Ch. 6 - Conteneurs standards

Langage C / C++

R. Absil

Haute École Bruxelles-Brabant
École supérieure d'Informatique

13 novembre 2020

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Table des matières

Introduction

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes
- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Historique

- En C, il n'existe pas de structure de donnée autre que les tableaux
  - `int t[10];`

Inconvénients

- Efficacité d'ajout médiocre
- Pas de contrôle de bornes

- Les programmeurs étaient amenés à implémenter leurs propres structures de données
  - Parfois très complexe
- En C++, la librairie standard fournit des *conteneurs*
- Plusieurs conteneurs existent, aux caractéristiques et performances variées

Types de conteneurs

- Il existe deux types de conteneurs
  1. Séquentiels : les données sont ordonnées en séquence et parcourues dans cet ordre
  2. Associatifs : les données sont associées à des « clés » et parcourues dans cet ordre

Types de conteneurs

- Il existe deux types de conteneurs
  1. Séquentiels : les données sont ordonnées en séquence et parcourues dans cet ordre
  2. Associatifs : les données sont associées à des « clés » et parcourues dans cet ordre

Types de conteneurs

- Il existe deux types de conteneurs
  1. Séquentiels : les données sont ordonnées en séquence et parcourues dans cet ordre
  2. Associatifs : les données sont associées à des « clés » et parcourues dans cet ordre

Types de conteneurs

- Il existe deux types de conteneurs
  1. Séquentiels : les données sont ordonnées en séquence et parcourues dans cet ordre
  2. Associatifs : les données sont associées à des « clés » et parcourues dans cet ordre

```
vector<double> v;
...
```

0	2.3
1	3.14
2	2.0
3	5
4	-1.1
5	6
6	23
7	2.42

```
map<double> m;
...
```

abs	"romeo42"
aro	"beta23"
clr	"alpha33"
fpl	"tango47"
jlc	"charlie44"
mcd	"omega3"
nvs	"whisky17"
pbt	"password"

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs séquentiels

- Les données sont parcourues selon l'ordre de rangement
- Cet ordre dépend de la logique du conteneur
  - Ordre d'ajout,
  - Ordre croissant, etc.
- Pour accéder à un élément, il est nécessaire de spécifier un emplacement mémoire
  - À la fin
  - En troisième position
  - Après un autre élément

Exemple de conteneurs séquentiels

- Tableau : `array` et `vector`
- Liste doublement chaînée : `list`
- Liste chaînée de tableaux de taille fixé (compromis) : `deque`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Conteneurs associatifs

- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de fonctions de hachage
  - Tableau associatif : les clés sont triées selon leur ordre « naturel »
  - Fonction de hachage : les clés sont triées selon la sortie de la fonction de hachage
- L'ajout et l'accès nécessitent une clé, pas un emplacement mémoire
  - L'élément associé à `abs` est `"romeo42"`

Exemple de conteneurs associatifs

- Tableau de associatif : `map`
- Table de hachage : `unordered_map`
- Ensembles : `set`, `unordered_set`

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Opérations courantes

- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément
- Contrôle de bornes
- Itération
- Algorithmique
  - Tri de conteneurs séquentiels
  - Fusion de séquences triées
  - Recherche d'un élément
  - Calcul du maximum
  - Comparaisons lexicographiques
- Application de fonctions à tous les éléments

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Construction, copie et destruction

- Construire un conteneur d'objets entraîne pour chacun de ses éléments soit
  - l'appel du constructeur par défaut
  - l'appel du constructeur de recopie

Exemple

- `vector<point> v(3);` : constructeur par défaut de `point`
- `vector<point> w(v);` : constructeur de recopie de `vector<point>` qui appelle le constructeur de recopie de `point`

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Remarques

- Chaque conteneur a ses propres performances
  - Ajout, suppression, recherche
- La complexité algorithmique est précisée dans la documentation
- Il faut donc choisir *judicieusement* son conteneur en fonction des besoins
- Les conteneurs sont amenés à allouer des espaces mémoires
  - Spécifié par un allocateur
  - Par défaut, les données sont souvent allouées dynamiquement
- Passer un conteneur par valeur (paramètre et retour) entraîne des copies
  - Utiliser le passage par référence ou par adresse
  - Utiliser le passage par sémantique de mouvement (cf. Ch. 9)

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Construction, copie, affectation et destruction (2/2)

- La destruction d'un conteneur entraîne la destruction de ses éléments
  - Si allocation dynamique : destruction « manuelle » nécessaire

Remarque

- Prenez des précautions lors de l'utilisation de conteneurs
  - Temps, mémoire
  - Allocations dynamiques

Exemple 1

- Fichier `cont-intro.cpp`

```
1  class A
2  {
3    int i;
4
5    public:
6      A(int i = 0) : i(i) { cout << "Builing " << this << endl; }
7
8      A(const A& a) : i(a.i) { cout << "Copying " << &a << " into " << this << endl; }
9
10     ~A() { cout << "Destroying " << this << endl; }
11
12     A& operator =(const A& a) //to track affectation
13     {
14       cout << "Affecting " << &a << " into " << this << endl;
15       i = a.i;
16       return *this;
17     }
18 };
19
20 void f(vector<A> v) { cout << "Entering f" << endl; }
```

Exemple 1

- Fichier `cont-intro.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    vector<A> v(3); cout << endl;
4
5    vector<A> w(v); cout << endl;
6
7    f(v);//passed by value
8    cout << endl;
9
10   vector<A*> y;
11   for(int i = 0; i < 4; i++)
12     y.push_back(new A(i));
13   cout << endl;
14
15   //memory leak here
16 }
```

Exemple 2

- Fichier `cstr-def.cpp`

```
1  class point
2  {
3    int x, y;
4
5    public:
6      point(int x, int y) : x(x), y(y)
7          {
8              cout << "Building (" << x << "," << y << ")" << endl;
9          }
10 };
11
12 int main()
13 {
14   vector<point> v(3);
15 }
```

Itérateurs

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Généralités

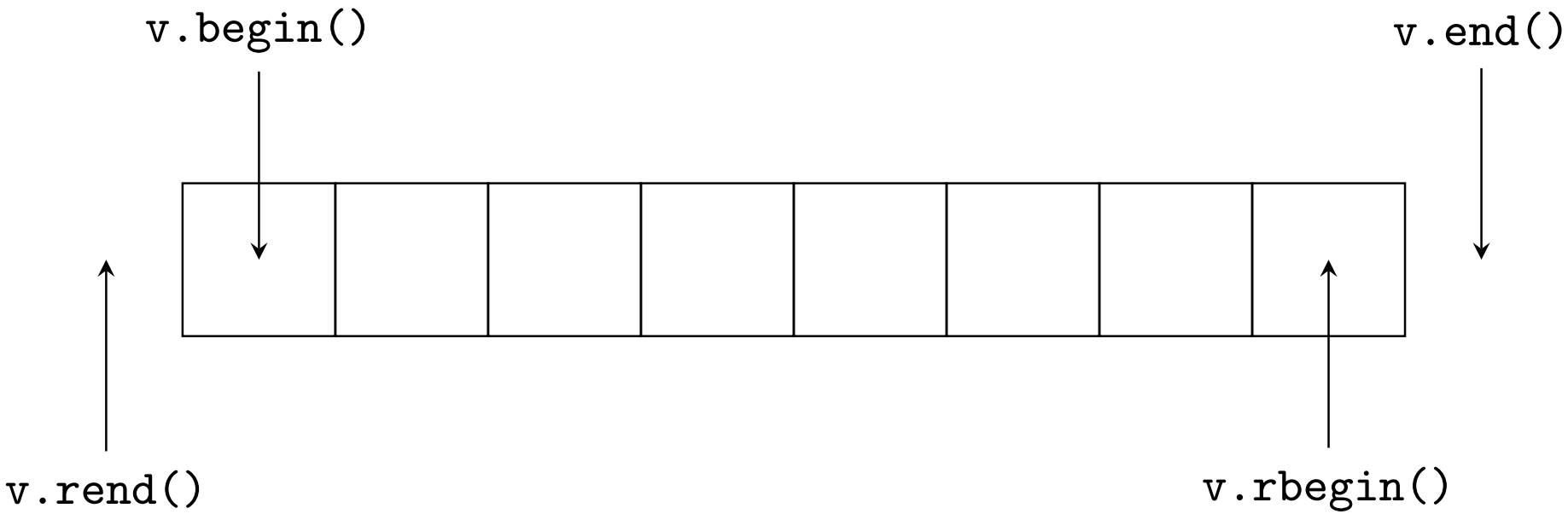
- Objets permettant de parcourir le contenu d'un conteneur
  - Bouche « foreach », etc.
- Utilisé régulièrement par la librairie sous la forme d'intervalle
  - Exemple : recherche d'un élément dans une partie du conteneur
- Existe sur tous les conteneurs
- Accès aux données via déférencement

Deux types de parcours

1. Parcours « standard » : obtenus via `begin()` et `end()`
2. Parcours inverse : obtenus via `rbegin()` et `rend()`

Initialisation : schéma

```
vector<int> v(8);
```



Parcours : exemple

- Fichier `iterate.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    vector<int> v;
4    v.push_back(1); v.push_back(2); v.push_back(3);
5    vector<int>::iterator i;
6    for(i = v.begin(); i != v.end(); i++)
7      cout << *i << " ";
8    cout << endl;
9
10   for(int elem : v)
11     cout << elem << " ";
12   cout << endl;
13 }
```

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans `[v.begin(), v.end()[`

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans `[v.begin(), v.end()[`

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans `[v.begin(), v.end()[`

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans `[v.begin(), v.end()[`

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans $[$`v.begin(), v.end()`$[$
- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans $[$`v.begin()`, `v.end()`$[$

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Intervalle d'itérateurs

- Permet de spécifier un intervalle d'itérateurs pour un algorithme
- Toujours de la forme $[i, j[$
  - Pratique au vu de l'initialisation

Exemple

- Chercher un élément dans $[$`v.begin()`, `v.end()`$[$

- On suppose que j soit « atteignable » à partir de i
- Très utilisé dans `algorithm.h`

Exemple

- Fichier `alg.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    vector<int> v = {5,6,3,3,4,1,2};
4    list<int> l;
5
6    copy(v.begin(), v.end(), back_inserter(l));
7    cout << "list = ";
8    for(int e : l)
9      cout << e << " ";
10   cout << endl << endl;
11
12   equal(v.begin(),v.end(),l.begin()) ? cout << "true" : cout << "false";
13
14   cout << count(v.begin(),v.end(), 3) << endl;
15
16   auto i = find(v.begin(), v.end(), 3);
17   cout << *i << endl;
18
19   sort(v.begin(), v.end());
20   for(int e : v)
21     cout << e << " ";
22
23   for_each(v.begin(), v.end(), [](int i) { cout << "Hello " << i << endl; } );
24 }
```

Conteneurs séquentiels

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Introduction

- Ordonnés explicitement par le programme
  - `v[1]` dénote le deuxième élément de `v`
- Différent des conteneurs associatifs
  - Triés intrinsèquement par les clés ou une fonction de hachage
- Principaux représentants
  1. `array<T,N>` : tableau de taille `N` fixe
  2. `vector<T>` : tableau de taille dynamique
  3. `list<T>` : liste doublement chaînée
  4. `deque<T>` : liste doublement chaînée de tableaux de tailles fixes
- Performance des opérations varie en fonction du type de conteneur

Conclusion

- Choisir son conteneur en fonction de ses besoins

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
    Pas list<int> l = 5; (constructeur explicit)
    deque<point> dq (5, point(2,1));
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
    Pas list<int> l = 5; (constructeur explicit)
    deque<point> dq (5, point(2,1));
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
    Pas list<int> l = 5; (constructeur explicit)
    deque<point> dq (5, point(2,1));
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
```

- Pas `list<int> l = 5;` (constructeur `explicit`)
- `deque<point> dq (5, point(2,1));`

```
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
```

- Pas `list<int> l = 5;` (constructeur `explicit`)
- `deque<point> dq (5, point(2,1));`

```
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

```
1 array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};
2 vector<int> v;
3 list<int> l(5);
```

- Pas `list<int> l = 5;` (constructeur `explicit`)
- `deque<point> dq (5, point(2,1));`

```
4 vector<int> v(l.begin(), l.end());
```

Construction

- Trois types de constructeurs de base pour `vector`, `list` et `deque`
  1. Vide (par défaut)
  2. Nombre d'éléments (identiques) donnés
  3. Intervalle d'itérateurs
- Pour `array`, seule la liste d'initialisation est autorisée

Exemple

1. `array<int,4> a = {3, 1, 2, 5};`
2. `vector<int> v;`
3. `list<int> l(5);`
   - Pas `list<int> l = 5;` (constructeur `explicit`)
   - `deque<point> dq (5, point(2,1));`
4. `vector<int> v(l.begin(), l.end());`

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 (...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 (...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 (...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 (...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 (...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 ( ...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 ( ...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

```
vector<int> vi1 ( ...), vi2 (...);
vector<double> vd1 (...);
vi1 = vi2; //ok    vd1 = vi1; //ko
```

Affectation, recopie et destruction

- L'implémentation des conteneurs passe souvent par une allocation dynamique de mémoire
  - Pas `array`
- Ils surchargent l'affectation et implémentent la recopie et destruction convenablement
- Pour l'affectation et la recopie : le type *doit* être identique
  - Y compris dans les paramètres templates

Exemple

- `vector<int> vi1 ( ...), vi2 (...);`
- `vector<double> vd1 (...);`
- `vi1 = vi2; //ok  vd1 = vi1; //ko`

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Autres fonctions globales

- `swap` échange le contenu de deux conteneurs
  - `v1.swap(v2);`
  - Plus efficace qu'un `swap` manuel
- `clear`
  - Taille nulle après `v.clear();` (pas avec `array`)
  - Appelle les destructeurs
- Opérateur == et <
  - Comparaison lexicographique, éléments comparés 2 à 2
  - Les objets doivent surcharger == ou <

Exemple

- Fichier `other.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    vector<int> v1 = {1,2,3,6};
4    vector<int> v2 = {2,3,4,5,0};
5
6    cout << ((v1 < v2) ? "v1 < v2" : "v2 >= v1") << endl;
7
8    v1.swap(v2);
9    for_each(v1.begin(), v1.end(), [](int& i) { cout << i << " "; });
10   cout << endl;
11   for_each(v2.begin(), v2.end(), [](int& i) { cout << i << " "; });
12   cout << endl;
13
14   point p1(1,1);
15   point p2(2,2);
16   vector<point> vp1; vp1.push_back(p1); vp1.push_back(p2);
17   vector<point> vp2; vp2.push_back(p1); vp2.push_back(p2);
18   cout << ((vp1 == vp2) ? "vp1 == vp2" : "vp1 != vp2") << endl;
19
20   vp1.clear();
21 }
```

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Insertion et suppression

- `vector`, `list` et `deque` offrent la possibilité d'ajouter et supprimer des éléments
  - Au début, à la fin ou sur une position arbitraire
  - Fonctions `push_back`, `pop_back`, `push_front`, `pop_front`, `insert`, `erase`
- Performances varient fortement en fonction du type de conteneur et de l'emplacement
- Ajout
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin « s'il reste de la place », $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »
- Suppression
  - `vector` : $\mathcal{O}(1)$ à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `deque` : $\mathcal{O}(1)$ au début ou à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
  - `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début, à la fin et « sur un itérateur »

Exemple

- Fichier `insert-erase.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    list<double> l = {2.5, 3.5, 6.5, 7.5};
4
5    auto it1 = l.begin(); it1++; it1++;
6    l.insert(it1, 1.5); l.insert(it1, 10, -1); //what is l ?
7
8    vector<double> v = {1.1, 2.2, 3.3};
9    it1++;it1++;it1++;
10   l.insert(it1, v.begin(), v.end()); //what is v ?
11
12   it1 = l.begin();
13   for(int i = 0; i < 5; i++)
14     it1++;
15   l.insert(it1, v.begin(), v.end()); //what is l ?
16
17   it1 = l.begin();
18   auto it2 = l.end(); it2--; it2--;
19   for(int i = 0; i < 9; i++)
20     it1++;
21   l.erase(it1, it2); //what is l ?
22 }
```

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Invalidation d'itérateurs

- Modifier le contenu d'un conteneur quand des itérateurs y sont instanciés peuvent les *invalider*
- Le comportement de l'itérateur n'est pas celui attendu
  - Souvent, comportement indéterminé (déférencement, déplacement)
- Invalidations précisées dans la documentation
  - Avec `array`, pas d'invalidation possible

Exemple : `vector`

- Invalidés sur tous les éléments si augmentation de taille
- Tous les éléments « suivants » si suppression

- En `Java`, lancement d'une exception

Accès aux éléments

- Performances varient fortement en fonction
  - du type de conteneur
  - de l'emplacement

Complexité

- `vector` et `array` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas
- `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début et à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
- `deque` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas (moins bon que `vector`)

- Opérateur `[]` (pas de contrôle de borne) ou fonction `at` pour `array`, `vector` et `deque`
- Pour `list`, on accède à un élément via un itérateur

Accès aux éléments

- Performances varient fortement en fonction
  - du type de conteneur
  - de l'emplacement

Complexité

- `vector` et `array` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas
- `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début et à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
- `deque` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas (moins bon que `vector`)

- Opérateur `[]` (pas de contrôle de borne) ou fonction `at` pour `array`, `vector` et `deque`
- Pour `list`, on accède à un élément via un itérateur

Accès aux éléments

- Performances varient fortement en fonction
  - du type de conteneur
  - de l'emplacement

Complexité

- `vector` et `array` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas
- `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début et à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
- `deque` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas (moins bon que `vector`)

- Opérateur `[]` (pas de contrôle de borne) ou fonction `at` pour `array`, `vector` et `deque`
- Pour `list`, on accède à un élément via un itérateur

Accès aux éléments

- Performances varient fortement en fonction
  - du type de conteneur
  - de l'emplacement

Complexité

- `vector` et `array` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas
- `list` : $\mathcal{O}(1)$ au début et à la fin, $\mathcal{O}(n)$ sinon
- `deque` : $\mathcal{O}(1)$ dans tous les cas (moins bon que `vector`)

- Opérateur `[]` (pas de contrôle de borne) ou fonction `at` pour `array`, `vector` et `deque`
- Pour `list`, on accède à un élément via un itérateur

Exemple

- Fichier `acces.cpp`

```
1  int main()
2  {
3      array<int,5> a = {1, 1, 2, 3, 5};
4    vector<int> v = {1, 2, 3, 4, 5};
5    list<int> l = {5, 6, 7, 8};
6    deque<int> d = {10, 11, 12, 13, 14};
7
8    for(int i = 0; i < 4; i++)
9      cout << a[i] << " " << v[i] << " " << d[i] << endl;
10   cout << endl;
11
12   cout << l.front() << endl;
13   cout << l.back() << endl;
14
15   auto it = l.begin();
16   it++;
17   cout << *it << endl;
18   it++;
19   cout << *it << endl;
20 }
```

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Allocation d'une zone de taille α `capacity()`
  2. Recopie des éléments
  3. Libération de l'ancienne zone

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` < `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Allocation d'un nouveau tableau de taille α `capacity()`
  2. Recopie des éléments
  3. Destruction de l'ancien tableau
- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` < `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  - allocation d'une zone mémoire de taille `capacity()` $\times$ 2
  - recopie des éléments dans la nouvelle zone
  - libération de l'ancienne zone
- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  - allocation d'une zone mémoire de taille `capacity()` $\times$ 2
  - copie des éléments dans la nouvelle zone
  - libération de l'ancienne zone
- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau
- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Augmentation de taille d'un `vector`

- Trois attributs particuliers dans `vector`
  1. `size()` : nombre d'éléments stockés
  2. `capacity()` : nombre d'éléments stockables sans augmentation de taille
  3. `max_size()` : nombre maximum d'éléments stockables
- On a toujours `size()` $\leqslant$ `capacity()` $\leqslant$ `max_size()`

Ajout d'éléments

- Si `size()` $<$ `capacity()` : $\mathcal{O}(1)$
- Sinon
  1. Création d'un tableau de taille double (`capacity()` $\times 2$)
  2. Recopie des éléments du « petit » tableau ($\mathcal{O}(n)$)
  3. Destruction du petit tableau

- Même comportement pour `std::string`

Fichier `vect-capac-increase.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    vector<int> v(3);
4    cout << "size = " << v.size() << " , capacity = " << v.capacity() << endl;
5    for(int i = 0; i < 20 ; i++)
6    {
7      v.push_back(2);
8      cout << "size = " << v.size() << " , capacity = " << v.capacity() << endl;
9    }
10   cout << endl;
11
12   v = vector<int>(3);
13   v.reserve(5);
14   cout << "size = " << v.size() << " , capacity = " << v.capacity() << endl << endl;
15
16   v = vector<int>(3);
17   v.push_back(2);
18   v.reserve(5);
19   cout << "size = " << v.size() << " , capacity = " << v.capacity() << endl << endl;
20
21   cout << v.max_size() << endl;
22 }
```

Adaptateurs

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Généralités

- Conteneur aux propriétés d'ajout et d'accès particulières
- Implémentation non imposée par le standard

Opérations

- Ajout d'un élément (sans choisir « où »)
- Accès d'un élément (sans choisir « où »)

- Trois adaptateurs
  1. `stack` : pile (LIFO)
  2. `queue` : file (FIFO)
  3. `priority_queue` : file à priorité (<)

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Adaptateur `stack`

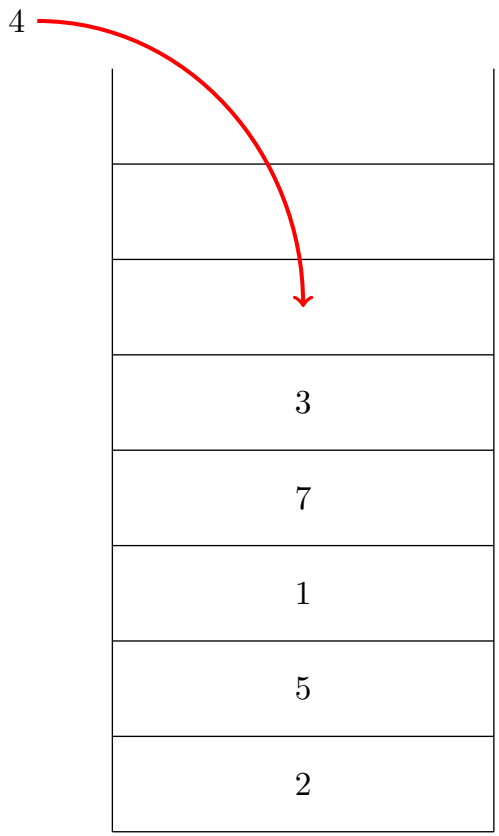
- Fournit une structure de donnée LIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

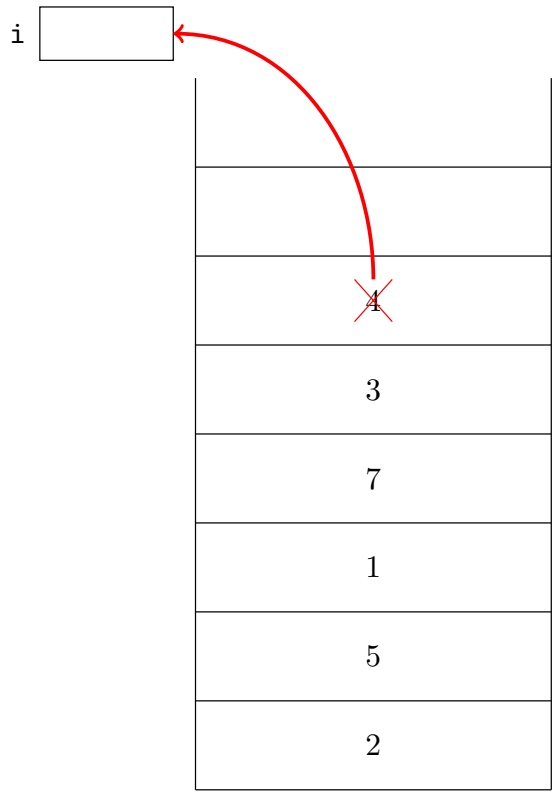
- `push` : met un élément au sommet de la pile
- `pop` : supprime l'élément au sommet de la pile
- `top` : accède au sommet de la pile

Illustration

```
stack.push(4);
```




```
int i = stack.top();
stack.pop;
```



Fichier `stack.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    stack<int> q;
4
5    for(int i = 0; i < 10; i++)
6      q.push(i * i);
7
8    while(! q.empty())
9    {
10     cout << q.top() << " ";
11     q.pop();
12   }
13   cout << endl;
14
15   for(int i = 0; i < 10; i++)
16     q.push(i * i);
17   q.top() = 99;
18
19   for(int i = 0; i < q.size(); i++)//sneaky loop is sneaky
20   {
21     cout << q.top() << " ";
22     q.pop();
23   }
24   cout << endl << q.size() << endl;
25 }
```

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Adaptateur `queue`

- Fournit une structure de donnée FIFO
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `list`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément à la fin de la file
- `pop` : supprime l'élément au début de la file
- `front` : accède au début de la file
- `back` : accède à la fin de la file

Fichier `queue.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    queue<int> q;
4
5    for(int i = 0; i < 10; i++)
6      q.push(i * i);
7
8    q.front() = 99;
9    q.back() = -99;
10
11   while(! q.empty())
12   {
13     cout << q.front() << " ";
14     q.pop();
15   }
16   cout << endl;
17 }
```

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur < : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur $<$: « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur $<$: « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur $<$: « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité
  - Ne peut pas être réaffecté

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité
  - Ne peut pas être réaffecté

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité
  - Ne peut pas être réaffecté

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité
  - Ne peut pas être réaffecté

Adaptateur `priority_queue`

- Permet de maintenir un ordre sur les éléments
  - Opérateur `<` : « priorité »
  - Possibilité de fournir un comparateur par surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)
- Construit par défaut ou sur base d'un conteneur séquentiel
  - Pour un usage exclusif, utilisez `deque`
  - Efficace

Opérations

- `push` : met un élément dans la file à priorité
- `pop` : supprime l'élément de plus haute priorité
- `top` : accède à l'élément de plus haute priorité
  - Ne peut pas être réaffecté

Exemple

- Fichier `pqueue.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    priority_queue<int> q;
4
5    for(int i = 0; i < 10; i++)
6    {
7      int r = rand() % 100 + 1;
8      q.push(r);
9      cout << "pushed " << r << endl;
10   }
11   cout << endl;
12
13   while(! q.empty())
14   {
15     cout << q.top() << " ";
16     q.pop();
17   }
18
19   cout << endl;
20 }
```

Conteneurs associatifs

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Généralités

- Structure de données associant une « clé » à une valeur.
- On accède aux valeurs via leur clé
  - Identique pour la suppression
- Souvent mis en œuvre à l'aide de tableaux associatifs et de tables de hachage
  - Tableau associatif : clés triées selon leur ordre « naturel »
  - Table de hachage : clés triées avec la fonction de hachage
- Les éléments sont parcourus en suivant l'ordre des clés

Exemple

1. Tableaux associatifs : `map`, `multimap`, `set`, `multiset`
2. Tables de hachage : `unordered_map`, etc.

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

```
int i = f("John smith"); //7
```

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

```
int i = f("John smith"); //7
```

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

```
int i = f("John smith"); //7
```

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

- `int i = f("John smith"); //7`

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

- `int i = f("John smith"); //7`

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

- `int i = f("John smith"); //7`

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

- `int i = f("John smith"); //7`

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

```
int i = f("John smith"); //7
```

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : introduction

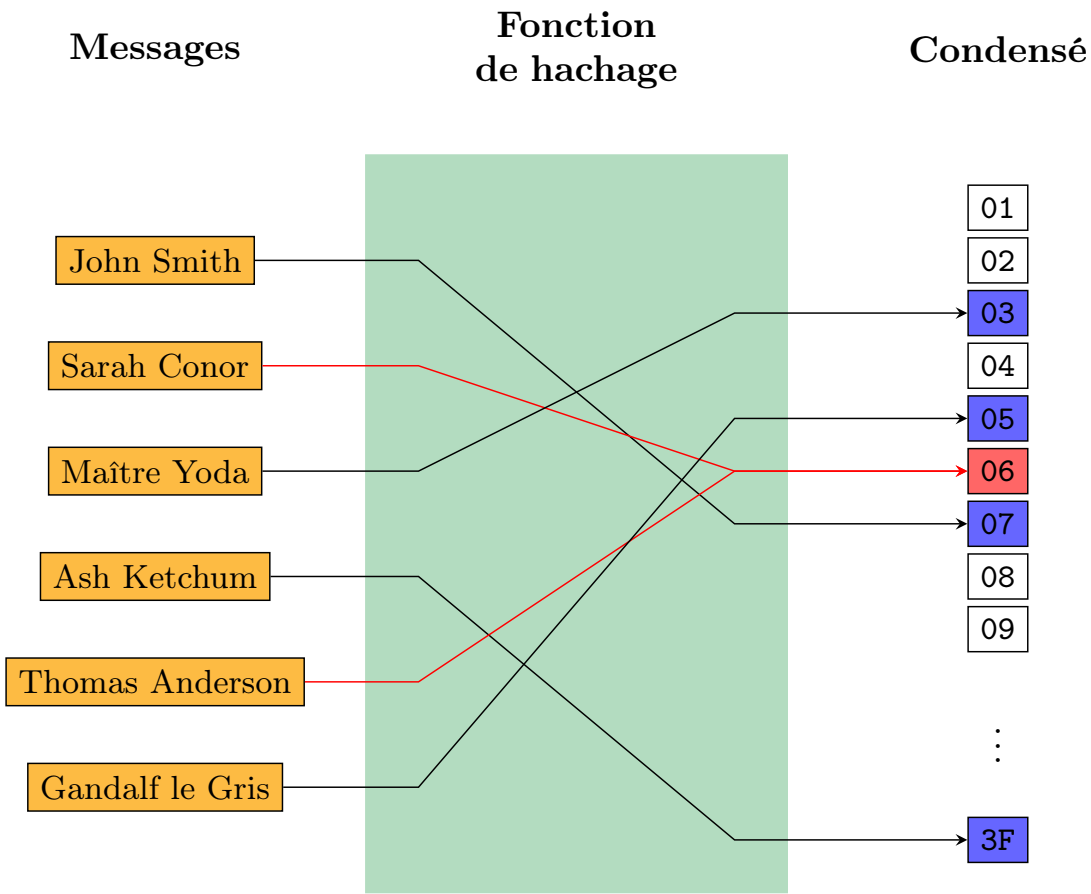
- Toute fonction associant un *message* (clé) à un *condensé*
  - Les messages ont une forme arbitraire (chaînes de caractères, bytes, etc.)
  - Souvent, les condensés sont naturels

Exemple

- `int i = f("John smith"); //7`

- Habituellement, « non inversibles »
- Si deux messages ont le même condensé : collision
- Exemples de fonctions de hachage : SHA-1, MD-5
- Domaine très important en informatique théorique
  - Question à 1M$: « Do one-way functions exist ? »

Fonction de hachage : illustration



Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map...`
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map`...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map`...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map`...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - == et != : comparaison de contenu
  - < et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map...`
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map...`
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map` ...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map` ...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map` ...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map` ...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Le patron de classe `pair`

- Souvent, les « tuples » dans un conteneur associatifs sont stockés via `pair`
  - Spécialisation de `tuple`
  - Modélise une paire d'éléments de type donnés
- Dispose d'opérateurs
  - `==` et `!=` : comparaison de contenu
  - `<` et associés : comparaison lexicographique
- Patron utile lors de parcours itératif de conteneur associatif
  - « Pour chaque paire de `brol,truc` » au sein de la `map` ...
- Fournit des conversions implicites
  - Très rare dans les templates
  - Souvent, utilisation de `make_pair`

Exemple

- Fichier `pair.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    pair<int, float> p1;
4    cout << "Init : " << p1.first << ", " << p1.second << endl;
5
6    pair<int, double> p2(42, 0.123);
7    cout << "Initialized :" << p2.first << ", " << p2.second << endl;
8
9    pair<char, int> p3(p2);
10   cout << "Implicitly converted: " << p3.first << ", " << p3.second << endl;
11
12   int n = 1;
13   int a[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
14
15   // build a pair from two ints
16   auto p4 = make_pair(n, a[1]);
17   cout << "The value of p3 is " << "(" << p4.first << ", " << p4.second << ")" << endl;
18
19   // build a pair from a reference to int and an array (decayed to pointer)
20   auto p5 = make_pair(ref(n), a);
21   n = 7;
22   cout << "The value of p4 is " << "(" << p5.first << ", " << *(p5.second + 1) << ")"
23        << endl;
24 }
```

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Le conteneur `map`

- Dictionnaire associant une clé à une valeur

Opérations

- Ajout / suppression : $\mathcal{O}(\log(n))$ (`insert` et `erase`)
- Accès : $\mathcal{O}(\log(n))$

- Les clés sont triées selon leur ordre naturel
  - Opérateur $<$
  - Possibilité de fournir un comparateur via surcharge d'opérateur (Cf. Ch. 8)

Exemple

- Fichier `map.cpp`

```
1  void print(const map<char, int> &m)
2  {
3    cout << "Map : " << endl;
4    for(auto e : m)
5      cout << "( " << e.first << " , " << e.second << " )" << endl;
6    cout << endl;
7  }
8
9  int main()
10 {
11   map<char, int> m;
12   print(m);
13
14   m['S'] = 5; m['C'] = 10;
15   m['s'] = 2;
16   print(m);
17
18   m['S'] = m['D'];
19   print(m);
20 }
```

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Accès aux éléments

- Accès via l'opérateur `[]`

Remarque importante

- Pas de contrôle de bornes
- Si `m[i]` n'existe pas, il est créé

- Fonction `at` : accès avec contrôle de bornes
  - Un élément non existant n'est pas créé (exception)
- Accès par itérateur
  - La fonction `find` retourne un itérateur sur un élément ayant une clé donnée, ou sur `end()` s'il n'existe pas
  - Déférencement de `pair` via `*`
  - Obtention des clés / valeurs via les attributs `first` et `second`
  - Comportement de `*it = make_pair('S', 5);` non spécifié

Exemple

- Fichier `map-access.cpp`

```
1  int main()
2  {
3    map<int, float> m;
4
5    for(int i = 0; i < 3; i++)
6      m[i] = i + 0.5;
7
8    cout << "m[5] = " << m[5] << endl;
9
10   for(auto e : m)
11     cout << "( " << e.first << " , " << e.second << " )" << endl;
12   cout << endl;
13
14   cout << (*m.find(2)).second << endl;
15
16   if(m.find(6) != m.end())
17     cout << (*m.find(6)).second << endl;
18   else
19     cout << "Key '6' does not exist" << endl;
20
21   for(auto e : m)
22     cout << "( " << e.first << " , " << e.second << " )" << endl;
23   cout << endl;
24 }
```

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
  - Idée : liste triée d'éléments uniques
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
  - Idée : liste triée d'éléments uniques
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
  - Idée : liste triée d'éléments uniques
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (1/2)

Conteneur `multimap`

- Conteneur à la signature identique à `map`, mais plusieurs valeurs peuvent être associées à une clé
- `find` fournit un itérateur sur l'un des éléments associés
  - Pas nécessairement le premier
- `equal_range` fournit tous les éléments associés à une clé
- `erase` efface tous les éléments associés à une clé (ou intervalle)

Conteneur `set`

- Conteneur identique à `map`, mais avec les clés uniquement
  - Idée : liste triée d'éléments uniques
- Les éléments sont constants

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile

Autres conteneurs (2/2)

- `multiset` : signature identique à `set`, mais les doublons sont autorisés
  - Remarques identiques aux spécificités de `multimap`
- `unordered_map`, `unordered_multimap`, `unordered_set` `unordered_multiset`
  - Même signature que les conteneurs associatifs associés, mais les clés sont spécifiés par une fonction de hachage
  - Possibilité de spécifier sa fonction de hachage via un foncteur

Remarque

- Créer une fonction de hachage ayant les propriétés désirées est parfois très difficile