

Tableaux et tris

I3 - Algorithmique et programmation

Nicolas Delestre, Nicolas Malandain

Plan...

- 1 Rappels
- 2 Tableaux à n dimensions
- 3 Initiation aux tris

Rappels : tableau à une dimension 1 / 4

Objectif

- Stocker à l'aide d'une seule variable un ensemble de valeurs de même type

Déclaration

- **Type Notes = Tableau[1..26] de Reel**
 - définit un nouveau type appelé Notes, qui est un tableau de 26 réels
- a : Notes
 - déclare une variable de type Notes
- b : **Tableau[1..26] de Reel**
 - déclare une variable de type tableau de 26 réels
 - a et b sont de même type
- c : **Tableau['a'..'z'] d'Entier**
 - déclare une variable de type tableau de 26 entiers
 - a et c sont de types différents

Rappels : tableau à une dimension 2 / 4

Utilisation

- Ainsi l'extrait suivant d'algorithme :

tab : **Tableau**['a'..'c'] **de Reel**

tab['a'] ← 2.3

tab['b'] ← -3.6

tab['c'] ← 4.2

... peut être présentée graphiquement par :

tab :

2.3	-3.6	4.2
'a'	'b'	'c'

Rappels : tableau à une dimension 3 / 4

Caractéristiques

- Un tableau possède un nombre maximal d'éléments défini lors de l'écriture de l'algorithme (les bornes sont des constantes explicites, par exemple MAX, ou implicites, par exemple 10)
 - ce nombre d'éléments ne peut être fonction d'une variable
- Par défaut si aucune initialisation n'a été effectuée les cases d'un tableau possèdent des valeurs aléatoires
- Le nombre d'éléments maximal d'un tableau est différent du nombre d'éléments significatifs dans un tableau
 - Dans l'exemple précédent le nombre maximal d'éléments est de 100 mais le nombre significatif d'éléments est référencé par le paramètre nbElevés
- L'accès aux éléments d'un tableau est direct (temps d'accès constant)
- Il n'y a pas conservation de l'information d'une exécution du programme à une autre

Rappels : tableau à une dimension 4 / 4

- L'affectation (\leftarrow) **copie** tous les éléments du tableau dans un autre
- Les opérations de bases sur des tableaux **de même type** sont :
 - L'égalité (=) qui permet de savoir si deux tableaux de même type possèdent des éléments de même valeur ($\forall i, a[i]=b[i]$)
 - L'inégalité (\neq) qui permet de savoir si deux tableaux de même type possèdent au moins un élément différent ($\exists i, a[i]\neq b[i]$)

Attention

- On ne peut comparer deux tableaux que si ces derniers sont totalement remplis

Les tableaux à deux dimensions 1 / 3

- On peut aussi avoir des tableaux à deux dimensions (permettant ainsi de représenter par exemple des matrices à deux dimensions)
- On déclare une matrice à deux dimensions de la façon suivante :
 - **Tableau**[*intervallePremièreDimension*][*intervalleDeuxièmeDimension*]
de *type des éléments*
- On accède à la $i^{\text{ème}}$, $j^{\text{ème}}$ valeur d'un tableau en utilisant la syntaxe suivante :
 - *nom de la variable*[i][j]

Les tableaux à deux dimensions 2 / 3

- Par exemple si *tab* est défini par
`tab : Tableau[1..3][1..2] de Réel`
 - `tab[2][1] ← -1.2`
 - met la valeur -1.2 dans la case 2,1 du tableau
 - En considérant le cas où *a* est une variable de type Réel, `a ← tab[2][1]`
 - met -1.2 dans *a*

	1	2
1	7.2	5.4
2	-1.2	2
3	4	-8.5

Les tableaux à deux dimensions 3 / 3

- Attention, le sens que vous donnez à chaque dimension est important et il ne faut pas en changer lors de l'utilisation du tableau
 - Par exemple, le tableau `tab` défini de la façon suivante :
`tab : Tableau[1..3][1..2] de Réel`
`tab[1][1] ← 2.0 ; tab[2][1] ← -1.2 ; tab[3][1] ← 3.4`
`tab[1][2] ← 2.6 ; tab[2][2] ← -2.9 ; tab[3][2] ← 0.5`
 ... peut permettre de représenter l'une des deux matrices suivantes :

$$\begin{pmatrix} 2.0 & -1.2 & 3.4 \\ 2.6 & -2.9 & 0.5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 2.0 & 2.6 \\ -1.2 & -2.9 \\ 3.4 & 0.5 \end{pmatrix}$$

Exercice

- Donner le corps :
 - 1 d'une fonction additionnant deux matrices
 - 2 d'une fonction multipliant deux matrices
 - 3 d'une fonction transposant une matrice

Tableau à n dimensions 1 / 3

Extension

- Par extension on peut définir et utiliser des tableaux à n dimensions
- Leur déclaration est à l'image des tableaux à deux dimensions, c'est-à-dire :
 - **tableau** [*intervalle*₁][*intervalle*₂]. . . [*intervalle* _{n}] **de** *type des valeurs*

Exemple à 3 dimensions

Constante LARGEUR = 4

Constante HAUTEUR = 4

Constante PROFONDEUR = 4

Type Contenu = {vide, pionNoir, pionBlanc}

Type Plateau = **tableau**[1..LARGEUR][1..PROFONDEUR][1..HAUTEUR] **de** Contenu



Tableau à n dimensions 2 / 3

Initialiser plateau

procédure initialiserPlateau (**S** p : Plateau)**Déclaration** i,j,k : Naturel**debut****pour** i \leftarrow 1 à LARGEUR **faire****pour** j \leftarrow 1 à PROFONDEUR **faire****pour** k \leftarrow 1 à HAUTEUR **faire**p[i][j][k] \leftarrow vide**finpour****finpour****finpour****fin**

Tableau à n dimensions 3 / 3

Jouer

procédure jouerPion (**E/S** p : Plateau, **E** largeur : 1..LARGEUR, profondeur : 1..PROFONDEUR, pion : pionNoir..pionBlanc)

 | **précondition(s)** hauteurColonne(p, largeur, profondeur) < HAUTEUR

debut

 p[largeur][profondeur][hauteurColonne(p, largeur, profondeur)+1] ← pion

fin

Exercice

- Donner le corps de :

fonction hauteurColonne (p : Plateau, largeur : 1..LARGEUR, profondeur : 1..PROFONDEUR) : 0..HAUTEUR

Représentation d'un tableau à 2 dimensions avec un tableau en 1D 1 / 2

Retour sur l'exemple des matrices

- Les matrices mathématiques peuvent être de différentes dimensions
⇒ plusieurs types?
 - On veut seulement que pour certaines opérations elles soient compatibles
- On voudrait un seul type de données pour représenter toutes les matrices en optimisant l'espace mémoire
 - Taille donnée M , on veut pouvoir stocker toutes les matrices tels que $n * m \leq M$

Représentation d'un tableau à 2 dimensions avec un tableau en 1D 2 / 2

Solution

- Utiliser un tableau à une dimension pour stocker une information à deux dimensions \Rightarrow création d'un type Matrice
 - **Type Matrice = Tableau[1..MAX] de Reel**
- Stockage des informations par ligne ou par colonne
 - Nécessité d'une formule mathématique pour passer (i, j) à $k \Rightarrow$ fonction *rang*
 - Utilisation de deux informations complémentaires : le nombre de lignes (n) et le nombre de colonnes (m) de la matrice
- Utilisation d'une fonction et d'une procédure pour s'abstraire de cette représentation :
 - **procédure** fixerValeur (**E/S** ma : Matrice, **E** i,j,n,m : **NaturelNonNul**, val : **Reel**)
 - └ **précondition(s)** $n * m \leq \text{MAX}$ et $i \leq n$ et $j \leq m$
 - **fonction** obtenirValeur (ma : Matrice, i,j,n,m : **NaturelNonNul**) : **Reel**
 - └ **précondition(s)** $n * m \leq \text{MAX}$ et $i \leq n$ et $j \leq m$

Qu'est ce qu'un tri? 1 / 2

Prérequis

Un tri s'applique sur un tableau à une dimension d'éléments possédant un ordre total :

$$\forall i < j \text{ on a } t[i] \leq t[j] \text{ ou } t[j] \leq t[i]$$

Définition

Un tri est un algorithme qui prend en entrée un tableau et qui donne en sortie ce même tableau avec les éléments ordonnés suivant une relation R donnée

En pratique c'est une procédure qui possède la signature suivante :

procédure trier (E/S t : Tableau[1..MAX] d'Element, E nbElements : Naturel)

Qu'est ce qu'un tri? 2 / 2

Attention

Le tri s'effectue par permutations successives des éléments du tableau (utilisation de la procédure échanger)
⇒ on ne compte pas les éléments!!!

Dans les tris que nous allons étudier les éléments sont des entiers et la relation d'ordre est $<$ (tri en ordre croissant)

procédure trier (E/S t :Tableau[1..MAX] d'Entier, E nb :Naturel)

Un premier exemple : le tri à bulles 1 / 3

Principe

- On parcourt le tableau t a trié
- Dès que deux éléments consécutifs $t[i]$ et $t[i + 1]$ ne sont pas bien placés, c'est-à-dire que $t[i] > t[i + 1]$, alors on les échange
- Si au moins un échange a été effectué, c'est que le tableau n'était pas trié, on le reparcourt de nouveau

Quelques points importants

- On compare deux éléments consécutifs, l'itération doit donc aller de 1 à $nb - 1$
- Il faut savoir si un échange a été effectué, il faut donc utiliser une variable booléenne

Un premier exemple : le tri à bulles 2 / 3

algorithme

procédure triABulles (**E/S** t :Tableau[1..MAX] d'Entier, E nb :Naturel)

Déclaration i : Naturel
estTrie : Booleen

debut

repete

estTrie ← VRAI

pour i ← 1 à nb-1 **faire**

si t[i] > t[i+1] **alors**

echanger(t[i],t[i+1])

estTrie ← FAUX

finsi

finpour

jusqu'a ce que estTrie

fin

Un premier exemple : le tri à bulles 3 / 3

Calcul de complexité

- Dans le meilleur des cas, le tri d'un tableau déjà trié est en $\Omega(n)$
- Dans le pire des cas, le tri d'un tableau trié « en sens inverse », il faudra n itérations pour « redescendre » le plus petit élément (celui qui est le plus éloigné de sa position finale). La complexité est alors en $O(n^2)$

Amélioration

- Le tri « shaker »

Exercice

- Donnez l'algorithme du tri « shaker »

Tris itératifs classiques

Principes des tris itératifs classiques

On va parcourir entièrement le tableau, en appliquant à chaque itération i l'une des deux stratégies suivantes :

- on recherche l'élément qui doit se placer à la i^{eme} place
 - **Tri par sélection**
- on recherche la place où va être positionné le i^{eme} élément
 - **Tri par insertion**

Remarque

Après chaque itération, le "sous-tableau" $t[1..i]$ est trié

⇒ À la fin le tableau t sera trié

Le tri par sélection 1 / 3

Principe (par minimum successif)

On parcourt le tableau t (i variant de 1 à $nb - 1$) et à chaque itération i

- on détermine l'indice j du plus petit entier de t sur l'intervalle $[i..nb]$
- on échange $t[i]$ et $t[j]$

Le tri par sélection 2 / 3

algorithme

fonction indiceDuMinimum (t :Tableau[1..MAX] d'Entier, borneInf,borneSup :Naturel) :
Naturel

Déclaration i,resultat : Naturel

debut

resultat ← borneInf

pour i ←borneinf+1 à borneSup **faire**

si t[i]<t[resultat] **alors**

 resultat ← i

fin

finpour

retourner resultat

fin

procédure triParMinimumSuccessif (E/S t :Tableau[1..MAX] d'Entier,E nb :Naturel)

Déclaration i : Naturel

debut

pour i ←-1 à nb-1 **faire**

 echanger(t[i],t[indiceDuMinimum(t,i,nb)])

finpour

fin

Le tri par sélection 3 / 3

Exercice

- Quelle est la complexité $T(n)$ dans le meilleur et le pire des cas ?

Le tri par insertion 1 / 4

Principe

On parcourt le tableau t (i variant de 2 à nb) et à chaque itération i

- on détermine l'indice j de la position de $t[i]$ dans l'intervalle $[1..i]$
- on insère $t[i]$ à la j^{eme} place

Le tri par insertion 2 / 4

algorithme

fonction obtenirIndiceDInsertion (t :Tableau[1..MAX]
d'Entier, borneSup :Naturel, lEntier :Entier) : Naturel

procédure decaler (E/S t :Tableau[1..MAX] d'Entier, E borneInf, borneSup :Naturel)

procédure triParInsertion (E/S t :Tableau[1..MAX] d'Entier, E nb :Naturel)

Déclaration i, j : Naturel
temp : Entier

debut

pour i ← 2 à nb **faire**

j ← obtenirIndiceDInsertion(t, i, t[i])

temp ← t[i]

decaler(t, j, i)

t[j] ← temp

finpour

fin

Le tri par insertion 3 / 4

Exercices

- 1 Donner les algorithmes de :
 - **fonction** obtenirIndiceDInsertion (t : **Tableau**[1..MAX] **d'Entier**, borneSup : **Naturel**, lEntier : **Entier**) : **Naturel**
 - avec un algorithme séquentiel puis dichotomique
 - **procédure** decaler (**E/S** t : **Tableau**[1..MAX] **d'Entier**, E , borneInf, borneSup : **Naturel**)
- 2 Quelle est la complexité $T(n)$ dans le meilleur et le pire des cas ?

Le tri par insertion 4 / 4

Un autre algorithme

La recherche de l'indice d'insertion et le décalage se font « en même temps » :

procédure *inserer* (**E/S** t : **Tableau**[1..MAX] d'**Entier**, **E** position : **Naturel**)

procédure *triParInsertion* (**E/S** t : **Tableau**[1..MAX] d'**Entier**, **E** nb : **Naturel**)

Déclaration i, j : **Naturel**
 temp : **Entier**

debut

pour i ← 2 à nb **faire**
 inserer(t, i)

finpour

fin

Exercices

- Donnez l'algorithme de la procédure *inserer*
- Quelle est la complexité $T(n)$ dans le meilleur et le pire des cas ?