Chapitre 6 : Structures de données

Construction et maintenance de logiciels

Guy Francoeur

basé sur les travaux d'Alexandre Blondin Massé, professeur

5 septembre 2019

UQÀM | Département d'informatique

Table des matières

Table des matières

Allocation dynamique

- Lors de la déclaration d'un **tableau**, on doit fixer la **taille**;
- Ce n'est pas toujours **acceptable**, surtout lorsque la taille du tableau est très **variable**;
- La **solution** consiste à allouer l'espace mémoire à un pointeur selon les besoins.
- La fonction

```
1    void *malloc(size_t taille);
```

  réserve de l'espace mémoire de **taille donnée** et retourne un **pointeur** vers le bloc de mémoire en question;

- Disponible dans la bibliothèque stdlib.h;
- Souvent (pour ne pas dire toujours), malloc est utilisée en conjonction avec l'opérateur sizeof.

Exemple

```c
//ex20.c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

int main(void) {
  char s[] = "bonjour";
  printf("sizeof(s) = %lu\n", sizeof(s));
  char *t = (char*) malloc(sizeof(s));
  t[0] = '\0';
  printf("avant : %s\n", t);
  strcpy(t, s);
  printf("apres : %s\n", t);
  return 0;
}
```

Affiche :

avant :

après : bonjour

Autres fonctions de gestion de mémoire (1/2)

- La fonction

```
1       void *calloc(size_t nb, size_t taille);
```

  alloue un **bloc de mémoire** de taille nb $\times$ taille en initialisant tous les bits à **0**;

- Si une **erreur** survient pendant une allocation de mémoire, la valeur NULL est retournée.

- La fonction

```
1       void free(void *p);
```

  permet de **libérer** l'espace mémoire alloué pointé par p;

Autres fonctions de gestion de mémoire (2/2)

- La fonction

```
1       void *realloc(void *p, size_t taille);
```

  permet de **redimensionner** l'espace mémoire pointé par p selon la nouvelle **taille donnée**.

- Parfois, les données doivent être **transférées** vers une nouvelle zone de mémoire s'il n'y a pas d'**espace suffisant**;
- Si la nouvelle taille est plus **grande** que l'ancienne, les octets supplémentaires sont **indéterminés**;
- Si la nouvelle taille est plus **petite**, les octets inclus sont **préservés**;
- La valeur NULL est retournée en cas d'erreur.

Fuite de mémoire

- **Memory leak** en anglais;
- Toute instruction malloc devrait être couplée avec une instruction free;
- Scénario (malloc / free)
  - dans une fonction creerPile() que soit alloué/réservé de la via malloc pour y mettre des infos;
  - il n'est pas possible de faire le free dans cette même fonction pour des raisons évidentes;
  - Alors il faudra prévoir une autre fonction, disons detruirePile(), pour faire le relâchement de la mémoire réservé;
- nous savons tous ici que fopen() et fclose() est un cas similaire.

Table des matières

valgrind

- Est une application **Linux** qui permet de détecter des fuites de mémoire.
- Il est possible de savoir ce qui n'est pas libéré à la fin de l'exécution.
- Un exemple de son usage :

```
1 #!/bin/bash
2 #valgrind.sh
3 #pour avoir de l'aide sur valgrind :
4 valgrind --help
5 #pour lancer valgrind :
6 valgrind ./tp1
7 #ou
8 valgrind --tool=memcheck --leak-check=yes --show-reachable=
      yes --num-callers=20 --track-fds=yes ./tp1
```

Table des matières

Définition et utilité

- Une **structure de données** est une représentation **logique** d'un ensemble de **données** qui permet de **simplifier le traitement** de celles-ci;
- Souvent, la représentation a pour objectif d'améliorer l'**efficacité** des traitements (recherche, consultation, modification, etc.)
- Dans plusieurs cas, il s'agit de **collections de données**, mais représentées différemment selon les opérations qui sont les **plus fréquentes**.

Type abstrait/implémentation (1/4)

- Definition : Les données n'étant pas accessibles directement, mais par l'intermédiaire d'un pointeur passé à des fonctions, la seule information accessible à l'utilisateur est l'adresse du bloc de mémoire qui contient les données.
- Exemples de **types abstraits** :
  - Pile;
  - File;
  - Liste;
  - Ensemble;
  - Table associative;
  - Arbre;
  - Graphe.

Type abstrait/implémentation (2/4)

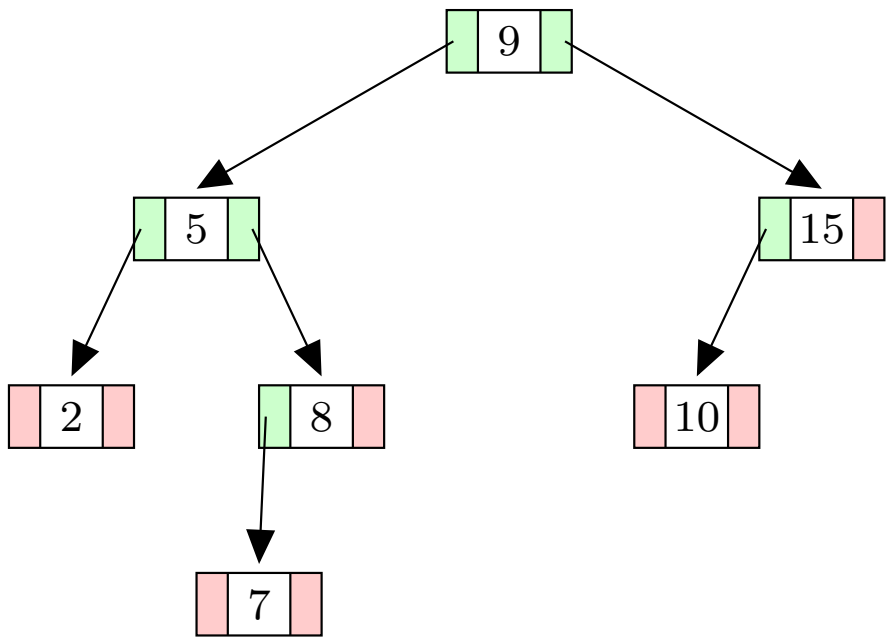
- Un type **abstrait** peut être implémenté de **différentes façons**;
- Exemples d'**implémentation** :
  - Tableau statique;
  - Tableau dynamique (redimensionnable);
  - Liste simplement chaînée;
  - Liste doublement chaînée;
  - Structure arborescente;
  - Tableau multidimensionnel;
  - Liste d'adjacence (pour les graphes), etc.

Type abstrait/implémentation (3/4)

- Il est nécessaire de définir des fonctions pour interagir avec le **type abstrait de donnée**;
- Par exemple, un **ensemble** :
  - creerEnsemble() (créer un ensemble vide);
  - ajouterElement(E,e) (ajouter l'élément e dans l'ensemble E, s'il existe déjà, l'ensemble ne change pas);
  - supprimerElement(E,e) (retirer l'élément e de l'ensemble E, s'il n'y est pas, l'ensemble ne change pas);
  - union(E,F) (faire la réunion de E et F, sans doublon);
  - etc.

Type abstrait/implémentation (4/4)

- Une **implémentation** est généralement décrite selon comment elle sera représentée **en mémoire**;
- Par exemple, un **ensemble** peut être implémenté à l'aide d'un **arbre binaire de recherche**;
- Souvent, on représente l'implémentation à l'aide d'un **dessin**.



Piles (stacks)

- Une pile fournit généralement les **opérateurs** suivants :
  - creerPile (créer une pile vide);
  - estPileVide (vérifier si une pile est vide ou pas);
  - empiler (ajouter un élément sur la pile);
  - depiler (supprimer l'élément au sommet de la pile);
  - sommet (consulter l'élément au sommet de la pile);
  - detruire (détruire une pile).
- Une **implémentation** courante est d'utiliser une **liste simplement chaînée** avec un pointeur en **tête de liste** seulement;

Structures en C

```
//stack.h
#ifndef STACK_H
#define STACK_H
  // Types

  struct StackNode {
    char content;           // Contenu du noeud
    struct StackNode *next; // Noeud suivant
  };

  typedef struct {
    struct StackNode *first; // Pointeur vers le premier noeud
    int size;                // Nombre d' lments dans la pile
  } Stack;

  // Prototypes

  Stack stackCreate();
  bool stackIsEmpty(const Stack *s);
  void stackPush(Stack *s, char content);
  char stackPop(Stack *s);
  void stackDelete(Stack *s);

#endif
```

Voir fichier stack.c

Files

- Une file fournit généralement les **opérateurs** suivants :
  - creerFile (créer une file vide);
  - estFileVide (vérifier si une file est vide ou pas);
  - enfiler (ajouter un élément en fin de file);
  - defiler (supprimer l'élément en début de file);
  - premier (consulter le premier élément de la file);
  - detruireFile (détruire la file);
- Une **file** peut être implémentée à l'aide d'une **liste simplement chaînée**, d'un pointeur vers la **tête** de la liste, ainsi que d'un pointeur en **fin** de liste.
- L'implémentation d'une **file** est laissée en exercice.

Structures en C

```c
//queue.h
#ifndef QUEUE_H
#define QUEUE_H
  // Types
  struct QueueNode {
      char content;              // Contenu du noeud
      struct QueueNode *prev; // Noeud precedent
      struct QueueNode *next; // Noeud suivant
  };

  typedef struct {
      struct QueueNode *first; // Pointeur vers le premier noeud
      struct QueueNode *last;  // Pointeur vers le dernier noeud
  } Queue;

  // Prototypes
  Queue queueCreate();
  bool queueIsEmpty(const Queue *s);
  void queuePush(Queue *s, char content);
  char queuePop(Queue *s);
  void queueDelete(Queue *s);
#endif
```

Tableaux dynamiques

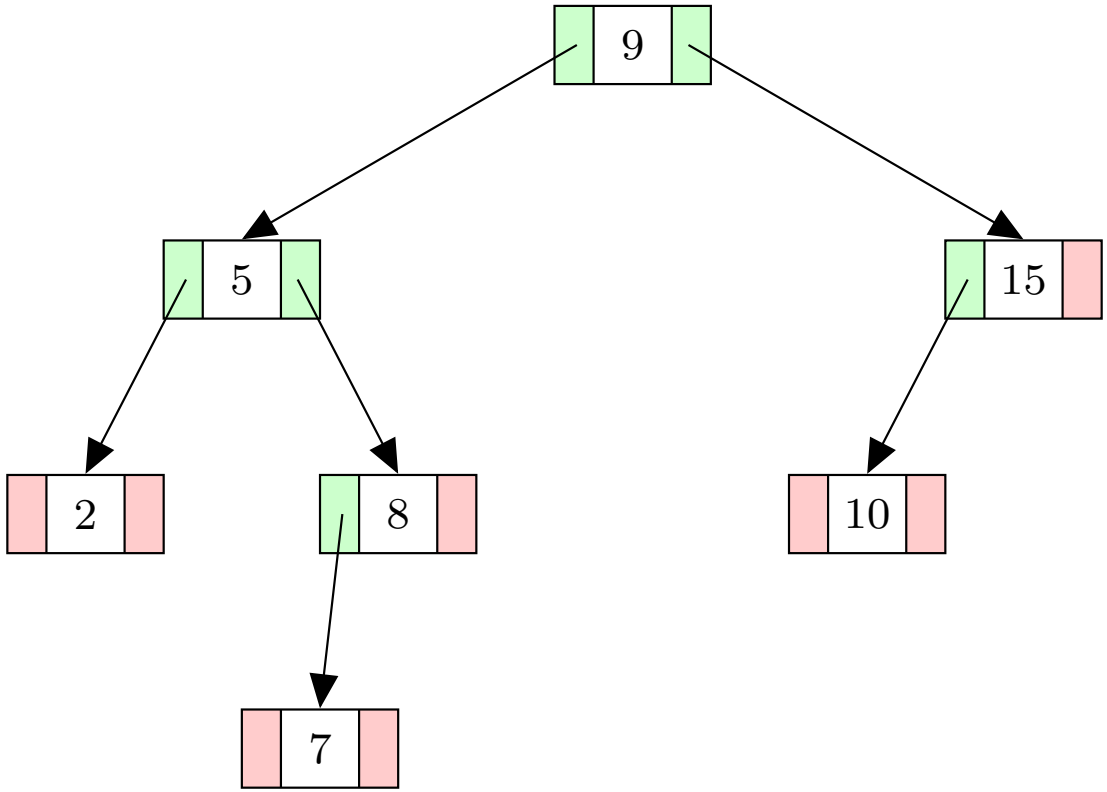
- Appelés **vecteurs** en C++;
- Essentiellement, ils offrent les **mêmes opérations** que les tableaux, mais il est possible de les **redimensionner** s'il n'y a plus assez d'espace;
- Les **opérations** suivantes sont généralement offertes :
  - **Insertion** en fin de tableau;
  - **Suppression** d'un élément en position i;
  - **Recherche** d'un élément;
  - **Accès** à l'élément en position i.
- Avantages/inconvénients si on choisit une **liste dynamique** ou un **tableau dynamique** ?

Structures en C

```c
//array.h
#ifndef ARRAY_H
#define ARRAY_H
  // Types

  typedef struct {
      int *values;      // Les valeurs dans le tableau
      int currentSize; // Le nombre d'lments dans le tableau
      int capacity;     // Capacite du tableau
  } Array;

  // Prototypes

  Array arrayCreate();
  void arrayInsert(Array *a, int element);
  void arrayRemove(Array *a, int i);
  bool arrayHasElement(const Array *a, int element);
  int arrayGet(const Array *a, int i);
  void arrayDelete(Array *a);
#endif
```

Voir fichier array.c

Définition



Invariant : Pour toute paire de noeuds x et y,

- si y est à **gauche** de x, alors x.element >= y.element;
- si y est à **droite** de x, alors x.element <= y.element.

Implémentation

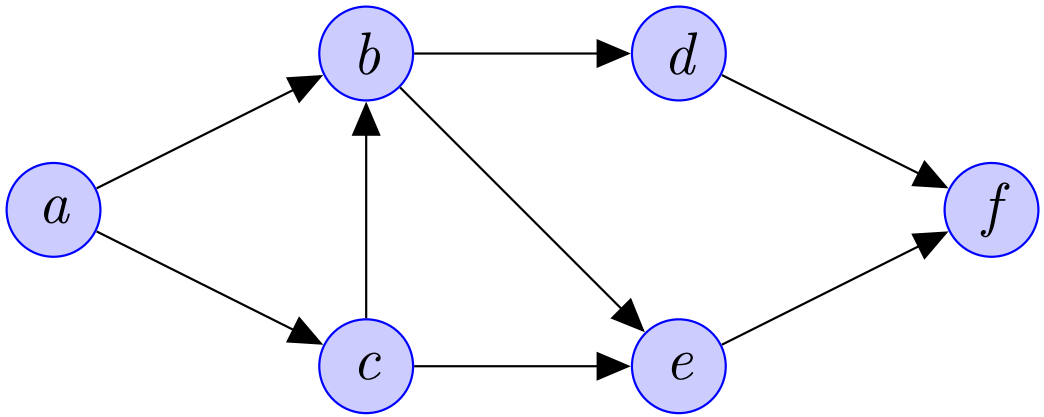
- Permettent d'**implémenter** différents **types abstraits** : ensembles, table associative (*map*), liste triée, etc.
- Le cas le **moins favorable** est obtenu lorsque l'arbre est en fait une **liste chaînée** (arbre dégénéré);
- Il existe des techniques permettant d'avoir des arbres **équilibrés** (AVL, rouge-noir, arbre 2-3-4, etc.);
- Combien coûtent les opérations suivantes au **pire cas** ?

	Non équilibré	Équilibré
Insertion		
Suppression		
Recherche		

Exemple : table associative (*TreeMap*)

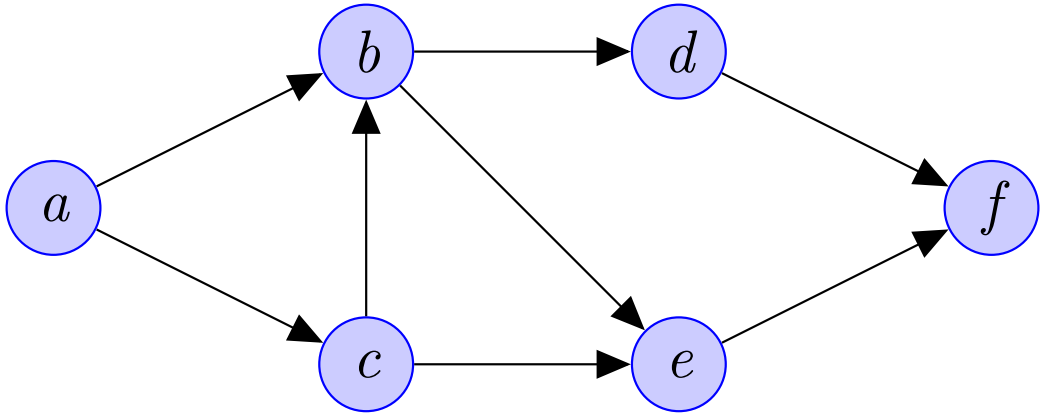
```
1  //treemap.h
2  #ifndef TREEMAP_H
3  #define TREEMAP_H
4    struct TreeNode {
5        char *key;                 // Cle du noeud
6        char *value;               // Valeur associee
7        struct TreeNode *left;     // Fils gauche
8        struct TreeNode *right;    // Fils droit
9    };
10
11   typedef struct {
12       struct TreeNode *root; // Pointeur vers la racine ? oui ou
             non?
13   } TreeMap;
14
15   TreeMap tmCreate();
16   char *tmGet(const TreeMap *t, char *key);
17   void tmSet(TreeMap *t, char *key, char *value);
18   void tmInsertNode(struct TreeNode **node, char *key, char *
         value);
19   bool tmHasKey(const TreeMap *t, char *key);
20   struct TreeNode *tmGetNode(const TreeMap *t, char *key);
21   void tmPrint(const TreeMap *t);
22   void tmPrintRecursive(const struct TreeNode *node);
23   void tmDelete(TreeMap *t);
```

Graphes



- Un **graphe** est un couple $G = (V, E)$ où V est un ensemble de **sommets** et E est un ensemble d'**arêtes** (ou d'**arcs**);
- Nombreuses variantes : **graphe orientés**, **graphes non orientés**, **multigraphes**, etc.
- Permettent de modéliser de **nombreux problèmes** : **réseaux**, **automates**, **relations**, etc.
- On distingue **deux types** d'implémentation des graphes.

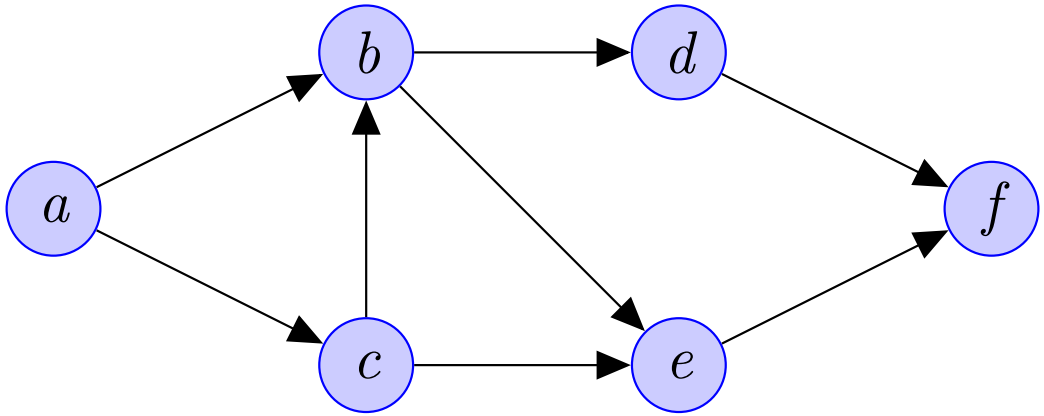
Graphes denses



- Si le graphe est **dense**, c'est-à-dire que chaque sommet est connecté à presque tous les autres sommets, alors on utilise en général une **matrice d'adjacence** :

$$\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} a & b & c & d & e & f \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

Graphes épars



- Autrement, on utilise une **liste d'adjacence** ou **matrice creuse** :

Sommet	Successeur(s)
a	$b,\ c$
b	$d,\ e$
c	$b,\ e$
d	f
e	f
f	—

Suite...

- Vous en saurez plus sur les **structures de données** dans le cours **INF3105 Structures de données et algorithmes** :
  - Arbres binaires de recherche,
  - Arbres équilibrés,
  - Monceaux (*heaps*),
  - Graphes, etc.
- D'autres structures **plus avancées** :
  - Ensembles disjoints,
  - Listes à saut (*skip lists*),
  - Tas binomiaux, de Fibonacci, etc.