Structures de données dynamiques

Nicolas Delestre

INSA
ROUEN NORMANDIE

Plan...

INSA ROUEN NORMANDIE

Introduction 1 / 2

Attention

- Les concepts présentés sont des mécanismes de conception du paradigme de la programmation structurée
- Les concepts sont mis en œuvre au niveau de la conception détaillée (en préservant toutefois le principe d'encapsulation)

INSA ROUEN NORMANDIE

Introduction 2 / 2

Pointeur

- On nomme un « pointeur » p une variable permettant de référencer une zone mémoire permettant de stocker une information de type T
- Le type de p est nommé « pointeur sur T ». Il est noté $\hat{}T$
- Lorsqu'une variable ne pointe sur aucune zone mémoire, il faut l'initialiser avec la valeur `NIL`

Opérateurs sur les pointeurs

- `^` opérateur unaire (opérande à gauche de l'opérateur) permettant de « déréférencer » un pointeur (accéder à la valeur de la zone mémoire pointée)
- `@` opérateur unaire (opérande à droite de l'opérateur) permettant d'obtenir un pointeur sur une variable

INSA ROUEN NORMANDIE

Mémoire et allocation 1 / 2

Allocation de mémoire

- Les entités utilisées (variables, constantes, (sous-)programmes) par le programme source sont représentées en mémoire (RAM de l'ordinateur)
- Il y a une relation directe entre l'identifiant que l'on utilise et un espace mémoire qui stocke l'information correspondante

Plusieurs emplacements dans la mémoire vive (segment)

statique ou *text* emplacement pour les programmes, sous-programmes

bss emplacement pour les variables globales

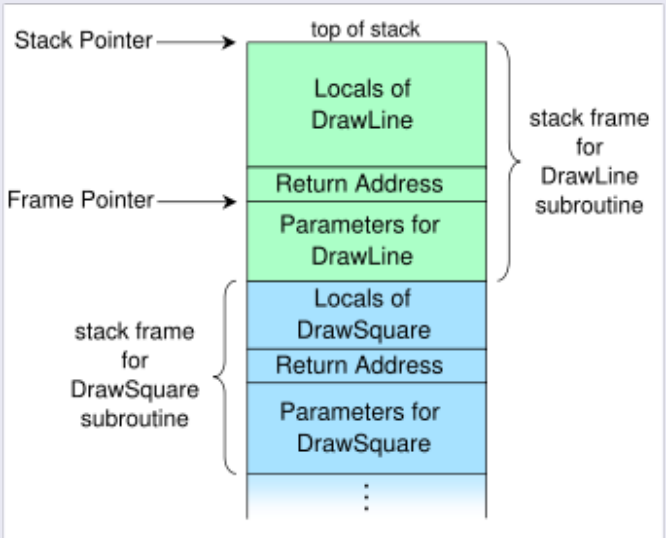
data emplacement pour les constantes

tas ou *heap* emplacement où sont stockés des espaces mémoires alloués dynamiquement. La taille du tas varie en fonction de l'exécution du programme

Mémoire et allocation 2 / 2

Plusieurs emplacements dans la mémoire vive (segment)

pile ou *stack* emplacement où sont stockées les variables locales et les paramètres formels des sous-programmes. La taille de la pile varie en fonction de l'exécution du programme



Wikipédia

Allocation statique

Définition

- Allocation de mémoire effectuée lors de l'exécution mais dont la taille est prévue lors de la compilation
  - À chaque type de données correspond une taille mémoire et une façon de représenter l'information
  - À chaque variable ou paramètre formel déclaré correspond un espace mémoire dont la taille est fonction du type
- Le compilateur ajoute donc automatiquement du code pour réserver de l'espace mémoire avant utilisation (au niveau de la déclaration) et pour libérer si besoin est (dans la pile)

INSA ROUEN NORMANDIE

Allocation dynamique

Définition

- Allocation de mémoire effectuée lors de l'exécution mais dont la taille n'est pas obligatoirement prévue lors de la compilation
  - Allocation qui se fait uniquement dans le tas
  - Cette allocation est à la charge du programmeur, il lui faut donc :
    - une procédure permettant de réserver une zone mémoire (`allouer`)
    - une procédure permettant de libérer une zone mémoire (`libérer`)
    - une variable (et donc un type) permettant de référencer cette zone mémoire allouée

INSA ROUEN NORMANDIE

Le problème 1 / 3

Contexte

- Lorsque l'on veut stocker en mémoire n éléments de même type, on utilise jusqu'à présent les tableaux
- Les tableaux sont généralement des allocations statiques (la taille du tableau est définie à la compilation), on ne peut pas l'adapter au contexte. Le fait de réserver `MAX` éléments :
  - consomme beaucoup de mémoire si peu d'éléments réellement utilisés ($n << MAX$)
  - pose problème si on a besoin de plus de MAX éléments à stocker ($n > MAX$)
- Il faudrait pouvoir stocker en mémoire autant de données dont on a besoin et pas plus
- Mais ce nombre de données ne peut être déterminé à la compilation, il ne peut être déterminé qu'à l'exécution

C'est le rôle des structures de données dynamiques (SDD)

Le problème 2 / 3

Comment les concevoir ?

- Il faut donc que la mémoire soit réservée à l'exécution ⇒ besoin d'allocations dynamiques
- Mais il faut pouvoir référencer ces allocations dynamiques ⇒ besoins de pointeurs (les pointeurs sont des variables donc allocation statique)
- Ainsi le nombre de pointeurs est fonction du nombre d'éléments que l'on veut stocker, ce qui est contradictoire avec notre objectif
- Il faut donc que les futurs espaces mémoires alloués ne soient pas référencés par des variables mais par les espaces mémoires déjà alloués
- Ainsi **les espaces mémoires déjà alloués** stockent l'information à réellement stocker *et* également une référence vers **les autres espaces mémoires alloués ou à allouer** (définition récursive)

Le problème 3 / 3

Comment les concevoir ? (suite)

- Une SDD est donc au départ une variable pointeur (allocation statique) qui fait référence à une zone mémoire allouée dynamiquement qui stocke à la fois un élément à réellement stocker et une ou plusieurs références vers le même type de zone mémoire

Remarque

Les SDD sont donc récursives

INSA ROUEN NORMANDIE

Liste chaînée 1 / 9

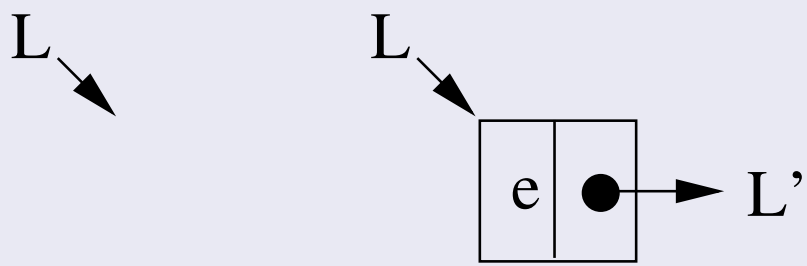
Définition

Une liste chaînée est soit :

- une liste vide
- un élément suivi d'une liste chaînée

Graphiquement

On représente une liste chaînée L de la façon suivante :



On voit donc apparaître le concept de *pointeur* et de *noeud*

Liste chaînée 2 / 9

Conception

On peut donc concevoir le type `ListeChainee` de la façon suivante :

Type ListeChainee = ^ Noeud
Type Noeud = **Structure**
    element : Element
    listeSuivante : ListeChainee
finstructure

Signatures des fonctions/procédures

- **fonction** listeVide **() :** ListeChainee
- **fonction** estVide **(**uneListe : ListeChainee**) : Booleen**
- **procédure** ajouter **(E/S** uneListe : ListeChainee,**E** element : Element**)**
- **fonction** obtenirElement **(**uneListe : ListeChainee**) :** Element
  ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*uneListe*))
- **procédure** fixerElement **(E/S** uneListe : ListeChainee, **E** element : Element**)**
  ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*uneListe*))

Liste chaînée 3 / 9

Signatures des fonctions/procédures (suite)

- **fonction** obtenirListeSuivante **(**uneListe : ListeChainee**) :** ListeChainee
  ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*uneListe*))
- **procédure** fixerListeSuivante **(E/S** uneListe : ListeChainee, **E** nelleSuite : ListeChainee**)**

  ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*uneListe*))
- **procédure** supprimerTete **(E/S** uneListe : ListeChainee**)**
  ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*uneListe*))
- **procédure** supprimer **(E/S** uneListe : ListeChainee**)**

INSA ROUEN NORMANDIE

Liste chaînée 4 / 9

Conception détaillée

```
fonction listeVide () : ListeChainee
debut
    retourner NIL
fin
fonction estVide (l : ListeChainee) : Booleen
debut
    retourner l=NIL
fin
procédure ajouter (E/S l : ListeChainee,E e : Element)
    Déclaration   temp : ListeChainee
debut
    temp ← l
    allouer(l)
    l^.element ← e
    fixerListeSuivante(l,temp)
fin
```

INSA ROUEN NORMANDIE

Liste chaînée 5 / 9

Conception détaillée (suite)

procédure fixerElement **(E/S** l : ListeChainee, **E** e : Element**)**
    ⌊**précondition(s)** non estVide(l)
debut
    l^.element ← e
fin
fonction obtenirElement **(**l : ListeChainee**) :** Element
    ⌊**précondition(s)** non estVide(l)
debut
    retourner l^.element
fin
procédure fixerListeSuivante **(E/S** l : ListeChainee, **E** l' : ListeChainee**)**
    ⌊**précondition(s)** non estVide(l)
debut
    l^.listeSuivante ← l'
fin
fonction obtenirListeSuivante **(**l : ListeChainee**) :** ListeChainee
    ⌊**précondition(s)** non estVide(l)
debut
    retourner l^.listeSuivante
fin

Liste chaînée 6 / 9

Conception détaillée (fin)

procédure supprimerTete **(E/S** l : ListeChainee**)**
    ⌊**précondition(s)** non estVide(l)
    Déclaration temp : ListeChainee
debut
    temp ← l
    l ← obtenirListeSuivante(l)
    liberer(temp)
fin
procédure supprimer **(E/S** l : ListeChainee**)**
debut
    tant que non estVide(l) **faire**
        supprimerTete(l)
    fintantque
fin

Utilisation des listes chaînées

Des algorithmes naturellement récursifs

- De part la définition récursive des listes chaînées, les algorithmes les utilisant sont naturellement récursifs
- Certains algorithmes sont uniquement récursifs

Exemples d'algorithmes

- obtenir le nombre d'éléments, le ième élément
- savoir si un élément est présent
- concaténer deux listes chaînées
- insérer un élément à la ième position
- insérer un élément dans une liste chaînée ordonnée
- fusionner deux listes chaînées ordonnées
- inverser une liste chaînée
- ...

Liste chaînée 7 / 9

Exemple d'utilisation : parcours de liste (version itérative)

```
procédure afficher (E l : ListeChainee)
debut
    tant que non estVide(l) faire
        afficherElement(obtenirElement(l))
        l ← obtenirListeSuivante(l)
    fintantque
fin
```

Exemple d'utilisation : parcours de liste (version récursive)

```
procédure afficher (E l : ListeChainee)
debut
    si non estVide(l) alors
        afficherElement(obtenirElement(l))
        afficher(obtenirListeSuivante(l))
    finsi
fin
```

INSA ROUEN NORMANDIE

Liste chaînée 8 / 9

Attention

Le fait d'utiliser le principe d'encapsulation peut obliger à utiliser des variables intermédiaires dans des algorithmes récursifs

Exemple suppression d'un élément

```
procédure supprimerElement (E/S l : ListeChainee,E e : Element)
    Déclaration   temp : ListeChainee
debut
    si non est Vide(l) alors
        si obtenirElement(l)=e alors
            supprimerTete(l)
        sinon
            temp ← obtenirListeSuivante(l)
            supprimerElement(temp,e)
            fixerListeSuivante(l,temp)
        finsi
    finsi
fin
```

ROUEN NORMANDIE

Liste chaînée 9 / 9

Le vision itérative du précédent algorithme va obliger à utiliser deux ≪ pointeurs ≫

Exemple suppression d'un élément

```
procédure supprimerElement (E/S l : ListeChainee,E e : Element)
    Déclaration  gauche,droite : ListeChainee ; trouve : Booleen
debut
    si non est Vide(l) alors
        si obtenirElement(l)=e alors
            supprimerTete(l)
        sinon
            gauche ← l
            droite ← obtenirListeSuivante(l)
            trouve ← FAUX
            tant que non estVide(droite) et non trouve faire
                si obtenirElement(droite)=e alors
                    trouve ← VRAI
                sinon
                    gauche ← droite
                    droite ← obtenirListeSuivante(droite)
                finsi
            fintantque
            si trouve alors
                fixerListeSuivante(gauche,obtenirListeSuivante(droite))
                supprimerTete(droite)
            finsi
        finsi
    finsi
fin
```

Liste doublement chaînée 1 / 3

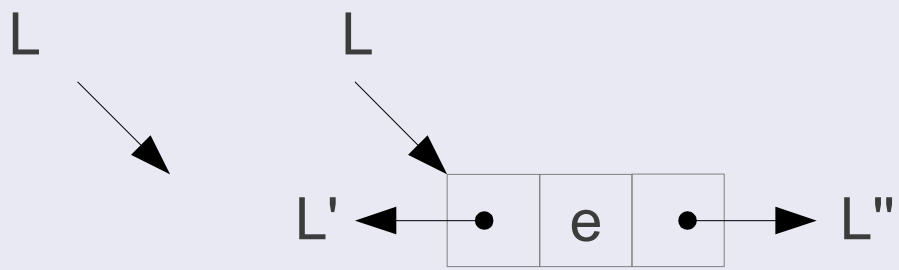
Définition

Une liste doublement chaînée est soit :

- une liste vide
- un élément suivi d'une liste doublement chaînée et précédé d'une liste doublement chaînée

Graphiquement

On représente une liste doublement chaînée L de la façon suivante :



Liste doublement chaînée 2 / 3

Signature des fonctions/procédures (LDC = ListeDoublementChainee)

- **fonction** listeVide **() :** LDC
- **fonction** estVide **(**l : LDC**) : Booleen**
- **procédure** inserer **(E/S** l : LDC,**E** element : Entier**)**
- **fonction** obtenirElement **(**l : LDC**) :** Entier
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **fonction** obtenirListeSuivante **(**l : LDC**) :** LDC
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **fonction** obtenirListePrecedente **(**l : LDC**) :** LDC
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **procédure** fixerElement **(E** l : LDC, e : Element**)**
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **procédure** fixerListeSuivante **(E** l : LDC, l' : LDC**)**
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **procédure** fixerListePrecedente **(E/S** l : LDC, l' : LDC**)**
  - ⌊**précondition(s)** *non*(*estVide*(*l*))
- **procédure** supprimerNoeud **(E/S** l : LDC, **S** avant, apres : LDC**)**
  - ⌊**précondition(s)** *non estVide*(*l*)
- **procédure** supprimer **(E/S** l : LDC**)**

INSA ROUEN NORMANDIE

Liste doublement chaînée 3 / 3

Exercice

Faire la conception détaillée du type ListeDoublementChainee

Arbre

Les SDD hiérarchiques s'inspirent des TAD hiérarchiques, donc des arbres :

- le nombre de fils est de taille fixe (très souvent 2) : utilisation de champs ou d'un tableau
- le nombre de fils varie : utilisation d'une liste chaînée

INSA ROUEN NORMANDIE

Arbre Binaire 1 / 2

Conception

Type ArbreBinaire = ^ Noeud
Type Noeud = **Structure**
    lElement : Element
    filsGauche : ArbreBinaire
    filsDroit : ArbreBinaire
finstructure

Signatures des fonctions/procédures

fonction arbreBinaire **()** : ArbreBinaire
fonction estVide **(**a : ArbreBinaire**)** : **Booleen**
fonction ajouterRacine **(**fg,fd : ArbreBinaire,e : Element**)** : ArbreBinaire
fonction obtenirElement **(**a : ArbreBinaire**)** : Element
    ⌊**précondition(s)** non estVide(a)
fonction obtenirFilsGauche **(**a : ArbreBinaire**)** : ArbreBinaire
    ⌊**précondition(s)** non estVide(a)
fonction obtenirFilsDroit **(**a : ArbreBinaire**)** : ArbreBinaire
    ⌊**précondition(s)** non estVide(a)

Arbre Binaire 2 / 2

Signatures des fonctions/procédures (suite)

procédure fixerElement **(E** a : ArbreBinaire, e : Element**)**
⌊**précondition(s)** non estVide(a)
procédure fixerFilsGauche **(E** a : ArbreBinaire, ag : ArbreBinaire**)**
⌊**précondition(s)** non estVide(a)
procédure fixerFilsDroit **(E** a : ArbreBinaire, ad : ArbreBinaire**)**
⌊**précondition(s)** non estVide(a)
procédure supprimerRacine **(E/S** a : ArbreBinaire, **S** fg,fd : ArbreBinaire**)**
⌊**précondition(s)** non estVide(a)
procédure supprimer **(E/S** a : ArbreBinaire**)**

Remarque

Les algorithmes utilisant les arbres binaires sont obligatoirement récursifs

Exercice

Donnez les algorithmes des ces fonctions et procédures

Conclusion

- Les structures dynamiques sont très utilisées
- Il faut être rigoureux pour ne pas perdre des éléments
- Ils seront utilisés entre autre pour concevoir les collections (cf. prochain cours)
- Chaque n½ud stocke des « éléments », nous verrons comment en C les stocker

Attention

- L'utilisation de l'affectation peut être piégeuse
- Bien faire la différence entre identique et égal

INSA ROUEN NORMANDIE