8. Tableaux dynamiques

La possibilité de combiner plusieurs variables du même type dans un tableau est souvent très utile. Pensez aux vecteurs et matrices, mais aussi à une liste des âges des membres d'un groupe, etc. Pour déclarer des tableaux on utilise des pointeurs et la fonction `malloc` (*memory allocation*, qui nécessite la directive `#include<stdlib.h>`).

Voici la déclaration d'un tableau à un indice de 4 doubles :
`double* t; int n = 4; t = (double*)malloc(n*sizeof(double));`
La fonction `malloc` réserve de la place (consécutive) dans la mémoire pour (ici) 4 doubles et retourne l'adresse de la première.

- On peut bien sûr remplacer partout `double` par un autre type de variable pour déclarer un tableau d'un autre type, par exemple :
  `int* ti = (int*)malloc(3*sizeof(int));`
- La fonction `sizeof` donne la taille en octets d'un type de variable.
- La conversion de type `(double*)` devant le `malloc` est nécessaire, parce que `malloc` retourne une valeur du type `void*`, qui est une adresse sans information de quel type de variable y est stocké.

Après la déclaration on réfère aux 4 éléments de ce tableau comme suivant : `t[0],t[1],t[2],t[3]`. **Remarque bien que ça commence à 0 et que** `t[4]` **n'existe pas !** Alternativement, `*t,*(t+1),*(t+2),*(t+3)` marche aussi.

- Pour ne pas encombrer la mémoire inutilement, il faut libérer l'espace réservée si l'on n'a plus besoin du tableau, avec la commande `free(t);`

Exemple d'un programme qui déclare et initialise deux vecteurs et puis fait appel à une fonction pour en calculer le produit scalaire :

```
#include<iostream>
#include<stdlib.h>          // Necessaire pour utiliser malloc
using namespace std;
double prodscal(double* a, double* b, int n) {
  int i; double s = 0.;     // N'oublie pas d'initialiser s a 0 !
  for (i = 0; i < n; i++)
    s += a[i] * b[i];
  return s;
}
int main() {
  int i, n = 3;  // Facile a changer le programme pour une autre dimension
  double *a, *b;
  a = (double*)malloc(n*sizeof(double));
  b = (double*)malloc(n*sizeof(double));
  a[0] = 1.5; a[1] = 2.5; a[2] = 3.5;
  b[0] = 2.; b[1] = 3.; b[2] = 4.;
  cout << "Vecteur a : ";
  for (i = 0; i < n; i++)
    cout << a[i] << " ";
  cout << endl;
  cout << "Produit scalaire : " << prodscal(a,b,n) << endl;  // 24.5
  free(a); free(b);
  return 0;
}
```

Tableaux à deux indices (matrices)

Pour créer un tableau à deux indices, il faut en fait créer un tableau de tableaux à un indice. Le tableau à deux indices consiste ainsi en

- un pointeur,
- qui pointe vers la première adresse d'un tableau de pointeurs,
- qui pointent chacun vers la première adresse de tableaux différents de variables (p.ex. doubles), qui sont les lignes du tableau à deux indices.

```
int i, p = 2, q = 3; // Matrice de 2 lignes et 3 colonnes
double** m;          // Pointeur sur un pointeur sur une double
// Reservation de la memoire pour le tableau des p pointeurs,
// dont la première adresse est mise dans m :
m = (double**)malloc(p * sizeof(double*));
// Reservation de la memoire pour les p tableaux des q doubles,
// dont les premieres adresses sont mises dans les m[i] :
for(i = 0; i < p; i++)
  m[i] = (double*)malloc(q * sizeof(double));
// Initialisation des elements de la matrice :
m[0][0] = 1.1; m[0][1] = 1.2; m[0][2] = 1.3;  // premiere ligne
m[1][0] = 2.1; m[1][1] = 2.2; m[1][2] = 2.3;  // deuxieme ligne
```

- Rappel important : le premier élément d'un tableau a le numéro 0. La ligne numéro p et la colonne numéro q n'existent donc pas !
  $\rightarrow$ **erreur de segmentation**
- On peut aussi créer des tableaux à deux indices dont les lignes n'ont pas toutes la même longueur.

Pour libérer la mémoire si l'on n'a plus besoin du tableau à deux indices :

```
for(i = 0; i < p; i++)  // d'abord liberer les p tableaux des q doubles
  free(m[i]);
free(m);                // puis liberer le tableau des p pointeurs
```

Pour initialiser un tableau on a 4 méthodes :

1. S'il y a une certaine logique dans les valeurs on peut utiliser des boucles :

   ```
   for(i = 0; i < p; i++)
     for(j = 0; j < q; j++)
        m[i][j] = i+1 + 0.1*(j+1);
   ```

2. Si le tableau est petit on peut le faire à la main (`m[0][0] = 1.1;` etc.)

3. Pour un tableau de taille moyenne il existe des fonctions dans la bibliothèque du magistère (`#include<bibli_fonctions.h>`), voir l'annexe du chapitre 9 du poly de cours :

   ```
   ini_D_2(m, p, q, 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3);
   ```

   Dans cette fonction il n'y a pas de conversion de type automatique : mettre 2 au lieu de 2. pour initialiser un tableau de doubles donne un résultat aberrant !

4. Pour un grand tableau avec des valeurs sans logique, taper les valeurs dans un fichier de données et faire lire ce fichier et mettre les valeurs dans le tableau par le programme.

Tout se généralise pour des tableaux à plus d'indices (hors programme). Par exemple, on pourrait utiliser une variable `double*** Gamma;` pour les symboles de Christoffel à trois indices de la relativité générale.

Exemple d'un programme qui calcule le produit de deux matrices :

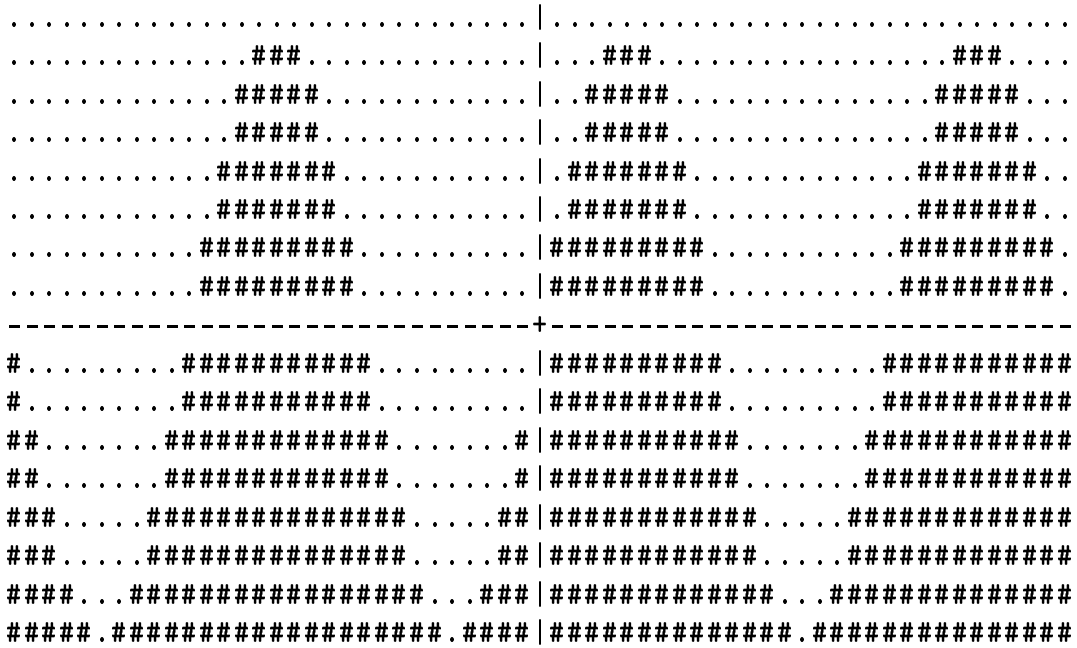
```
#include<iostream>
#include<iomanip>
#include<fstream>
#include<stdlib.h>
using namespace std;
double** produit(double** a, double** b, int m, int n, int p) {
  int i, j, k;
  double** c = (double**)malloc(m * sizeof(double*));
  for(i = 0; i < m; i++) {
    c[i] = (double*)malloc(p * sizeof(double));
    for(k = 0; k < p; k++) {
      c[i][k] = 0.;
      for(j = 0; j < n; j++)
        c[i][k] += a[i][j] * b[j][k];
    }
  }
  return c;
}
void affichage(double** a, int m, int n) { // Remarque bien que le pointeur a
  int i, j; // ne contient pas d'information sur les dimensions de la matrice
  for(i = 0; i < m; i++) {    // et qu'on a donc besoin des arguments m et n.
    for(j = 0; j < n; j++)
      cout << setw(7) << a[i][j];
    cout << endl;
  }
  cout << endl;
}
```

```
void liberer(double** a, int m) {
  int i;
  for(i = 0; i < m; i++) free(a[i]);
  free(a);
}
int main() {
  fstream fich;
  int i, j, m = 3, n = 2, p = 6;
  double **a, **b, **c;
  a = (double**)malloc(m * sizeof(double*));
  for (i = 0; i < m; i++) {
    a[i] = (double*)malloc(n * sizeof(double));
    for(j = 0; j < n; j++)        // les elements de a sont initialises
      a[i][j] = i+1 + 0.1*(j+1); // avec des boucles (formule explicite)
  }
  fich.open("matrice.dat", ios::in);
  b = (double**)malloc(n * sizeof(double*));
  for(i = 0; i < n; i++) {
    b[i] = (double*)malloc(p * sizeof(double));
    for(j = 0; j < p; j++)  // les elements de b sont initialises
      fich >> b[i][j];      // a partir d'un fichier
  }
  fich.close();
  affichage(a,m,n); affichage(b,n,p);
  c = produit(a,b,m,n,p);
  affichage(c,m,p);
  liberer(a,m); liberer(b,n); liberer(c,m);
  return 0; }
```

Version plus complète du programme qui trace l'allure d'une fonction avec des # (non pas tournée de 90°, valeurs négatives, axes, etc.) :

```
#include<iostream>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
using namespace std;
int xmin = -30, xmax = 30, ymin = -8, ymax = 8;  // variables globales
double f(double x) {                  // fonction a tracer
  return 8.*sin(x*M_PI/10.);
}
void colonne(double y, char* col) { // Remplit une ligne de la matrice
  int i;                            // pour indiquer ou mettre les #
  if (y > ymax) y = ymax + 1; // (= colonne de la matrice transposee affichee)
  for (i = ymin; i < y; i++)  // Les ordonnees de ymin a ymax correspondent
    col[i-ymin] = '#';        // aux indices 0 a ymax-ymin de la matrice
}
void affichage(char** m) {
  int i, j;
  for (j = ymax-ymin; j >= 0; j--) { // Remarque bien l'echange de i et j
    for (i = 0; i <= xmax-xmin; i++) // pour afficher la transposee de m
      if (i == -xmin && j == -ymin) cout << "+";
      else if (i == -xmin) cout << "|";
      else if (j == -ymin) cout << "-";
      else cout << m[i][j];
    cout << endl;
  }
}
```

```
int main() {
  int i, j;
  char** m = (char**)malloc((xmax-xmin+1) * sizeof(char*));
  for (i = 0; i < xmax-xmin+1; i++) {
    m[i] = (char*)malloc((ymax-ymin+1) * sizeof(char));
    for (j = 0; j < ymax-ymin+1; j++)
      m[i][j] = '.';                    // initialisation de la matrice
  }
  for (i = xmin; i <= xmax; i++)  // On envoie une ligne de la matrice a la
    colonne(f(i), m[i-xmin]);     // fonction comme vecteur. Ce ne serait
  affichage(m);                   // pas possible pour une colonne et c'est
  for (i = 0; i < xmax-xmin+1; i++) // pour cela qu'il faut transposer la
    free(m[i]);                   // matrice pendant l'affichage.
  free(m);
  return 0; }
```



Chaînes de caractères

En C strict, une chaîne de caractères est un tableau à un indice de `char`, qui doit obligatoirement se terminer par le caractère `\0` (anti-slash zéro).

```
char* s = (char*)malloc(6 * sizeof(char));
s[0] = 'S'; s[1] = 'a'; s[2] = 'l'; s[3] = 'u'; s[4] = 't'; s[5] = '\0';
```

- Contrairement à un tableau de `double` ou `int`, le compilateur peut automatiquement alloquer assez de mémoire (y inclus pour le \0) et initialiser la chaîne si l'on écrit :
  ```
  const char* s = "Salut";
  ```
  Par contre, dans ce cas on ne peut plus changer la chaîne après.
- Attention à la différence entre guillemets simples et doubles : `'S'` est le seul caractère S, tandis que `"S"` est une chaîne de caractères et contient donc les deux caractères S et \0.
- Également contrairement aux tableaux de `double` et `int`, la commande `cout << s << endl;` affiche la chaîne de caractères à l'écran et non pas l'adresse contenue dans le pointeur `s`.

La bibliothèque `string.h` contient plusieurs fonctions pour manipuler les chaînes de caractères du C (hors programme du cours).
Alternativement, en C++ on a accès à un type de variable supplémentaire pour les chaînes de caractères, appelé `string`, dont la manipulation est souvent plus facile (hors programme).

Erreurs fréquentes

Essaie toujours de vérifier d'abord que tu n'as pas fait l'une de ces erreurs avant d'appeler un enseignant en TD !

- Faire une division d'entiers inattendue : $1/2 = 0$.
- Utiliser $=$ au lieu de $==$ dans un `if` (ou autre condition).
- Faute de copier-coller : `for (j = 0; j < 10; i++)`
- Utilisation d'une variable déclarée mais non initialisée.
- Utiliser une virgule au lieu d'un point comme séparateur décimal.
- Oubli d'un $<<$ quelque part dans une commande `cout`.
- Oubli d'accolades autour de deux (ou plus de) commandes dans un bloc, ce qui fait que la deuxième commande est exécutée *après* et non pas *dans* la boucle.
- Essayer d'utiliser le résultat d'une fonction du type `void` : `cout << f(x) << endl;` où `f` est une fonction du type `void`.
- Oublier que le premier élément d'un tableau a l'indice 0 et non pas 1 et que l'élément n d'un tableau de taille n n'existe donc pas $\rightarrow$ erreur de segmentation.
- Écrire les éléments d'une matrice comme `m[i,j]` au lieu de `m[i][j]`.