

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
------	--------------	--------------------------	--	---

Les tableaux

Ch. Lasou, N.E. Oussous, E. Wegrzynowski

Licence ST-A, USTL - API1

29 janvier 2007

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
------	--------------	--------------------------	--	---

Motivation

Nombre de problèmes nécessitent de travailler avec des ensembles de données homogènes

- ▶ séries statistiques
- ▶ vecteurs
- ▶ tables de fonctions
- ▶ etc . . .

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
------	--------------	--------------------------	--	---

Introduction

Notion de tableau

Définition

Les tableaux en PASCAL

Déclaration

Fonctions prédéfinies

Accès à un élément

Affectation de valeurs dans un tableau

Utilisation des tableaux

Stockage de données

Tabulation de fonctions

Données structurées

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
------	--------------	--------------------------	--	---

Objectifs

- ▶ pouvoir désigner et manipuler un ensemble de données d'un même type
- ▶ tout en ayant un accès direct à chacun de ses éléments.

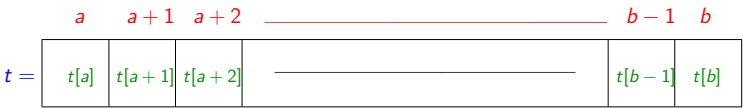
Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ●○○	Les tableaux en PASCAL ○○○ ○○○ ○○○ ○○○	Utilisation des tableaux ○○○○ ○○○○ ○○○
Définition				

Définition intuitive

Un tableau t est

- ▶ une collection de cases (mémoires)
- ▶ désignées par des indices : $a, a + 1, \dots, b$
- ▶ contenant des valeurs, toutes du même type : $t[a], \dots, t[b]$



Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ○○●	Les tableaux en PASCAL ○○○ ○○○ ○○○ ○○○	Utilisation des tableaux ○○○○ ○○○○ ○○○
Définition				

Notations

1. élément d'indice k d'un tableau t noté $t[k]$. C'est un élément de E . Il n'est défini que si $k \in \llbracket a, b \rrbracket$.
2. Si $c, d \in \llbracket a, b \rrbracket$ et $c \leq d$, $t[c..d]$ = sous-tableau des éléments de t d'indices compris entre c et d .
3. Si $x \in E$, $x \in t$ signifie $\exists k \in \llbracket a, b \rrbracket x = t[k]$
4. Si $x \in E$, $x \notin t$ signifie $\forall k \in \llbracket a, b \rrbracket x \neq t[k]$
5. S'il existe une relation d'ordre sur E , notée \leq , et si $x \in E$, $x \leq t$ signifie $\forall k \in \llbracket a, b \rrbracket x \leq t[k]$

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ○○○	Les tableaux en PASCAL ○○○ ○○○ ○○○ ○○○	Utilisation des tableaux ○○○○ ○○○○ ○○○
Définition				

Définition formelle d'un tableau

Définition

Soient $I = \llbracket a, b \rrbracket$ un intervalle et E un type de données quelconque. Un tableau d'éléments de type E est une donnée composée d'éléments de type E , chacun d'entre eux étant directement accessible par un indice $k \in \llbracket a, b \rrbracket$.

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ○○○	Les tableaux en PASCAL ●○○ ○○○ ○○○ ○○○	Utilisation des tableaux ○○○○ ○○○○ ○○○
Déclaration				

Avec FREE PASCAL, possibilité de définir deux sortes de tableaux

1. les tableaux statiques : la *taille* (ou *longueur*) du tableau est fixée une fois pour toute lors de l'écriture du programme, et le compilateur se charge de réserver l'emplacement mémoire pour chaque variable de ce type ;
2. les tableaux dynamiques : seul le type des éléments est fixé lors de l'écriture du programme. La taille est déterminée à l'exécution du programme et peut varier durant celle-ci.

Seuls les tableaux statiques seront présentés et utilisés.

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Déclaration				

Les tableaux statiques

- possibilité de définir des tableaux d'éléments de tout type
- les indices sont définis par un intervalle d'un type ordinal

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Fonctions prédéfinies				

La fonction **low**

Présentation

Si t est une variable d'un type tableau, la fonction **low** donne la valeur de l'indice du premier élément du tableau.

Exemples

1. Si t est de type NB_JOURS, alors
low(t) = 1
2. Si t est de type T_STRING, alors
low(t) = 'A'

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Déclaration				

Le mot-clé **array**

Syntaxe de la déclaration en PASCAL

Un tableau est déclaré à l'aide des mots-clés **array** et **of**

array[<indice>] **of** <element>

Exemples

1. Tableau de 12 entiers
type MOIS = 1..12 ;
NB_JOURS = **array** [MOIS] **of** CARDINAL ;
2. Tableau de 26 chaînes de caractères
type LETTRES = 'A'..'Z' ;
T_STRING = **array** [LETTRES] **of** STRING ;

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Fonctions prédéfinies				

La fonction **high**

Présentation

Si t est une variable d'un type tableau, la fonction **high** donne la valeur de l'indice du dernier élément du tableau.

Exemples

1. Si t est de type NB_JOURS, alors
high(t) = 12
2. Si t est de type T_STRING, alors
high(t) = 'Z'

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Fonctions prédéfinies				

La fonction **length**

Présentation

Si t est une variable d'un type tableau, la fonction **length** donne la longueur (taille, nombre de cases) du tableau.

Exemples

1. Si t est de type NB_JOURS, alors

length(t) = 12

2. Si t est de type T_STRING, alors

length(t) = 26

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Accès à un élément				

Remarque

Toute tentative d'accès à un élément d'un tableau à l'aide d'un indice dont la valeur est en dehors de l'intervalle provoque une erreur

1. à la compilation (si le compilateur est en mesure de détecter cette tentative). Le message d'erreur est alors

Error : range check error while evaluating constants

2. ou à l'exécution. Le message est alors

Runtime error 201 at ...

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Accès à un élément				

Notation indicielle

Présentation

Si t est une variable d'un type tableau indexé par l'intervalle $\llbracket a, b \rrbracket$, et $i \in \llbracket a, b \rrbracket$, l'élément d'indice i de t est désigné en PASCAL par $t[i]$. $t[i]$ peut être considéré comme une variable du type des éléments de t .

Exemples

1. Si t est de type NB_JOURS, et $i \in \llbracket 1, 12 \rrbracket$ alors $t[i]$ est de type CARDINAL.
2. Si t est de type T_STRING, et $i \in \llbracket 'A', 'Z' \rrbracket$ alors $t[i]$ est de type **STRING**.

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo ooo
Affectation de valeurs dans un tableau				

Attribution d'une valeur à un élément

Exemple

Schéma classique d'initialisation d'un tableau

```

for i := low(t) to high(t) do
  begin
    donner une valeur à t[i]
  end { for };

```

où « donner une valeur à $t[i]$ » peut être

- $t[i] := \langle \text{expression} \rangle$
- ou lire($t[i]$), si lire est une procédure de lecture de valeurs du type des éléments de t .

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo o●oo	Utilisation des tableaux oooo oooo oo ooo
Affectation de valeurs dans un tableau				

Constante typée

Possibilité de définir des constantes de type tableau : constantes typées.

Les valeurs sont énumérées entre deux parenthèses

Exemple

```
const
  C_NB_JOURS : NB_JOURS = (31,28,31,30,31,30,
                           31,31,30,31,30,31);
```

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo o●	Utilisation des tableaux oooo oooo oo ooo
Affectation de valeurs dans un tableau				

Remarque

La comparaison de deux tableaux à l'aide de l'opérateur = n'est pas autorisée par le compilateur.

Par exemple, si *t1* et *t2* sont deux variables du même type tableau, alors la condition dans l'instruction

```
if t1=t2 then ...
```

provoque l'arrêt de la compilation du programme avec le message

Error : Operator is not overloaded

Si on veut tester l'égalité de deux tableaux, il faut le programmer !

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo o●o	Utilisation des tableaux oooo oooo oo ooo
Affectation de valeurs dans un tableau				

Affectation de tableaux

Affectation de tableaux

Il est possible d'affecter à une variable de type tableau, toute valeur produite par une expression du même type tableau.

Exemple

Si *t1* et *t2* sont deux tableaux du même type,

```
t1 := t2;
```

est une instruction valide.

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo oo oo oooo	Utilisation des tableaux oooo oooo oo ooo
------	--------------	--------------------------	--	--

Trois utilisations classiques des tableaux

- stockage de données ;
- tabulation de fonctions ;
- représentation de données structurées.

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux ●ooo oooo ooo
Stockage de données				

Stockage de données

Utilisation des tableaux pour mémoriser un ensemble de données de même type :

- ▶ nombre d'occurrences des lettres dans un texte ;
- ▶ notes obtenues à un examen par un groupe d'étudiants
- ▶ etc. . .

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux ooo● oooo ooo
Stockage de données				

Exemple de traitement

Saisie des notes depuis le clavier

```

var
    mesnotes : NOTES;
    i : CARDINAL;

...

for i := 1 to N do
begin
    readln(mesnotes[i]);
end { for };

```

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux ooo● oooo ooo
Stockage de données				

Notes

Déclaration d'un type pour la gestion des notes d'un groupe de 20 étudiants.

```

const N = 20;
type NOTES = array [1..N] of REAL;

```

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo oooo	Utilisation des tableaux ooo● oooo ooo
Stockage de données				

Calcul de la moyenne

Moyenne des notes

```

var
    mesnotes : NOTES;
    i : CARDINAL;
    s, moyenne : REAL;

...

s := 0;
for i := 1 to N do
begin
    s := s + mesnotes[i];
end { for };
moyenne := s / N;

```

Les tableaux	Licence ST-A, USTL - API1
--------------	---------------------------

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo ●ooo ooo
Tabulation de fonctions				

Tabulation

Utilisation des tableaux pour tabuler des fonctions, i.e. utiliser des tables de valeurs de fonctions

- ▶ pour des fonctions prédéfinies (afin d'économiser des calculs par exemple)
- ▶ pour de nouvelles fonctions

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo ooo● ooo
Tabulation de fonctions				

Construction de la table des sinus

Calcul de $\sin(k\pi/N)$ pour $k \in \llbracket 0, 2N-1 \rrbracket$

```
for k := 0 to 2*N-1 do
begin
    tabsin[k] := sin(k*Pi/N);
end { for };
```

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo ooo● ooo
Tabulation de fonctions				

Tables de sinus

Déclaration d'une table pour les sinus de multiples de $\frac{\pi}{N}$

```
const N = 20;
type
    TABLE = array [0..2*N-1] of REAL;
var
    tabsin : TABLE;
```

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo ooo● ooo
Tabulation de fonctions				

Nom d'un jour

Une fonction de conversion de valeurs de type JOUR en valeurs de type **STRING**

```
type
    JOUR = (LUNDI, MARDI, MERCREDI, JEUDI,
            VENDREDI, SAMEDI, DIMANCHE);

function nomDuJour(j : JOUR) : STRING;
const
    NOMS : array [JOUR] of STRING =
        ('LUNDI', 'MARDI', 'MERCREDI', 'JEUDI',
         'VENDREDI', 'SAMEDI', 'DIMANCHE');
begin
    nomDuJour := noms[j];
end { nomDuJour };
```

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo oooo ooo
Données structurées				

Représentation de données

Utilisation de tableaux pour représenter des données

- ▶ par exemple des vecteurs,

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo oooo ooo
Données structurées				

Exemple de traitement sur les vecteurs

Calcul de la somme de deux vecteurs

```
function somme(v1 , v2 : VECTEUR) : VECTEUR;  
var  
  v : VECTEUR;  
  i : 1..DIM;  
begin  
  for i := 1 to DIM do  
    begin  
      v[i] := v1[i] + v2[i];  
    end { for };  
  somme := v;  
end { somme };
```

Plan	Introduction	Notion de tableau ooo	Les tableaux en PASCAL ooo ooo ooo oo ooo	Utilisation des tableaux oooo oooo oooo ooo
Données structurées				

Vecteurs de \mathbb{R}^3

Déclaration d'un type pour représenter des vecteurs de \mathbb{R}^3

```
const DIM = 3;  
type  
  VECTEUR = array [1..DIM] of REAL;
```