator it ,it_end;  
for(it=c.begin(),it_end=c.end(); it!=it_end ; ++it)  
{  
    ...  
}
```

Itérateurs particuliers

Parcours dans le sens inverse

Elements
d'un conteneur



- `rbegin()` (reverse) itérateur sur le dernier élément
- `rend()` sentinelle de fin de conteneur (avant le 1er élément)
(*it ne désigne pas un élément valide)

```
conteneur<type> c;  
conteneur<type>::iterator it ,it_end;  
for(it=c.rbegin(),it_end=c.rend(); it!=it_end ; ++it)  
{  
    ...  
}
```

*parcours du dernier
au premier*

Itérateurs constants

On souhaite souvent parcourir les éléments sans les modifier

En C, on a	<code>int*</code>	pointeur vers une valeur modifiable
	<code>const int*</code>	pointeur vers une valeur non modifiable

En C++, on a	<code>iterator</code>	itérateur vers une valeur modifiable
	<code>const_iterator</code>	itérateur vers une valeur non modifiable

- `cbegin()` `const` itérateur sur le dernier élément
- `cend()` sentinelle de fin de conteneur (avant le 1er élément)
 (*it ne désigne pas un élément valide)
- `crbegin()` (reverse) `const` itérateur sur le dernier élément
- `crend()` sentinelle de fin de conteneur (avant le 1er élément)
 (*it ne désigne pas un élément valide)

Itérateurs

Parcours sans modification

```
conteneur<type> c;  
conteneur<type>::const_iterator it , it_end;  
for(it=c.cbegin(), it_end=c.cend(); it!=it_end ; ++it)  
{  
    ...  
}
```

Parcours avec modification

```
conteneur<type> c;  
conteneur<type>::iterator it , it_end;  
for(it=c.begin(), it_end=c.end(); it!=it_end ; ++it)  
{  
    ...  
}
```

Bonne programmation:
Toujours préférer le `const_iterator` si possible

Différents types d'itérateurs

Les conteneurs ont des itérateurs avec +/- de possibilités

- Forward iterator `*it` `(std::unordered_map)`
 `++it`
- Backward iterator `--it` `(std::list)`
- Random access `it+n` `(std::vector)`
 `it-n`
 `it+=n`
 `it-=n`
 `it-it2`
 `it[n]`

Exercice listes

- Déclarer une liste contenant 4 nombres flottants
- Multiplier par 2 l'ensemble des valeurs de la liste

Fonctions sur listes

<code>size()</code>	nombre d'éléments
<code>push_front()</code>	ajoute en début
<code>push_back()</code>	ajoute en fin
<code>pop_front()</code>	suppression en début
<code>pop_back()</code>	suppression en fin
<code>insert(iterator, value)</code>	insère valeur avant l'itérateur
<code>erase(iterator)</code>	Supprime l'élément
<code>clear()</code>	Supprime l'ensemble des éléments
<code>remove(value)</code>	Supprime tous les éléments ayant une valeur donnée

std::list, efficacité

Opérations rapides (en $O(1)$)

- Ajout quelconque
- Suppression

push_back();
push_front();
insert();

erase()

Autres opérations
parcours, accès en $O(N)$

Savoir lire la documentation

class template

std::list

<list>

```
template < class T, class Alloc = allocator<T> > class list;
```

List

Lists are sequence containers that allow constant time insert and erase operations anywhere within the sequence, and iteration in both directions.

List containers are implemented as doubly-linked lists; Doubly linked lists can store each of the elements they contain in different and unrelated storage locations. The ordering is kept by the association to each element of a link to the element preceding it and a link to the element following it.

They are very similar to [forward_list](#): The main difference being that [forward_list](#) objects are single-linked lists, and thus they can only be iterated forwards, in exchange for being somewhat smaller and more efficient.

Compared to other base standard sequence containers ([array](#), [vector](#) and [deque](#)), lists perform generally better in inserting, extracting and moving elements in any position within the container for which an iterator has already been obtained, and therefore also in algorithms that make intensive use of these, like sorting algorithms.

The main drawback of lists and [forward_lists](#) compared to these other sequence containers is that they lack direct access to the elements by their position; For example, to access the sixth element in a `list` one has to iterate from a known position (like the beginning or the end) to that position, which takes linear time in the distance between these. They also consume some extra memory to keep the linking information associated to each element (which may be an important factor for large lists of small-sized elements).

Container properties

Sequence

Elements in sequence containers are ordered in a strict linear sequence. Individual elements are accessed by their position in this sequence.

Doubly-linked list

Each element keeps information on how to locate the next and the previous elements, allowing constant time insert and erase operations before or after a specific element (even of entire ranges), but no direct random access.

Allocator-aware

The container uses an allocator object to dynamically handle its storage needs.

Template parameters

T

Type of the elements.

Aliased as member type `list::value_type`.

Alloc

Type of the allocator object used to define the storage allocation model. By default, the [allocator](#) class template is used, which defines the simplest memory allocation model and is value-independent.

Aliased as member type `list::allocator_type`.

Savoir lire la documentation

fx Member functions

(constructor)	Construct list (public member function)
(destructor)	List destructor (public member function)
operator=	Assign content (public member function)

Iterators:

begin	Return iterator to beginning (public member function)
end	Return iterator to end (public member function)
rbegin	Return reverse iterator to reverse beginning (public member function)
rend	Return reverse iterator to reverse end (public member function)
cbegin C++11	Return const_iterator to beginning (public member function)
cend C++11	Return const_iterator to end (public member function)
crbegin C++11	Return const_reverse_iterator to reverse beginning (public member function)
crend C++11	Return const_reverse_iterator to reverse end (public member function)

Capacity:

empty	Test whether container is empty (public member function)
size	Return size (public member function)
max_size	Return maximum size (public member function)

Element access:

front	Access first element (public member function)
back	Access last element (public member function)

Modifiers:

assign	Assign new content to container (public member function)
emplace_front C++11	Construct and insert element at beginning (public member function)
push_front	Insert element at beginning (public member function)
pop_front	Delete first element (public member function)
emplace_back C++11	Construct and insert element at the end (public member function)
push_back	Add element at the end (public member function)
pop_back	Delete last element (public member function)
emplace C++11	Construct and insert element (public member function)
insert	Insert elements (public member function)
erase	Erase elements (public member function)
swap	Swap content (public member function)
resize	Change size (public member function)
clear	Clear content (public member function)

Liste des fonctions
de la classe

Savoir lire la documentation

public member function

`std::list::insert`

`<list>`

C++98 C++11 ?

```
single element (1) iterator insert (const_iterator position, const value_type& val);
fill (2) iterator insert (const_iterator position, size_type n, const value_type& val);
range (3) template <class InputIterator>
iterator insert (const_iterator position, InputIterator first, InputIterator last);
move (4) iterator insert (const_iterator position, value_type&& val);
initializer list (5) iterator insert (const_iterator position, initializer_list<value_type> il);
```

Insert elements

The container is extended by inserting new elements before the element at the specified *position*.

This effectively increases the [list size](#) by the amount of elements inserted.

Unlike other standard sequence containers, [list](#) and [forward_list](#) objects are specifically designed to be efficient inserting and removing elements in any position, even in the middle of the sequence.

The arguments determine how many elements are inserted and to which values they are initialized:

Parameters

position

Position in the container where the new elements are inserted.
iterator is a member type, defined as a [bidirectional iterator](#) type that points to elements.

val

Value to be copied (or moved) to the inserted elements.
Member type `value_type` is the type of the elements in the container, defined in [list](#) as an alias of its first template parameter (T).

n

Number of elements to insert. Each element is initialized to a copy of *val*.
Member type `size_type` is an unsigned integral type.

first, last

Iterators specifying a range of elements. Copies of the elements in the range `[first, last)` are inserted at *position* (in the same order).
Notice that the range includes all the elements between *first* and *last*, including the element pointed by *first* but not the one pointed by *last*.
The function template argument `InputIterator` shall be an [input iterator](#) type that points to elements of a type from which `value_type` objects can be constructed.

il

An [initializer_list](#) object. Copies of these elements are inserted at *position* (in the same order).
These objects are automatically constructed from *initializer_list* declarators.
Member type `value_type` is the type of the elements in the container, defined in [list](#) as an alias of its first template parameter (T).

Signature de la fonction

Savoir lire la documentation

💡 Example

Example
d'utilisation

```
1 // inserting into a list
2 #include <iostream>
3 #include <list>
4 #include <vector>
5
6 int main ()
7 {
8     std::list<int> mylist;
9     std::list<int>::iterator it;
10
11     // set some initial values:
12     for (int i=1; i<=5; ++i) mylist.push_back(i); // 1 2 3 4 5
13
14     it = mylist.begin();
15     ++it;      // it points now to number 2      ^
16
17     mylist.insert (it,10);                        // 1 10 2 3 4 5
18
19     // "it" still points to number 2              ^
20     mylist.insert (it,2,20);                      // 1 10 20 20 2 3 4 5
21
22     --it;     // it points now to the second 20  ^
23
24     std::vector<int> myvector (2,30);
25     mylist.insert (it,myvector.begin(),myvector.end());
26                                     // 1 10 20 30 30 20 2 3 4 5
27                                     //                                     ^
28     std::cout << "mylist contains:";
29     for (it=mylist.begin(); it!=mylist.end(); ++it)
30         std::cout << ' ' << *it;
31     std::cout << '\n';
32
33     return 0;
34 }
```

Liste de classes

```
struct vec2
{
    float x,y;
    vec2(float x_arg,float y_arg):x(x_arg),y(y_arg){}
};

int main()
{
    std::list<vec2> C;

    C.push_back(vec2(4.1,2.3));
    C.push_front(vec2(4.0,5.3));
    C.push_front(vec2(7.2,-1.3));

    for(std::list<vec2>::const_iterator it=C.cbegin(),it_end=C.cend();
        it!=it_end;++it)
    {
        vec2 const & value=*it;
        std::cout<<value.x<<" "<<value.y<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Liste de classes, version C++11

```
struct vec2
{
    float x,y;
    vec2(float x_arg,float y_arg):x(x_arg),y(y_arg){}
};

int main()
{
    std::list<vec2> C={{4.0f,5.3f},{4.1f,2.3f}};
    C.push_front({7.2,-1.3});

    //1st version : use of iterator
    for(auto it=C.cbegin(),it_end=C.cend();
        it!=it_end;++it)
    {
        auto const& value=*it;
        std::cout<<value.x<<","<<value.y<<std::endl;
    }

    //2nd version : for-ranged loop
    for(auto const& value : C)
        std::cout<<value.x<<","<<value.y<<std::endl;

    return 0;
}
```

Exemple de listes

- Créez une liste de 6 mots (`std::string`)
- Afficher cette liste
- Créez une liste de `std::vector` d'entiers
 - Le 1er vecteur contiendra [4,8,6]
 - Le 2nd vecteur contiendra [-1,7,7,4]
 - Le 3ème vecteur contiendra [5,7,9]
- Supprimez le second vecteur de la liste
- Afficher tous les éléments les un à la suite des autres

Les set

set = Conteneur d'éléments ordonnés (uniques)

Intérêt: Recherche rapide (dichotomie)
(*binary search*)

Insertion et suppression en $\log(N)$

Implémentation possible : arbre binaire de recherche

Les std::set, exemple d'initialisation

```
#include <set>

int main()
{
    std::set<int> S;

    S.insert(4);S.insert(-6);S.insert(4);
    S.insert(8);S.insert(-3);S.insert(12);
    S.insert(-7);S.insert(-8);S.insert(0);

    for(std::set<int>::const_iterator it=S.cbegin(),it_end=S.cend();
        it!=it_end;++it)
    {
        int value=*it;
        std::cout<<value<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Affiche: -8 -7 -6 -3 0 4 8 12

Les nombres sont triés, il n'y a pas de doublons

Les std::set, exemple d'initialisation

```
#include <set>

int main()
{
    std::set<int> S;

    S.insert(4);S.insert(-6);S.insert(4);
    S.insert(8);S.insert(-3);S.insert(12);
    S.insert(-7);S.insert(-8);S.insert(0);

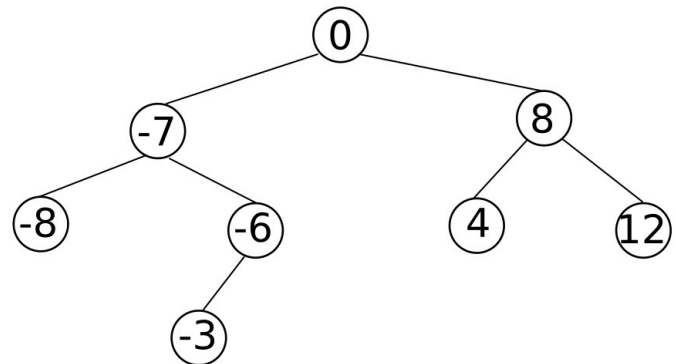
    for(std::set<int>::const_iterator it=S.cbegin(),it_end=S.cend();
        it!=it_end;++it)
    {
        int value=*it;
        std::cout<<value<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Affiche: -8 -7 -6 -3 0 4 8 12

Les nombres sont triés, il n'y a pas de doublons

En interne



Les std::set, recherche d'élément

```
#include <set>

int main()
{
    std::set<int> S;

    S.insert(4);S.insert(-6);S.insert(4);
    S.insert(8);S.insert(-3);S.insert(12);
    S.insert(-7);S.insert(-8);S.insert(0);

    std::set<int>::const_iterator it;
    it=S.find(8);
    if(it==S.end())
        std::cout<<"Pas de 8 dans S"<<std::endl;
    else
        std::cout<<"J'ai trouve un "<<*it
            <<" en position "<<std::distance(S.begin(),it)<<std::endl;

    return 0;
}
```

Les std::set, recherche d'élément

En C++11

```
#include <set>
#include <iostream>

int main()
{
    std::set<int> S={4, -6, 4, 8, -3, 12, -7, -8, 0};

    auto it=S.find(8);
    if(it==S.end())
        std::cout<<"No 8 in set S"<<std::endl;
    else
        std::cout<<"I found 8 in position "<<
            std::distance(S.begin(),it)<<std::endl;
    return 0;
}
```

std::set de mots

```
std::set<std::string> S;

S.insert("Hugo Victor");
S.insert("De Medicis Catherine");
S.insert("Presley Elvis");
S.insert("Colomb Christophe");
S.insert("Lincoln Abraham");
S.insert("Cesar Jules");
S.insert("Vian Boris");

if(S.find("L'eventreur Jack")==S.end())
    S.insert("L'eventreur Jack");
S.erase("Cesar Jules");
S.insert("Hallyday Johnny");

for(std::set<std::string>::const_iterator it=S.cbegin(), it_end=S.cend();
    it!=it_end; ++it)
{
    std::cout<<*it<<std::endl;
}
```

Classement dans l'ordre alphabétique

Classement spécifique

```
struct comparator_inferior
{
    bool operator()(      std::string const & word_1,
                          std::string const & word_2) const
    {
        return word_1.size() < word_2.size();
    }
};
```

répond à la question
word_1 < word_2 ?

```
std::set<std::string, comparator_inferior> S;

S.insert("Hugo Victor");
S.insert("De Medicis Catherine");
S.insert("Presley Elvis");
S.insert("Colomb Christophe");
S.insert("Lincoln Abraham");
S.insert("Cesar Jules");
S.insert("Vian Boris");

if(S.find("L'eventreur Jack") == S.end())
    S.insert("L'eventreur Jack");
S.erase("Cesar Jules");
S.insert("Hallyday Johnny");

for(std::set<std::string>::const_iterator it=S.cbegin(), it_end=S.cend();
    it != it_end; ++it)
{
    std::cout << *it << std::endl;
}
```

*Utilise la fonction de
comparaison donnée*

*Classement par nombre de lettres
deux mots ayant le même nombre de lettres
sont considérés comme égaux*

Vian Boris
Presley Elvis
Lincoln Abraham
L'eventreur Jack
Colomb Christophe
De Medicis Catherine

Exercice sur le classement

- Soit une structure stockant des vecteurs flottants (x,y)
- Créez une `std::set` stockant 8 vecteurs ordonnés suivant leurs valeurs y

Attention sur des nombres flottants
égalité difficile à vérifier
`find()` ne donne pas toujours le résultat attendu

std::set : efficacité

Les opérations sur les std::set sont en $O(\log(N))$

- Moins optimale que $O(1)$
- Bien plus rapide que $O(N)$ pour N grand

Recherche d'élément
Ajout d'éléments
Suppression d'éléments

recherche base de données
grand nombre d'items classés
...

std::map

On veut souvent des éléments classés par clés
et possédant une valeur

- On peut faire une struct (clé,valeur)
ordonné suivant la clé
- std::map propose un conteneur spécifique

Structure de donnée très utilisée!!

std::map

```
#include <map>

int main()
{
    std::map<int, std::string> M;

    M[4]="valeur 0";
    M[9]="valeur 1";
    M[-12]="valeur 3";
    M[7]="valeur 4";

    std::map<int, std::string>::const_iterator it=M.cbegin(), it_end=M.cend();
    for(; it!=it_end; ++it)
    {
        std::cout<<it->first<<" , " <<it->second<<std::endl;
    }

    return 0;
}
```

type clé *type valeur*

M[clé]=valeur;

clé *valeur*

std::map

La clé peut être un mot

```
std::map<std::string,int> age;

age["Romain"]=45;
age["Mathilde"]=13;
age["Fabrice"]=43;
age["Romualde"]=25;

std::map<std::string,int>::const_iterator it=age.cbegin(), it_end=age.cend();
for(; it!=it_end; ++it)
{
    std::string const& nom=it->first;
    int age_courant=it->second;

    std::cout<<nom<<" a "<<age_courant<<" ans."<<std::endl;
}
```

- std::map peut aider à la lisibilité du code
peut jouer le rôle d'une LUT

Utilisation des std::map

Méthodes identiques à std::set

```
std::map<std::string,int> age;

age["Romain"]=45;
age["Mathilde"]=13;
age["Fabrice"]=43;
age["Romualde"]=25;

if (age.find("Martin")==age.end())
    age["Martin"]=16;

age.erase("Fabrice");

std::map<std::string,int>::const_iterator it=age.cbegin(),it_end=age.cend();
for(;it!=it_end;++it)
{
    std::string const& nom=it->first;
    int age_courant=it->second;

    std::cout<<nom<<" a "<<age_courant<<" ans."<<std::endl;
}
```

Exemple d'organisation avec std::map

```
typedef std::map<std::string,float> moyenne_matiere;  
typedef std::map<std::string,moyenne_matiere > classeur_note;  
classeur_note note;  
  
note["Dupont Marc"]["Informatique"]=12.6;  
note["Ulpere Francis"]["Math"]=9.5;  
note["Lafon Benjamin"]["Anglais"]=7.75;  
note["Dupont Fabrice"]["Informatique"]=11.2;  
note["Dupont Marc"]["Math"]=9.5;  
note["Ulpere Francis"]["Anglais"]=15;  
note["Dupont Marc"]["Anglais"]=7.9;  
note["Lafon Benjamin"]["Informatique"]=15.75;  
  
for(classeur_note::const_iterator it=note.cbegin(),it_end=note.cend();  
    it!=it_end ; ++it)  
{  
    std::string const& etudiant=it->first;  
    moyenne_matiere const& moyenne=it->second;  
  
    std::cout<<etudiant<<" a obtenu "<<std::endl;  
  
    for(moyenne_matiere::const_iterator it_moyenne=moyenne.cbegin(),  
        it_moyenne_end=moyenne.cend() ;  
        it_moyenne!=it_moyenne_end ; ++it_moyenne)  
    {  
        std::string const& matiere=it_moyenne->first;  
        float note_examen=it_moyenne->second;  
  
        std::cout<<"    "<<note_examen<<" en "<<matiere<<std::endl;  
    }  
}
```

*les types templates deviennent
long à écrire
typedef permet de les renommer*

Classé par nom
et par matière

```
Dupont Fabrice a obtenu  
11.2 en Informatique  
Dupont Marc a obtenu  
7.9 en Anglais  
12.6 en Informatique  
9.5 en Math  
Lafon Benjamin a obtenu  
7.75 en Anglais  
15.75 en Informatique  
Ulpere Francis a obtenu  
15 en Anglais  
9.5 en Math
```

Exemple d'organisation avec std::map

```
typedef std::map<std::string,float> moyenne_matiere;  
typedef std::map<std::string,moyenne_matiere > classeur_note;  
classeur_note note;  
  
note["Dupont Marc"]["Informatique"]=12.6;  
note["Ulpere Francis"]["Math"]=9.5;  
note["Lafon Benjamin"]["Anglais"]=7.75;  
note["Dupont Fabrice"]["Informatique"]=11.2;  
note["Dupont Marc"]["Math"]=9.5;  
note["Ulpere Francis"]["Anglais"]=15;  
note["Dupont Marc"]["Anglais"]=7.9;  
note["Lafon Benjamin"]["Informatique"]=15.75;
```

```
for(const auto& notes_courante : note)  
{  
    auto const& nom=notes_courante.first;  
    std::cout<<nom<<" a obtenu ";<<std::endl;  
  
    for( auto const& moyenne : notes_courante.second )  
        std::cout<<" ";<<moyenne.first<<" en ";<<moyenne.second<<std::endl;  
}
```

Plus simple en C++11

std::map avec comparateurs spécifiques

Structure pixel/couleur

```
struct pixel
{
    int x,y;
    pixel(int x_arg,int y_arg)
        :x(x_arg),y(y_arg) {}
};

struct color
{
    float r,g,b;
    color():r(0.0f),g(0.0f),b(0.0f){}
    color(float r_arg,float g_arg,float b_arg)
        :r(r_arg),g(g_arg),b(b_arg) {}
};

struct pixel_is_less
{
    bool operator()( pixel const& p0, pixel const& p1)
    {
        return p0.x+pic_dim*p0.y<p1.x+pic_dim*p1.y;
    }
    const static int pic_dim=256;
};
```

Compare l'offset
dans l'image

std::map avec comparateurs spécifiques

Structure pixel/couleur

```
struct pixel
{
    int x,y;
    pixel(int x_arg,int y_arg)
        :x(x_arg),y(y_arg) {}
};

struct color
{
    float r,g,b;
    color():r(0.0f),g(0.0f),b(0.0f){}
    color(float r_arg,float g_arg,float b_arg)
        :r(r_arg),g(g_arg),b(b_arg) {}
};

struct pixel_is_less
{
    bool operator()(const pixel& p0,const pixel& p1) const
    {
        return p0.x+pic_dim*p0.y<p1.x+pic_dim*p1.y;
    }
    const static int pic_dim=256;
};
```

```
int main()
{
    typedef std::map<pixel,color,pixel_is_less> image_type;

    image_type image;
    image[pixel(25,36)]=color(0.4,0.5,0.6);
    image[pixel(32,18)]=color(0.8,0.7,0.1);
    image[pixel(47,11)]=color(0.1,0.7,0.7);

    if(image.find(pixel(12,48))==image.end())
        std::cout<<"pixel [12,48] non colore"<<std::endl;

    image_type::const_iterator it=image.find(pixel(32,18));
    if(it!=image.end())
    {
        pixel const & p=it->first;
        color const & c=it->second;

        std::cout<<p.x<<" , "<<p.y<<" a pour couleur "
                  <<c.r<<" , "<<c.g<<" , "<<c.b<<std::endl;
    }
    return 0;
}
```

STL définit d'autres conteneurs

- `std::queue<type>` File (FIFO)
- `std::priority_queue<type>` File ordonnée
- `std::stack<type>` Pile (LIFO)
- `std::unordered_set<type>`
c++11 Tables de hachages
- `std::unordered_map<type>`
c++11
- `std::array<type,taille>`
c++11 éléments contigus en mémoire
taille connue à la compilation
(remplacant de T[N])
- ...

Les algorithmes

Functions in <algorithm>

Non-modifying sequence operations:

<code>all_of</code> C++11	Test condition on all elements in range (function template)
<code>any_of</code> C++11	Test if any element in range fulfills condition (function template)
<code>none_of</code> C++11	Test if no elements fulfill condition (function template)
<code>for_each</code>	Apply function to range (function template)
<code>find</code>	Find value in range (function template)
<code>find_if</code>	Find element in range (function template)
<code>find_if_not</code> C++11	Find element in range (negative condition) (function template)
<code>find_end</code>	Find last subsequence in range (function template)
<code>find_first_of</code>	Find element from set in range (function template)
<code>adjacent_find</code>	Find equal adjacent elements in range (function template)
<code>count</code>	Count appearances of value in range (function template)
<code>count_if</code>	Return number of elements in range satisfying condition (function template)
<code>mismatch</code>	Return first position where two ranges differ (function template)
<code>equal</code>	Test whether the elements in two ranges are equal (function template)
<code>is_permutation</code> C++11	Test whether range is permutation of another (function template)
<code>search</code>	Search range for subsequence (function template)
<code>search_n</code>	Search range for elements (function template)

Modifying sequence operations:

<code>copy</code>	Copy range of elements (function template)
<code>copy_n</code> C++11	Copy elements (function template)
<code>copy_if</code> C++11	Copy certain elements of range (function template)
<code>copy_backward</code>	Copy range of elements backward (function template)
<code>move</code> C++11	Move range of elements (function template)
<code>move_backward</code> C++11	Move range of elements backward (function template)
<code>swap</code>	Exchange values of two objects (function template)
<code>swap_ranges</code>	Exchange values of two ranges (function template)
<code>iter_swap</code>	Exchange values of objects pointed by two iterators (function template)
<code>transform</code>	Transform range (function template)
<code>replace</code>	Replace value in range (function template)
<code>replace_if</code>	Replace values in range (function template)
<code>replace_copy</code>	Copy range replacing value (function template)
<code>replace_copy_if</code>	Copy range replacing value (function template)
<code>fill</code>	Fill range with value (function template)
<code>fill_n</code>	Fill sequence with value (function template)
<code>generate</code>	Generate values for range with function (function template)

Les algorithmes

S'appliquent sur les conteneurs de la stl
s'appuient sur les iterators

Functions in <algorithm>

Non-modifying sequence operations:

<code>all_of</code> C++11	Test condition on all elements in range (function template)
<code>any_of</code> C++11	Test if any element in range fulfills condition (function template)
<code>none_of</code> C++11	Test if no elements fulfill condition (function template)
<code>for_each</code>	Apply function to range (function template)
<code>find</code>	Find value in range (function template)
<code>find_if</code>	Find element in range (function template)
<code>find_if_not</code> C++11	Find element in range (negative condition) (function template)
<code>find_end</code>	Find last subsequence in range (function template)
<code>find_first_of</code>	Find element from set in range (function template)
<code>adjacent_find</code>	Find equal adjacent elements in range (function template)
<code>count</code>	Count appearances of value in range (function template)
<code>count_if</code>	Return number of elements in range satisfying condition (function template)
<code>mismatch</code>	Return first position where two ranges differ (function template)
<code>equal</code>	Test whether the elements in two ranges are equal (function template)
<code>is_permutation</code> C++11	Test whether range is permutation of another (function template)
<code>search</code>	Search range for subsequence (function template)
<code>search_n</code>	Search range for elements (function template)

Modifying sequence operations:

<code>copy</code>	Copy range of elements (function template)
<code>copy_n</code> C++11	Copy elements (function template)
<code>copy_if</code> C++11	Copy certain elements of range (function template)
<code>copy_backward</code>	Copy range of elements backward (function template)
<code>move</code> C++11	Move range of elements (function template)
<code>move_backward</code> C++11	Move range of elements backward (function template)
<code>swap</code>	Exchange values of two objects (function template)
<code>swap_ranges</code>	Exchange values of two ranges (function template)
<code>iter_swap</code>	Exchange values of objects pointed by two iterators (function template)
<code>transform</code>	Transform range (function template)
<code>replace</code>	Replace value in range (function template)
<code>replace_if</code>	Replace values in range (function template)
<code>replace_copy</code>	Copy range replacing value (function template)
<code>replace_copy_if</code>	Copy range replacing value (function template)
<code>fill</code>	Fill range with value (function template)
<code>fill_n</code>	Fill sequence with value (function template)
<code>generate</code>	Generate values for range with function (function template)

Exemple d'application d'algorithme

```
#include <vector>
#include <algorithm>

int main()
{
    std::vector<float> v={14.2f, 4.8f, 7.1f , -0.2f, 1.1f, 3.4f};
    std::sort(v.begin(),v.end());
    return 0;
}
```

*itérateur
de début*

*itérateur
de fin*

Entrées/Sorties

Les entrées/sorties sont gérées comme des flux

(clavier, écran, fichiers, etc)

Un flux est un buffer FIFO

Ex.	<code>cout<<valeur;</code>	cout: flux de sortie standard
	<code>cerr<<valeur;</code>	cerr: flux de sortie d'erreur
	<code>cin>>valeur;</code>	cin: flux d'entrée standard

cout est un objet de type `std::ostream`

cin est un objet de type `std::istream`

Par convention opérateur `<<` indique une entrée dans le flux

opérateur `>>` indique une sortie du flux

Exemple de flux de std::string

```
#include <sstream>
#include <vector>
#include <algorithm>

int main()
{
    std::stringstream s;
    s<<"J'envoie ";
    s<<"dans le ";
    s<<"flux le nombre 43";

    std::string str[6];
    for(int k=0;k<6;++k)
        s>>str[k];

    float nombre;
    s>>nombre;

    for(int k=0;k<6;++k)
        std::cout<<str[k]<<" ";
    std::cout<<nombre<<std::endl;

    return 0;
}
```

création d'un flux

envoi dans le flux s

extrait du flux

(s'arrête à chaque espace)

extrait du flux

Attention: Un flux ne se copie pas (il n'y a pas de duplication)

Exemple de flux de std::string

```
#include <sstream>
#include <vector>
#include <algorithm>

int main()
{
    std::stringstream s;
    s<<"J'envoie ";
    s<<"dans le ";
    s<<"flux le nombre 43";

    std::string str[6];
    for(int k=0;k<6;++k)
        s>>str[k];

    float nombre;
    s>>nombre;

    for(int k=0;k<6;++k)
        std::cout<<str[k]<<" ";
    std::cout<<nombre<<std::endl;

    return 0;
}
```

création d'un flux

envoi dans le flux s

extrait du flux

(s'arrête à chaque espace)

extrait du flux

Attention: Un flux ne se copie pas (il n'y a pas de duplication)

Lecture de fichiers

```
std::ifstream ifs;
ifs.open("fichier.txt", std::ifstream::in);

if(ifs.good() != true)
    std::cout << "fichier.txt n'a pas pu etre ouvert" << std::endl;
else
{
    while(ifs.good())
    {
        std::string buffer;

        ifs >> buffer;

        if(ifs.good())
            std::cout << buffer << std::endl;
    }
}

ifs.close();
```

flux pointant vers un fichier

ouverture du fichier

vérification

lecture jusqu'à EOF

lecture du fichier
resultat reçu dans le
buffer

évite d'afficher eof

fermeture fichier

Lecture de fichiers

```
std::ifstream ifs;
ifs.open("fichier.txt",std::ifstream::in);

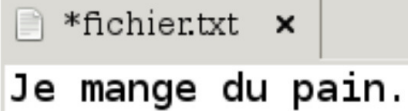
if(ifs.good()!=true)
    std::cout<<"fichier.txt n'a pas pu etre ouvert"<<std::endl;
else
{
    while(ifs.good())
    {
        std::string buffer;

        ifs >> buffer;

        if(ifs.good())
            std::cout<<buffer<<std::endl;
    }
}

ifs.close();
```

Je
mange
du
pain.



*fichier.txt x
Je mange du pain.

Lecture de fichiers par lignes

```
std::ifstream ifs;
ifs.open("fichier.txt",std::ifstream::in);

if(ifs.good()!=true)
    std::cout<<"fichier.txt n'a pas pu etre ouvert"<<std::endl;
else
{
    while(ifs.good())
    {
        std::string buffer;
        std::getline(ifs,buffer);
        std::cout<<buffer<<std::endl;
    }
}

ifs.close();
```

*lit une ligne
complète*

Ecriture de fichiers

```
std::ofstream ofs;  
ofs.open("fichier.txt",std::ofstream::out);  
  
if(ofs.good())  
{  
    ofs<<"Bonjour a ";  
    ofs<<"tous."<<std::endl;  
    ofs<<"Je sais que "<<"2+2="<<4;  
}  
else  
    std::cout<<"Cannot open fichier.txt"<<std::endl;  
  
ofs.close();
```

Bonjour a tous.
Je sais que 2+2=4