Structure de Données
Pointeur et Liste

Marie Pelleau
marie.pelleau@unice.fr

Semestre 3

Notes

Plan

Notes

Rappels

Variable

- Une variable sert à mémoriser de l'information
- Ce qui est mis dans une variable est en fait mis dans une partie de la mémoire

Structures de données

- Permettent de gérer et d'organiser des données
- Sont définies à partir d'un ensemble d'opérations qu'elles peuvent effectuer sur les données
- Ne regroupent pas nécessairement des objets du même type

Notes

Besoin d'indirections

Présentation habituelle de certains algorithmes

- On a un tableau d'entiers
- On veut trier ce tableau

- Un élément du tableau est directement un type de base (un entier, un flottant, un booléen...)
- Parfois on ne voudrait pas avoir accès à la valeur en soit, mais plutôt à un objet lié à l'indice et associé à cette valeur
- On veut simplement parcourir les éléments d'un ensemble, pas uniquement les valeurs de ces éléments : on associe l'élément à une valeur

Notes

Besoin d'indirections

Recherche dichotomique : ce qui nous intéresse

- n'est pas la valeur
- n'est pas uniquement l'appartenance de la valeur
- c'est la position de la valeur dans le tableau, donc son indice

On pourrait travailler uniquement avec des indices et des tableaux
⇒Un indice représentant un objet particulier

Inconvénient

C'est compliqué

- quand on veut supprimer un objet (que devient son indice ?)
- quand on veut insérer un objet (que devient son indice ?)
- quand on veut ajouter un objet (les tableaux doivent être agrandis)

Notes

Besoin d'indirections

Il est plus pratique de travailler directement avec des objets et d'associé des valeurs à ces objets

```
Class MonObjet {...}

MonObjet moj1 = new MonObjet(...);
MonObjet moj2 = new MonObjet(...);
// on définit 2 objets

MonObjet obj; // on définit un autre objet
obj = mobj1;
obj.setValue(8); // change une donnée de mobj1

obj = mobj2;
obj.setValue(12); // change une donnée de mobj2
```

obj change indirectement mobj1 et mobj2, c'est une indirection

Notes

Pointeur

- Un pointeur est un type de données dont la valeur fait référence (référencie) directement (pointe vers) à une autre valeur
- Un pointeur référencie une valeur située quelque part d'autre en mémoire habituellement en utilisant son adresse
- Un pointeur est une variable qui contient une adresse mémoire
- Un pointeur permet de réaliser des indirections : désigner des objets, sans être ces objets

Notes

Pointeur

- Un pointeur est un type de données dont la valeur **pointe vers** une autre valeur
- Obtenir la valeur vers laquelle un pointeur pointe est appelé **déréférencer** le pointeur
- Un pointeur qui ne pointe vers aucune valeur aura la valeur nil

Notes

Liste

- Une **liste chaînée** désigne une structure de données représentant une collection ordonnée et de taille arbitraire d'éléments
- L'accès aux éléments d'une liste se fait de manière séquentielle
  - chaque élément permet l'accès au suivant (contrairement au cas du tableau dans lequel l'accès se fait de manière absolue, par adressage direct de chaque cellule dudit tableau)
- **Un élément contient un accès vers une donnée**

Notes

Liste

Le principe de la liste chaînée est que chaque élément possède, en plus de la donnée, des pointeurs vers les éléments qui lui sont logiquement adjacents dans la liste

Opérations/syntaxe

- premier(L) : désigne le premier élément de la liste
- nil : désigne l'absence d'élément

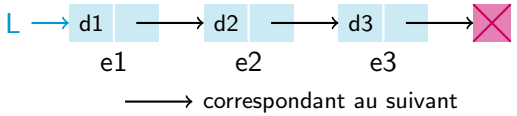
Liste simplement chaînée

- donnée(elt) : désigne la donnée associée à l'élément elt
- suivant(elt) : désigne l'élément suivant elt

Notes

Liste simplement chaînée

Représentation



- premier(L) = e1
- donnée(e1) = d1, suivant(e1) = e2
- donnée(e2) = d2, suivant(e2) = e3
- donnée(e3) = d3, suivant(e3) = nil

Notes

Liste

Trois opérations principales

- Parcours de la liste
- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément

À partir de là d'autres opérations vont être obtenues : recherche d'une donnée, remplacement, concaténation de liste, fusion de listes, ...

Notes

Liste vs Tableau

Principal avantage des listes sur les tableaux

- L'ordre des éléments de la liste peut être différent de leur ordre en mémoire
- Les listes chaînées vont permettre l'ajout ou la suppression d'un élément en n'importe quel endroit de la liste en temps constant

Incovénient

- Certaines opérations peuvent devenir coûteuses comme la recherche d'un élément contenant une certaine donnée
- Pas de recherche dichotomique dans une liste : on ne peut pas atteindre le $i^{\text{ème}}$ élément sans parcourir

Notes

Invention des listes chaînées

- La représentation de listes chaînées à l'aide du diagramme avec une flèche vers le suivant a été proposé par Newell and Shaw dans l'article "Programming the Logic Theory Machine" Proc. WJCC, February 1957
- Newell et Simon ont obtenu l'ACM Turing Award en 1975 pour avoir "made basic contributions to artificial intelligence, the psychology of human cognition, and list processing"

Notes

Lvalue et Rvalue

- Pour se simplifier la vie, on accepte de faire suivant(elt) <− valeur
- On remarque qu'il n'y a pas d'ambigüité
- Cela s'appelle une Lvalue ou Left-value (on accepte de mettre à gauche de l'affectation)
- Le cas normal est la Rvalue (right-value)

Notes

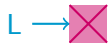
Liste

Initialisation d'une liste

La liste est vide, son premier élément est nil

```
initListe(L) {
  premier(L) <- nil
}
```

Initialisation de L



Notes

Liste

Compter le nombre d'éléments

```
entier nombreElements(L) {
  cpt <- 0
  elt <- premier(L)
  tant que (elt ≠ nil) {
    cpt <- cpt + 1
    elt <- suivant(elt)
  }
  retourner cpt
}
```


Notes

Liste

Ajout d'un élément

- On ajoute un élément elt au début de la liste
- On suppose qu'il n'est pas déjà dans la liste (sinon que se passe-t-il ?)

Principes

- Le premier de la liste deviendra elt
- Mais où est l'ancien premier ? Il devient le suivant de elt

Attention

L'ordre de mise à jour est important ! On ne doit pas perdre le premier

- Le suivant de elt est mis à jour
- Puis le premier de la liste

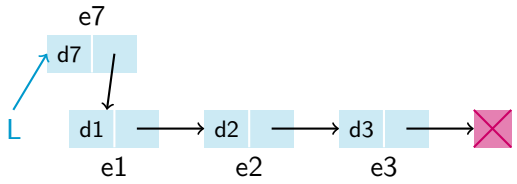
Notes

Liste

Ajout d'un élément

```
ajouteAuDébut(elt, L) {
  // elt n'est pas dans L
  suivant(elt) <- premier(L)
  premier(L) <- elt
}
```

Ajout de e7



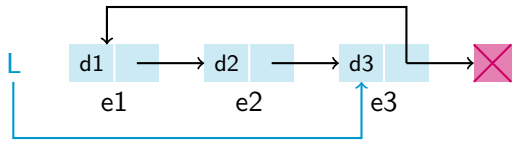
Notes

Liste

Ajout d'un élément

```
ajouteAuDébut(elt, L) {
  // elt n'est pas dans L
  suivant(elt) <- premier(L)
  premier(L) <- elt
}
```

Ajout de e3



Notes

Liste

Insertion d'un élément

- On insère un élément elt après un autre p
- On suppose que elt n'est pas déjà dans la liste et que p y est (sinon que se passe-t-il ?)

Principes

- Le suivant de elt devient le suivant de p
- Le suivant de p devient elt

Attention

L'ordre de mise à jour est important !

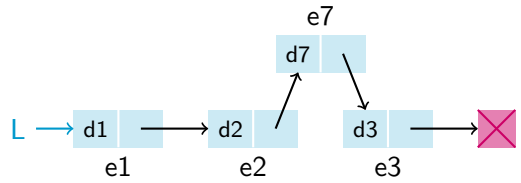
Notes

Liste

Insertion d'un élément

```
insèreArpès(elt, p, L) {
  // elt n'est pas dans L, p est dans L
  suivant(elt) <- suivant(p)
  suivant(p) <- elt
}
```

Insertion de e7 après e2



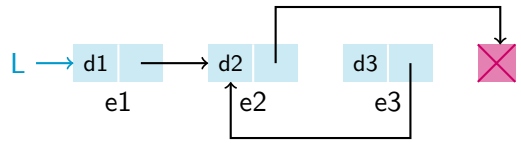
Notes

Liste

Insertion d'un élément

```
insèreArpès(elt, p, L) {
  // elt n'est pas dans L, p est dans L
  suivant(elt) <- suivant(p)
  suivant(p) <- elt
}
```

Insertion de e2 après e3



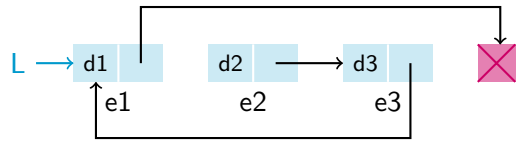
Notes

Liste

Insertion d'un élément

```
insèreArpès(elt, p, L) {
  // elt n'est pas dans L, p est dans L
  suivant(elt) <- suivant(p)
  suivant(p) <- elt
}
```

Insertion de e1 après e3



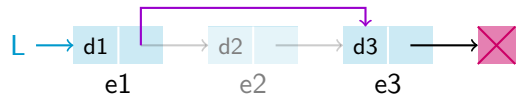
Notes

Liste

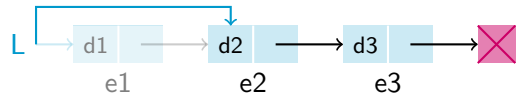
Suppression d'un élément

- On supprime un élément de la liste
- On a besoin du précédent !
- Le premier peut changer !

Suppression de e2



Suppression de e1



Notes

Liste

Suppression d'un élément

- On supprime un élément de la liste
- On a besoin du précédent !
- Le premier peut changer !

Principe

Le suivant du précédent devient le suivant de elt

Gestion de tous les cas

- elt est le premier
- elt n'est pas le premier
- p est bien le précédent de elt

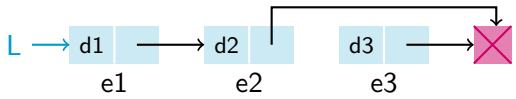
Notes

Liste

Suppression d'un élément

```
supprime(elt, p, L) {
  //elt est dans L, p son précédent
  si (premier(L) = elt) {
    premier(L) <- suivant(elt)
  } sinon {
    si (suivant(p) = elt) {
      suivant(p) <- suivant(elt)
    }
  }
}
```

Suppression de e3 – supprime(e3, e2, L)



Notes

Plan

Notes

Liste

Liste simplement chaînée

- donnée(elt) désigne la donnée associée à l'élément elt
- suivant(elt) désigne l'élément suivant elt

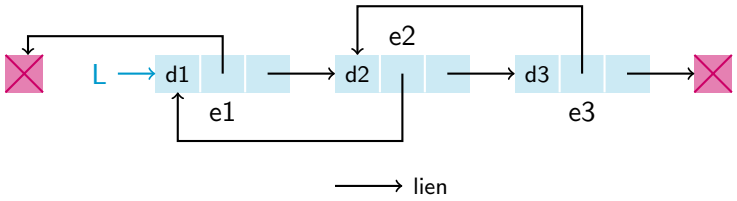
Liste doublement chaînée

- donnée(elt) désigne la donnée associée à l'élément elt
- suivant(elt) désigne l'élément suivant elt
- précédent(elt) désigne l'élément précédant elt

Notes

Liste doublement chaînée

Représentation



- premier(L) = e1
- donnée(e1) = d1, suivant(e1) = e2, précédent(e1) = nil
- donnée(e2) = d2, suivant(e2) = e3, précédent(e2) = e1
- donnée(e3) = d3, suivant(e3) = nil, précédent(e3) = e2

Notes

Liste

Trois opérations principales

- Parcours de la liste
- Ajout d'un élément
- Suppression d'un élément

À partir de là d'autres opérations vont être obtenues : recherche d'une donnée, remplacement, concaténation de liste, fusion de listes, ...

Notes

Liste

Ajout d'un élément

- On ajoute un élément elt au début de la liste
- On suppose qu'il n'est pas déjà dans la liste (sinon que se passe-t-il ?)

Principes

- Le suivant de elt est le premier
- Le premier de la liste deviendra elt

Attention

L'ordre de mise à jour est important !

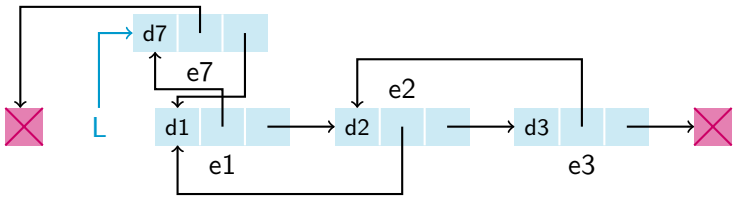
Notes

Liste

Ajout d'un élément

```
ajouteAuDébut(elt, LD) {
  // elt n'est pas dans LD
  suivant(elt) <- premier(LD)
  précédent(elt) <- nil
  précédent(premier(LD)) <- elt
  premier(LD) <- elt
}
```

Ajout de e7



Notes

Liste

Insertion d'un élément

- On insère un élément elt après un autre p
- On suppose que elt n'est pas déjà dans la liste et que p y est (sinon que se passe-t-il ?)

Principes

- Le suivant de elt devient le suivant de p
- Le précédent de elt est p
- Le suivant de p devient elt
- Le précédent de suivant(p) devient elt

Sont modifiés : suivant(elt), précédent(elt), suivant(p), précédent(suivant(p))

Notes

Liste

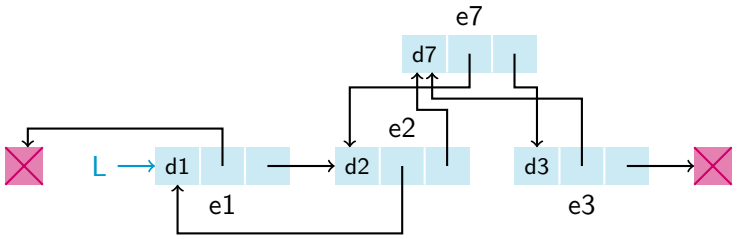
Insertion d'un élément

```
insèreAprès(elt, p, LD) {
  // elt n'est pas dans LD, p est dans LD
  suivant(elt) <- suivant(p)
  précédent(elt) <- p
  précédent(suivant(p)) <- elt
  suivant(p) <- elt
}
```

Mauvais code !

Pourquoi ?

Insertion de e7 après e2



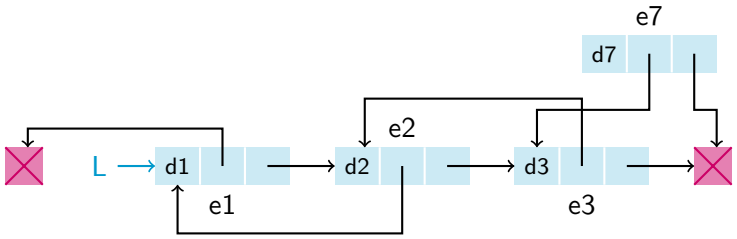
Notes

Liste

Insertion d'un élément

```
insèreAprès(elt, p, LD) {
  // elt n'est pas dans LD, p est dans LD
  suivant(elt) <- suivant(p)
  précédent(elt) <- p
  précédent(suivant(p)) <- elt ✗
  suivant(p) <- elt
}
```

Insertion de e7 après e3 ?



Notes

Liste

Insertion d'un élément

```
insèreAprès(elt, p, LD) {
  // elt n'est pas dans LD, p est dans LD
  suivant(elt) <- suivant(p)
  précédent(elt) <- p
  si (suivant(p) ≠ nil) {
    précédent(suivant(p)) <- elt
  }
  suivant(p) <- elt
}
```


Notes

Liste

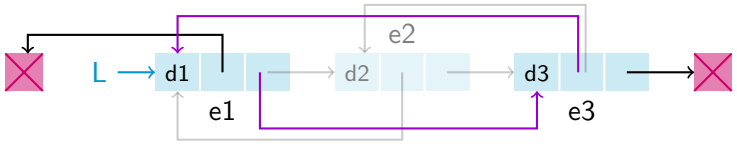
Suppression d'un élément

- On supprime un élément de la liste
- On n'a pas besoin du précédent !
- Le premier peut changer !

Principes

- Le suivant du précédent devient le suivant de elt
- Le précédent du suivant devient le précédent de elt

Suppression de e2



Notes

Liste

Suppression d'un élément

```
supprime(elt, LD) {
  //elt dans LD
  suiv <- suivant(elt)
  prec <- précédent(elt)
  si (prec = nil) {
    premier(LD) <- suiv
  } sinon {
    suivant(prec) <- suiv
  }
  si (suiv ≠ nil) {
    précédent(suiv) <- prec
  }
}
```


Notes

Plan

Notes

Implémentation

- Par un tableau
- À l'aide de pointeur

Notes

Tableaux simulant une liste

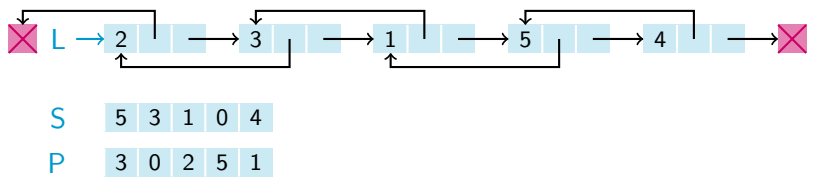
Tableau S des suivants

- S[i] indice de l'élément suivant l'élément d'indice i

Tableau P des suivants

- P[i] indice de l'élément précédant l'élément d'indice i

Exemple



S	5	3	1	0	4
P	3	0	2	5	1

Notes

Pointeur

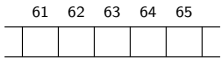
- Un pointeur est un type de données dont la valeur **pointe vers** une autre valeur
- Obtenir la valeur vers laquelle un pointeur pointe est appelé **déréférencer** le pointeur
- Un pointeur qui ne pointe vers aucune valeur aura la valeur nil
- Un pointeur c'est un indice dans le grand tableau de la mémoire

Notes

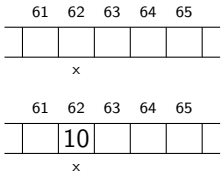
Pointeur Implémentation

```
int x // Réserve un emplacement pour un entier en mémoire
x = 10 // Écrit la valeur 10 dans l'emplacement réservé
```

- Une variable est destinée à contenir une valeur du type avec lequel elle est déclarée
- Physiquement cette valeur se situe en mémoire
- int x



- x = 10

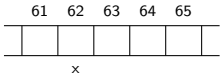


Notes

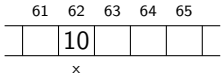
Pointeur Implémentation

```
int x // Réserve un emplacement pour un entier en mémoire
x = 10 // Écrit la valeur 10 dans l'emplacement réservé
```

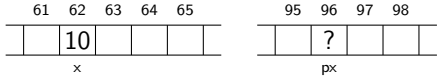
- int x



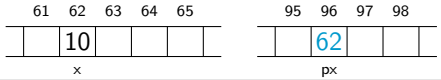
- x = 10



- &x : adresse de x en C (ici 62)
- En C : int* px; *// pointeur sur un entier*



- px = &x; *//adresse de x*



Notes

Pointeur Implémentation

- Si px contient l'adresse de x
- Alors *px contient la valeur qui se trouve à l'adresse de x, donc la valeur de x
- Si je change la valeur qui se trouve à l'adresse de x, alors je change la valeur de x

- px = &x Si je modifie *px alors je modifie x
- px = &y Si je modifie *px alors je modifie y
- px = &bidule Si je modifie *px alors je modifie bidule
- px désigne l'objet pointé
- *px modifie l'objet pointé

Notes

Pointeur et référence

- Une **référence** est une valeur qui permet l'accès en lecture et/ou écriture à une donnée située soit en mémoire principale soit ailleurs
- Une référence n'est pas la donnée elle-même mais seulement une information de localisation
- Ressemble à quelque chose de connu, non ?

- Le typage des références permet de manipuler les données référencées de manière abstraite tout en respectant leurs propres contraintes de type
- Le type de référence le plus simple est le pointeur. Il s'agit simplement d'une adresse mémoire
- Mais pointeur typé = référence typé
- Mais on peut changer le type d'un pointeur, pas d'une référence (cast/transtypage autorisé)

Notes

Pointeur et référence

En Java

Uniquement des références typées

- MyObject a, b, obj;
- obj = a; si on modifie obj alors on modifie a
- obj = b; si on modifie obj alors on modifie b
- myFonction(obj) obj est passé en entrée/sortie

En C/C++

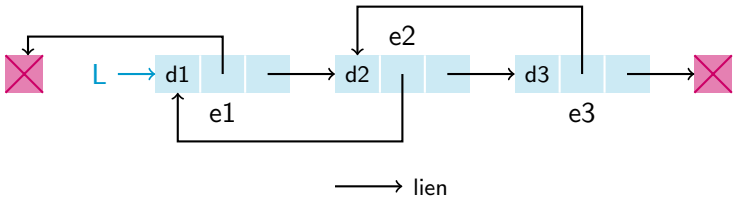
Pointeurs typés mais type changeable

- MyObject a, b;
- MyObject* obj;
- obj = &a; si on modifie obj alors on modifie a
- obj = &b; si on modifie obj alors on modifie b
- myFonction(MyObject* obj) obj est passé en entrée/sortie
- myFonction(MyObject obj) obj est passé en entrée

Notes

Liste doublement chaînée

Représentation



- ListeElement
  - suivant : pointeur vers ListeElement
  - précédent : pointeur vers ListeElement
  - donnée : pointeur vers l'objet
- Liste
  - premier : pointeur vers ListeElement

Notes

Liste doublement chaînée

```
class ListElt {
  ListElt _suiv
  ListElt _prec
  MaClasseDonnee _data
  ListElt() {
    _suiv = nil
    _prec = nil
    _data = null
  }
}
```


Notes

Liste doublement chaînée

```
class List {
  ListElt _premier
  List() {
    _premier = nil
  }
}
```


Notes

Plan

Notes

Pile

Liste simplement chaînée : opérations

- initListe (L)
- nombreElements(L)
- premier(L)
- ajouteAuDébut(elt, L)
- insèreAprès(elt , p, L)
- supprime(elt , p, L)

Implémentation par une liste

Une liste L simplement chaînée

- Sommet(P) : renvoyer premier(L)
- Empiler(P, elt) : ajouteAuDébut(elt, L)
- Désempiler(P) : supprime(premier(L), nil , L)
- estVide(P) : renvoyer nombreElements(L)= 0

Notes

Pile

Implémentation par une liste

Nécessite par rapport à un tableau

- Plus de place
- Plus d'opérations
- Plus d'allocations

Notes

File

Liste simplement chaînée : opérations

- initListe (L)
- nombreElements(L)
- premier(L)
- ajouteEnFin(elt , L)
- insèreAprès(elt , p, L)
- supprime(elt , p, L)

Implémentation par une liste

Une liste L simplement chaînée

- Sommet(F) : renvoyer premier(L)
- Enfiler (F, elt) : ajouteEnFin(elt , L)
- Dé filer (F) : supprime(premier(L), nil , L)
- estVide(F) : renvoyer nombreElements(L)= 0

Notes

File

Implémentation par une liste

Beaucoup plus simple qu'un tableau cette fois

- Gestion mémoire plus complexe

Notes