

Structures de données, IMA S6

Listes chaînées

d'après un cours d'A. Miné, ÉNS Ulm.

Laure Gonnord

<http://laure.gonnord.org/pro/teaching/>

Laure.Gonnord@polytech-lille.fr

Université Lille 1 - Polytech Lille

Février 2011



Introduction

- 1 Introduction
- 2 Listes simplement chaînées
 - Structure
 - Opérations
- 3 Divers sur les listes chaînées

Laure Gonnord (Lille1/Polytech)

Structures de données IMA S6 Listes Chaînées

Février 2011

← 2 / 36 →

Introduction

Pourquoi ?

Rappel : la liste contiguë.

```
typedef struct Distribution {
    int dernpers;
    char listpers[MAXNUMPERS] [TAILLENOM];
} Distribution;
```

Complexité en nombre de cases vues :

- Impression
- Recherche
- Insertion dans le cas d'une liste non pleine

- 1 Introduction
- 2 Listes simplement chaînées
- 3 Divers sur les listes chaînées

Pourquoi ? - 2

Hypothèse supplémentaire : **liste contiguë triée**

- Impression
- Recherche
- Insertion dans le cas d'une liste non pleine

Pourquoi ? - 3

Et si la liste contiguë est pleine ? on **réalloue**.

► La liste chaînée va nous donner un moyen de gérer l'allocation case par case (de manière non contiguë).

Notations algorithmiques

Pointeurs :

p : **pointeur de** Entier (pointeur)

p ↑ (valeur pointée)

Allocation/Libération de mémoire :

- Fonction `allouer()` renvoie un pointeur vers une nouvelle cellule allouée
- Action `liberer(P)` récupère la cellule mémoire pointée par P.

Structures :

Structure *pointComplexe*

| x : Entier

| y : Entier

FStruct

pc : pointComplexe (déclaration)

pc.x, pc.y (pour les accès)

1 Introduction

2 Listes simplement chaînées

- Structure
- Opérations

3 Divers sur les listes chaînées

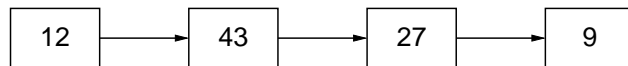
Principe

Liste = séquence ordonnée d'éléments de même type.

Exemple : liste d'entiers (12, 43, 27, 9).

- l'ordre des éléments compte : (12, 43, 27, 9) \neq (12, 27, 43, 9)
- la multiplicité des éléments compte
(12, 43, 27, 9) \neq (12, 43, 27, 9, 9)

Liste simplement chaînée =
représentation où chaque élément **pointe** sur le suivant.



Représentation des listes - 1

Exemple : cellule de liste d'**entiers** :

Structure *Cellule*
 valeur : Entier
 suivant : **pointeur de** *Cellule*

FStruct

- valeur est le **contenu de la cellule**, (ici, un entier)
- suivant **pointe vers la cellule suivante**,
ou vaut **NULL** (fin de liste).

Le type de `cell` est récursif (autoréférentiel).

Représentation des listes - 2

Implantation en C d'une liste d'entiers :
structure de **cellule** pour représenter un élément.

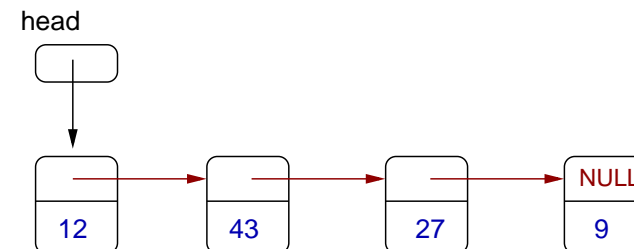
```

typedef struct {
    Cell* next;
    int    data;
} Cell ;
  
```

- data est le **contenu de la cellule**, (ici, un entier)
- next **pointe vers la cellule suivante**,
ou vaut **NULL** (fin de liste).

Représentation des listes - 3

Une liste est représentée par un **pointeur de tête** `Cell*`
= pointeur sur la première cellule.



Tous les éléments sont **accessibles** depuis la tête de liste.

Par convention, head vaut NULL si **la liste est vide**.

Opérations sur les listes

Structure de données = type + algorithmes de manipulation.

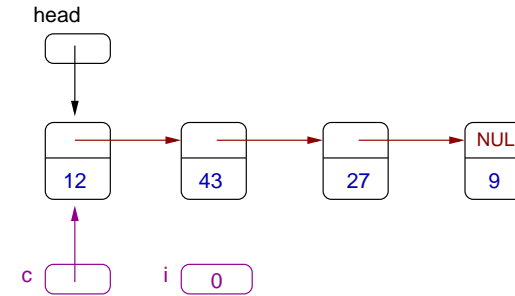
On va développer des fonctions pour les opérations suivantes :

- calcul de la longueur d'une liste,
- recherche d'un élément,
- insertion d'un élément,
- suppression d'un élément,
- concaténation de deux listes,
- destruction d'une liste.

Toutes nos fonctions prennent une tête de liste en argument.

Calcul de la longueur d'une liste - 1

Principe : on suit les pointeurs `next` jusqu'à rencontrer `NULL` et on compte le nombre de cellules rencontrées.



Calcul de la longueur d'une liste - 2

Recherche d'un élément

Spécification : renvoie `true` si la liste contient un élément égal à `elem`, `false` sinon.

Principe on suit les pointeurs `next` jusqu'à rencontrer `NULL` ou l'élément.

► Écrire la fonction **en C** (TP)

Rappels sur la mémoire dynamique

Pour plus de flexibilité, les cellules sont allouées dynamiquement.

```
#include <stdlib.h>
void* malloc (size_t size);
void free (void* ptr);
```

Effet :

- malloc alloue sur le tas un bloc de size octets, renvoie un pointeur **non typé** vers la zone allouée. Faire un **cast** !
 - free libère le bloc,
 - le bloc est accessible uniquement par pointeur.
- Allouer dynamiquement un tableau de 50 entiers ?

Création d'une liste (exemple à ne pas suivre)

Pour construire/allouer la liste : (12, 43, 27, 9) :

```
Cell* head;
head = (Cell*) malloc(sizeof(Cell));
head->data = 12;
head->next = malloc(sizeof(Cell));
head->next->data = 43;
head->next->next = malloc(sizeof(Cell));
head->next->next->data = 27;
head->next->next->next = malloc(sizeof(Cell));
head->next->next->next->data = 9;
head->next->next->next->next = NULL;
```

► Peu pratique. On préfère construire une liste par insertions successives.

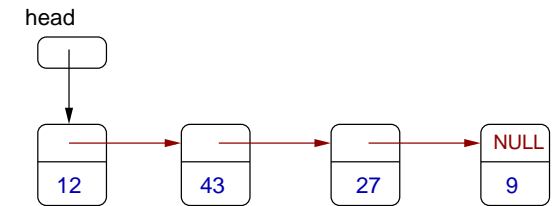
Insertion en tête de liste - Principe

```
Cell* head = NULL;
head = insere(head, 9);
head = insere(head, 27);
head = insere(head, 43);
head = insere(head, 12);
```

head


Insertion en tête de liste - Principe

```
Cell* head = NULL;
head = insere(head, 9);
head = insere(head, 27);
head = insere(head, 43);
head = insere(head, 12);
```



Remarques :

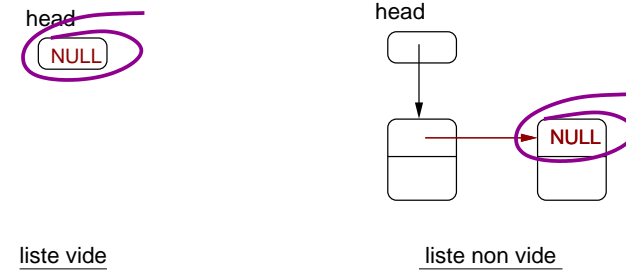
- la liste est dans l'**ordre inverse** de celui des insertions,
- insere fonctionne sur une liste vide ou non-vide,
- la tête de liste est modifiée à chaque insertion,
- le coût d'une insertion est **constant**.

Insertion en tête de liste - Implantation

Insertion en queue de liste

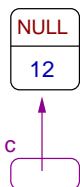
Deux cas à considérer :

- liste vide : on fait pointer **la tête de liste** sur la nouvelle cellule,
- liste non vide : on fait pointer **le champ next de la dernière cellule** sur la nouvelle cellule.



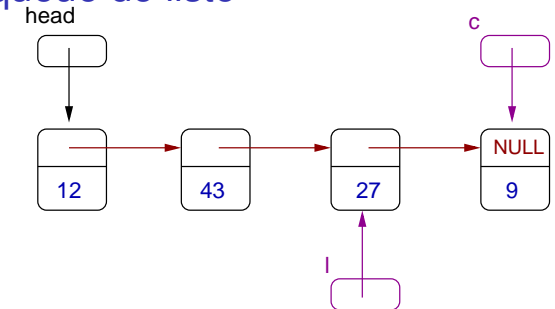
Exemple d'insertion en queue de liste

```
Cell* head = NULL;
head = insere(head, 12);
head = insere(head, 43);
head = insere(head, 27);
head = insere(head, 9);
```



Exemple d'insertion en queue de liste

```
Cell* head = NULL;
head = insere(head, 12);
head = insere(head, 43);
head = insere(head, 27);
head = insere(head, 27);
head = insere(head, 9);
```



Remarques :

- la liste est dans le **même ordre** que celui des insertions,
- la tête de liste n'est modifiée que lors de la première insertion,
- le coût d'une insertion est **linéaire**, $\mathcal{O}(n)$

Insertion en queue de liste

Coût de construction d'une liste

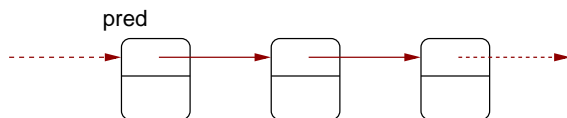
Pour construire une liste à n éléments :

- Par ajout en tête de liste : $\mathcal{O}(n)$ **mais ordre inverse !**
- par ajout en queue de liste : $\mathcal{O}(n^2)$

Insertion après un élément - 1

Spécification :

Insère un élément dans une liste , à l'aide d'un pointeur vers la cellule précédente.



Insertion après un élément - 1

Spécification :

Insère un élément dans une liste , à l'aide d'un pointeur vers la cellule précédente.

Notes :

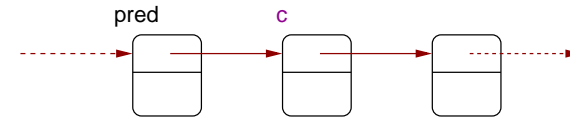
- coût constant, hors calcul de `pred`,
- `pred` peut être obtenu par une variante de recherche (par exemple si on cherche à insérer dans une liste triée) **cf TP**,
- on suppose qu'on n'insère pas en première position.
(\Rightarrow **on suppose que la liste n'est pas vide**)

Insertion après un élément - 2

Suppression d'un élément - 1

Spécification :

Supprime une cellule de la liste , à l'aide d'un pointeur vers la cellule précédente.



► L'insertion *avant* une cellule donnée est plus complexe...

Suppression d'un élément - 1

Suppression d'un élément - 2

Spécification :

Supprime une cellule de la liste , à l'aide d'un pointeur vers la cellule précédente.

Notes :

- coût constant, hors calcul de `pred`,
- on suppose qu'on ne détruit pas en première position, (⇒ on suppose que la liste n'est pas vide)
- on suppose que `pred` a un suivant, (`pred->next ≠ NULL`) (on peut par contre avoir `c->next = NULL`).

► Il reste à faire la version suppression complète .

Suppression d'un élément - 3

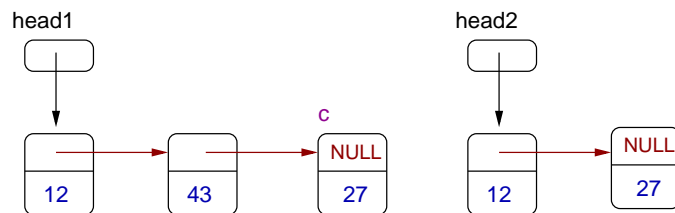
Spécification :

supprime le premier élément égal à `elem` dans la liste **si il existe**.

- calcule automatiquement `pred`,
- gère les **cas limites** :
 - liste vide, liste à un seul élément,
 - `elem` en tête ou en fin de liste,
 - `elem` non présent dans la liste,
- la tête de liste peut changer,
- coût linéaire au pire, à cause de la recherche de `pred`.

Suppression d'un élément - 4

Concaténation de listes



► Cf TD.

Destruction totale d'une liste

Directement en *C* :

```

void detruit(Cell* head)
{
    Cell *c;
    while (head) {
        c = head->next;
        free(head);
        head = c;
    }
}
  
```

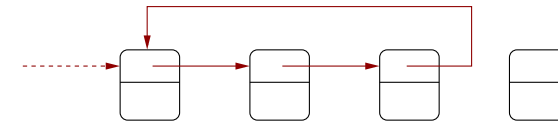
Coût ?

Erreurs courantes sur les listes

- 1 Introduction
- 2 Listes simplement chaînées
- 3 Divers sur les listes chaînées

- Erreurs courantes sur les pointeurs et la mémoire dynamique :
 - déréférencer un pointeur `NULL`,
 - utiliser un bloc après l'avoir libéré,
 - libérer deux fois le même bloc,
 - oublier de libérer un bloc (fuites de mémoire).

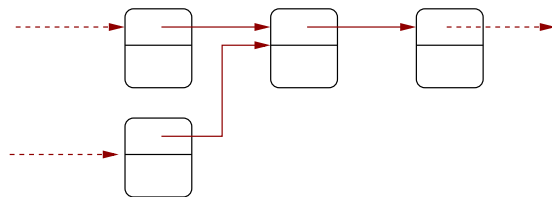
- Introduction de **cycles** :



(génère des boucles infinies lors des parcours, cause des fuites de mémoire, ...)

Erreurs courantes sur les listes

- **Partage** de cellules entre plusieurs listes :



(effets de bord lors de la modification d'une liste, cause des libérations multiples de blocs, ...)

- Oubli des **cas limites** :
 - liste vide, listes à un élément,
 - insertion/suppression en première/dernière position,
 - etc.

Comparaison entre listes et tableaux

Coût comparé des listes simplement chaînées et des tableaux.

	liste chaînée	liste contiguë
recherche d'une valeur	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$
accès par indice	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$
insertion en tête	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$
insertion en queue	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$
insertion au milieu	$\mathcal{O}(1) / \mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$
recherche si trié	$\mathcal{O}(n)$ (pas dich)	$\mathcal{O}(\ln n)$
insertion (indice p) si trié	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$ (décalages)

Les listes sont particulièrement efficaces pour :

- l'insertion et la suppression en tête de liste,
- l'insertion et la suppression en milieu de liste, si la cellule précédente est connue.