Chapitre 4 : Le langage C

Construction et maintenance de logiciels

Guy Francoeur

basé sur du matériel pédagogique d'Alexandre Blondin Massé, professeur

UQÀM | Département d'informatique

Table des matières

Table des matières

Tableaux

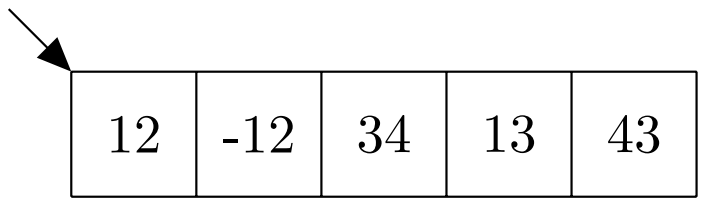
- Collection de données de **même type**;
- **Déclaration** :

```
1 int donnees[10];
2 // Réserve 10 "cases" de type "int" en mémoire
3 int donnees[taille];
4 // Seulement avec C99 et allocation sur la pile
```

- **Définition** et **initialisation** :

```
1 int toto[] = {12,-12,34,13,43};
```

- Stockées de façon **contiguë** en mémoire;



Accès

- À l'aide de l'opérateur [ ] :

```c
// exo8.c
#include <stdio.h>
int main() {
    int donnees[] = {12,-12,34,13,43};
    int a, b;
    a = donnees[2];
    b = donnees[5];
    printf("%d %d\n", a, b); /* que vaut a et b ? */
    return 0;
}
```

- Le **premier** élément est à l'indice **0**;
- S'il y a **dépassement** de borne, **aucune erreur** ou un **avertissement** (**warning**).
- Source fréquente de **segfault**.

Chaînes de caractères

- Les **chaînes de caractères** sont représentées par des **tableaux de caractères**;
- Les chaînes **constantes** sont délimitées par les symboles de guillemets " ".
- Les deux déclarations suivantes sont **équivalentes** :

```
1 char chaîne[] = "tomate";
2 char chaîne[] = {'t','o','m','a','t','e','\0'};
```

- Termine par le caractère \0;
  - Longueur de la chaîne "tomate" : **6**;
  - Taille du tableau de la chaîne "tomate" : **7**.

Table des matières

Définition

- Une adresse est un emplacement **précis** en mémoire.
- Un pointeur est une variable qui contient une adresse; ~~d'une autre variable en mémoire;~~
- On déclare un pointeur en utilisant le symbole *****;
- L'opérateur & retourne l'adresse d'une variable en mémoire.

Exemple

```c
//pointeur1.c
#include <stdio.h>

int main() {
  int *p; //un pointeur vers un entier

  printf("La variable p pointe vers l'adresse %p.\n", p);

  return 0;
}
```

Exemple

```
1  // pointeur2.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main() {
5      int *pi, x = 104;
6      pi = &x;
7      printf("x vaut %d et se trouve à l'adresse %p\n", x, &x);
8      printf("pi vaut %p et pointe sur la valeur %d\n", pi, *pi);
9
10     *pi = 350;
11     printf("x vaut %d et se trouve à l'adresse %p\n", x, &x);
12     printf("pi vaut %p et pointe sur la valeur %d\n", pi, *pi);
13     return 0;
14 }
```

Affiche :

x vaut 104 et se trouve à l'adresse 0x7fff5fbff73c
pi vaut 0x7fff5fbff73c et pointe sur la valeur 104
x vaut 350 et se trouve à l'adresse 0x7fff5fbff73c
pi vaut 0x7fff5fbff73c et pointe sur la valeur 350

Affectation

- Impossible d'affecter directement une **adresse** à un pointeur :

```
1 int *pi;
2 pi = 0xdff1;          /* interdit */
```

- Par contre, avec une conversion **explicite**, c'est possible :

```
1 int *pi;
2 pi = (int*)0xdff1; /* permis, mais a eviter */
```

- On peut aussi utiliser une conversion pour associer une **même adresse** à des pointeurs de **types différents** :

```
1 int *pi;
2 char *pc;
3 pi = (int*)0xdff1;
4 pc = (char*)pi;
```

Lien entre tableaux et pointeurs

- Un tableau d'éléments de type t peut être vu comme un **pointeur constant** vers des valeurs de type t;
- **Exemple :** int a[3] définit un pointeur a vers des entiers;
- De plus, a pointe vers le **premier** élément du tableau :

```
1 //pointeur3.c
2 #include <stdio.h>
3 int main() {
4     int a[3] = {1,2,3}, *pi;
5     pi = a;              /* initialisation de pi */
6     printf("%p, %p,  %d,  %d,  %d,  %d\n",
7                a, pi, a[0], a[1], a[2], *pi);
8     return 0;
9 }
```

- **Affiche** : 0x7fff5fbff720 0x7fff5fbff720 1 2 3 1
- pi = a est valide, mais a = pi n'est pas **valide**.

Un extra sur les pointeurs

```
1  //pointeur5.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main() {
5    int a;
6    int *b;
7    int *c=NULL;
8
9    printf("%p, %d\n", a, a);
10
11   *b = 100000;
12   printf("%p, %d\n", b, *b);
13
14   *c = 10000000;
15   printf("%p, %d\n", c, *c);
16
17   return 0;
18 }
```

- Que donne le programme?

Un extra sur les pointeurs

```c
//sizeof.c
#include <stdio.h>

struct une_s {
  unsigned long a;
  unsigned long b;
};

int main(void) {

  int a[3]={0,1,2};
  struct une_s b;
  unsigned __int128 c;

  int *a2=a;
  struct une_s *b2=&b;
  unsigned __int128 *c2;
//sizeof:
  printf("var a %lu, pointeur a2 %lu\n",sizeof a, sizeof a2);
  printf("var b %lu, pointeur b2 %lu\n",sizeof b, sizeof b2);
  printf("var c %lu, pointeur c2 %lu\n",sizeof c, sizeof c2);

  return 0;
}
```

Opération sur les pointeurs

- Considérons un tableau tab de n éléments. Alors
  - tab correspond à l'**adresse** de tab[0];
  - tab + 1 correspond à l'**adresse** de tab[1];
  - ...
  - tab + n - 1 correspond à l'**adresse** de tab[n - 1];
- On peut calculer la **différence** entre deux pointeurs de même type;
- De la même façon, l'**incrémentation** et la **décrémentation** de pointeurs sont possibles;
- Finalement, deux pointeurs peuvent être **comparés**.

Exemple - Académique

```
1  // pointeur4.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main(int argc, char *argv[]) {
5      int a[3] = {1, -1, 2}, *pi, *pi2;
6      pi = a;
7      pi2 = &a[2];
8      printf("%ld ", pi2 - pi);
9      printf("%d ", *(--pi2));
10     printf("%d\n", *(pi + 1));
11     if (pi + 1 == pi2)
12         printf("pi et pi2 pointent vers la même case mé
               moire.\n");
13     return 0;
14 }
```

Affiche :

2 -1 -1

pi et pi2 pointent vers la même case mémoire.

Gestion de la mémoire

```
1   int *pi, tab[10];
```

- La déclaration d'un tableau **réserve** l'espace mémoire nécessaire pour stocker le tableau;
- La déclaration de *pi ne réserve **aucun espace** mémoire (sauf l'espace pour stocker une adresse);
- Les expressions

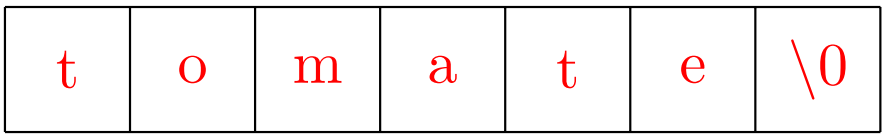
```
1 *pi = 6;
2 *(pi + 1) = 5;
```

sont **valides**, mais ne réservent pas l'espace mémoire correspondant. Autrement dit, le compilateur pourrait éventuellement **utiliser** cet espace. Donc ?

Table des matières

Chaînes de caractères

- Une **chaîne de caractères** est représentée par un **tableau de caractères** terminant par le caractère \0;



- Des fonctions élémentaires sur les **caractères** se trouvent dans la bibliothèque ctype.h;
- D'autre part, la bibliothèque standard string.h fournit plusieurs fonctions permettant de **manipuler** les **chaînes de caractères**.

Arguments de la fonction main

- int main(int argc, char *argv[]);
- Le paramètre argv est un tableau de **pointeur vers des caractères**;
- argv[argc] == NULL est vrai;
- Quelle est la sortie affichée par le programme suivant avec la commande gcc ex8.c && ./a.out bonjour toi ?

```
1 // ex8.c
2 #include <stdio.h>
3 int main(int argc, char **argv) {
4   printf("argc est : %d\n", argc);
5   for (int i = 0; i < argc; ++i) {
6     printf("%s\n", argv[i]);
7   }
8   return 0;
9 }
```

La bibliothèque <ctype.h>

Fonction	Description
int isalpha(c)	Retourne une valeur non nulle si c est alphabétique, 0 sinon
int isupper(c)	Retourne une valeur non nulle si c est majuscule, 0 sinon
int islower(c)	Retourne une valeur non nulle si c est minuscule, 0 sinon
int isdigit(c)	Retourne une valeur non nulle si c est un chiffre, 0 sinon
int isalnum(c)	Retourne isalpha(c) || isdigit(c)
int isspace(c)	Retourne une valeur non nulle si c est un espace, un saut de ligne, un caractère de tabulation, etc.
char toupper(c)	Retourne la lettre majuscule correspondant à c
char tolower(c)	Retourne la lettre minuscule correspondant à c

Attention! Les fonctions toupper, tolower, etc. sont définies sur les **caractères** et non sur les **chaînes**.

La bibliothèque <string.h>

- La fonction unsigned int strlen(char *s) retourne la **longueur** d'une chaîne de caractères;
- La fonction int strcmp(char *s, char *t) retourne
  - une valeur **négative** si s < t selon l'ordre lexicographique;
  - une valeur **positive** si s > t;
  - la valeur **0** si s == t.
- Quelle est la différence entre s == t et strcmp(s, t) ?

Exemple

```c
//ex1.c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main() {
    char s[] = "bonjour";
    char t[] = "patate";

    printf("Longueur de \"%s\" et \"%s\" : %lu, %lu\n",
           s, t, strlen(s), strlen(t));
    printf("strcmp(\"%s\", \"%s\") : %d\n", s, t,
           strcmp(s, t));
    return 0;
}
```

Sortie :

Longueur de "bonjour" et "patate" : 7, 6
strcmp("bonjour", "patate") : -14

Concaténation

- Les fonctions

```
1       char *strcat(char *s, const char *t);
2       char *strncat(char *s, const char *t, int n);
```

  permettent de **concaténer** deux chaînes de caractères;

- Plus précisément, la chaîne t est ajoutée à la fin de la chaîne s ainsi qu'un caractère \0;

- La chaîne s doit avoir une **capacité suffisante** pour contenir le résultat de la **concaténation**;

- Le paramètre n donne une limite **maximale** du nombre de caractères à concaténer.

Exercices

Quel résultat donne le code suivant ?

```c
// ex2.c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main() {
    char s[10] = "Salut ";
    char t[] = "toi!";
    strcat(s, t);
    printf("%s\n", s);
    return 0;
}
```

Copie

- Les fonctions

```
1       char *strcpy(char *s, const char *t);
2       char *strncpy(char *s, const char *t, int n);
```

  permettent de **copier** une chaîne de caractère dans une autre;

- Dans ce cas, la chaîne t est copiée dans la chaîne s et un caractère \0 est ajouté à la fin;
- Comme pour strcat, la chaîne s doit avoir une **capacité suffisante** pour contenir la copie;
- Le paramètre n donne une limite **maximale** du nombre de caractères à copier;
- Quelle est la différence entre s = t et strcpy(s, t) ?

Segmentation d'une chaîne

- La fonction

```
1       char *strchr(char *s, int c);
```

retourne un **pointeur** vers la première occurrence du **caractère** c dans s.

- La fonction

```
1       char *strtok(char *s, const char *delim);
```

permet de **décomposer** une chaîne de caractères en **plus petites chaînes** délimitées par des caractères donnés;

- Le paramètre s correspond à la chaîne qu'on souhaite **segmenter**, alors que le paramètre delim donne la liste des caractères considérés comme **délimiteurs**;

- Très **utile** lorsqu'on souhaite extraire des données d'un **fichier texte**.

Décomposition avec champs vides

- La fonction **strtok** ne gère pas les cas où certains champs sont **vides**;
- Par exemple, si les données sont

```
1       "124:41:3::23:10"
```

il ne sera pas détecté qu'il y a une donnée **manquante** entre 3 et 23;

- La fonction

```
1       char *strsep(char **s, const char *delims);
```

résoud ce problème.

- **Attention !** Les fonctions **strtok** et **strsep** modifient la chaîne s.

Exemple (1/2)

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define DELIMS ":"

int main() {
    char s[80];
    char *pc, *ps;

    strcpy(s, "124:41:3::23:10");
    printf("Avec strstok:\n");
    pc = strtok(s, DELIMS);
    while (pc != NULL) {
        printf("/%s/\n", pc);
        pc = strtok(NULL, DELIMS);
    }

    strcpy(s, "124:41:3::23:10");
    printf("Avec strsep:\n");
    ps = s;
    while ((pc = strsep(&ps, DELIMS)) != NULL) {
        printf("/%s/\n", pc);
    }
    return 0;
}
```

Exemple (2/2)

Résultat :

Avec strstok:
/124/
/41/
/3/
/23/
/10/
Avec strsep:
/124/
/41/
/3/
//
/23/
/10/

Table des matières

Tableaux multidimensionnels

- **Déclaration** :

```
1 // Matrice de 3 lignes et 2 colonnes
2 int matrice[3][2];
```

- Si la variable est **locale** (**automatique**), alors le tableau contient des valeurs **quelconques**;
- Le nombre de **dimensions** est **illimité**;
- **Initialisation** :

```
1 int matrice[3][2] = { {1,2}, {3,4}, {5,6} };
```

- **Accès** à un élément :

```
1 matrice[1][1] = 8;
```

Affectations

- Les deux affectations suivantes sont **équivalentes** :

```
1 int a[3][2] = { {1,2}, {3,4}, {5,6} };
2 int a[3][2] = { 1,2,3,4,5,6 };
```

- En revanche, les affectations suivantes ne sont pas **équivalentes** :

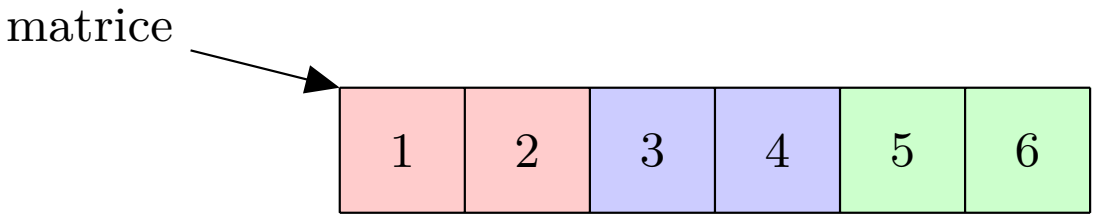
```
1 int a[3][2] = { {1}, {3,4}, {5} };
2 int b[3][2] = { 1,3,4,5 };
```

- En effet, on a

$$
\begin{aligned}
&a[0][0] = 1,\ b[0][0] = 1\\
&a[0][1] = 0,\ b[0][1] = 3\\
&a[1][0] = 3,\ b[1][0] = 4\\
&a[1][1] = 4,\ b[1][1] = 5\\
&a[2][0] = 5,\ b[2][0] = 0\\
&a[2][1] = 0,\ b[2][1] = 0
\end{aligned}
$$

Mémoire réservée

- Les éléments sont d'abord rangés selon la **première dimension**, ensuite, selon la **deuxième**, etc.

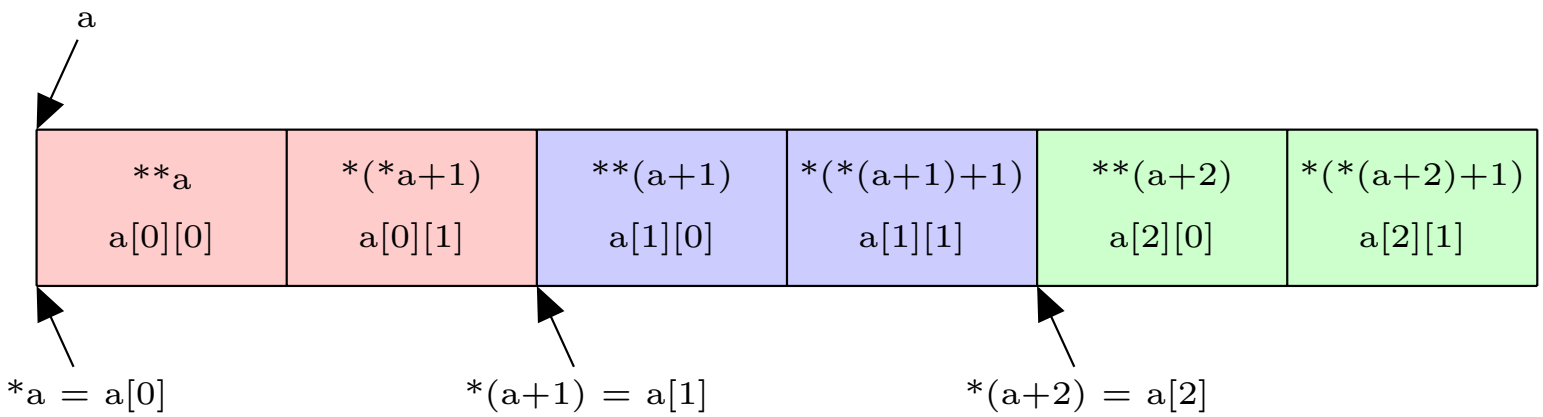



```
1  //ex5.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main() {
5      int matrice[3][2] = { {1,2}, {3,4}, {5,6} };
6      int i, j;
7
8      for (i = 0; i < 3; ++i)
9          for (j = 0; j < 2; ++j)
10             printf("%p -> %d   ", &matrice[i][j], matrice[i][j]);
11     return 0;
12 }
```

Sortie :

```
0x7fff5fbff720 -> 1  0x7fff5fbff724 -> 2  0x7fff5fbff728 -> 3  0x7fff5fbff72c -> 4
0x7fff5fbff730 -> 5  0x7fff5fbff734 -> 6
```

Tableaux et pointeurs



- Remarquez que a, *a et a[0] ont la même **valeur**;
- En revanche, a est de type int ** alors que *a et a[0] sont de type int *.

Trois types de déclarations

- int a[3][2];
  - Réserve **six** emplacements contigus de taille int;
  - L'expression (int *)a == a[0] est **vraie**.
- int *a[3];
  - Réserve **trois** emplacements contigus de taille int*;
  - Permet d'avoir des lignes de **taille variable**;
  - L'expression (int *)a == a[0] est **fausse**.
- int **a;
  - Réserve **un** emplacement de taille int**;
- Dans les trois cas, on peut utiliser l'adressage a[i][j].

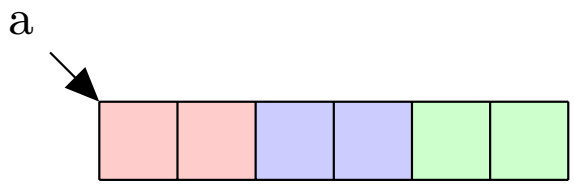
Exemple

```c
//ex6.c
#include <stdio.h>

int main() {
    int m[2][3] = { {1,2,3}, {4,5,6} };
    int *p[2] = {m[0], m[1]};
    int **q;
    q = (int**)m;
    int i, j;

    printf("%p %p %p\n", m, p, q);
    for (i = 0; i < 2; ++i)
        for (j = 0; j < 3; ++j)
            printf("%p %p %p\n", &m[i][j], &p[i][j], &q[i][j]);
    return 0;
}
```

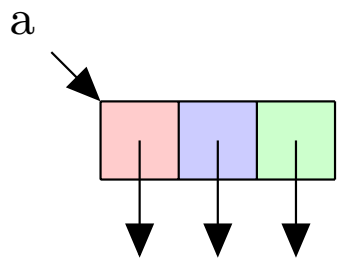
```
0x7fff5fbff700 0x7fff5fbff720 0x7fff5fbff700
0x7fff5fbff700 0x7fff5fbff700 0x200000001
0x7fff5fbff704 0x7fff5fbff704 0x200000005
0x7fff5fbff708 0x7fff5fbff708 0x200000009
0x7fff5fbff70c 0x7fff5fbff70c 0x400000003
0x7fff5fbff710 0x7fff5fbff710 0x400000007
0x7fff5fbff714 0x7fff5fbff714 0x40000000b
```

Représentation abstraite

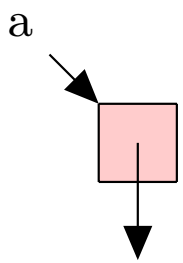
- int a[3][2];



- int *a[3];



- int **a;



Tableaux de chaînes de caractères

Lorsqu'on souhaite définir un tableau dont les éléments sont des **chaînes de caractères**, on utilise plutôt le type char *a[]

```
1  //ex7.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main() {
5    char *mois[] = {"lundi","mardi","mercredi","jeudi"
6                    ,"vendredi","samedi","dimanche"};
7    char **p;
8
9    p = mois;
10   printf("%c %c %s %s\n", **p, *mois[0], *(p+1), mois
         [1]);
11   return 0;
12 }
```

Sortie : l l mardi mardi

Tableaux multidimensionnels en arguments

- Il est alors nécessaire de spécifier la taille de **chaque dimension**, sauf la **première**;
- **Raison** : autrement, le compilateur ne sait pas comment gérer l'**indexation** s'il ne connaît pas la taille de chaque ligne;
- Il est possible de déclarer l'en-tête de la fonction avec **des pointeurs**, mais à ce moment-là, il faut utiliser différentes **astuces d'indexation**.

```
1  //ex9.c
2  #include <stdio.h>
3  int retourneEntree(int *m, int i, int j, int tailleLigne) {
4      return *(m + tailleLigne * i + j);
5  }
6  int main() {
7      int m[2][3] = { {1,2,3}, {4,5,6} };
8      printf("%d", retourneEntree((int*)m, 1, 1, 3)); //
           Affiche 5
9      return 0
10 }
```

Table des matières

Utilité des fonctions

- Elles sont l'unité de **base** de programmation;
- Chaque fonction doit effectuer **une** tâche bien précise;
- Elles permettent d'appliquer la stratégie **diviser-pour-régner**;
- Elles sont à la base de la **réutilisation**;
- Elles favorisent la **maintenance** du code;
- Lorsqu'elles sont **appelées**, l'exécution du bloc appelant est suspendue jusqu'à ce que l'instruction return ou la **fin** de la fonction soit atteinte.

La fonction main

- La fonction **principale** de tout programme C. C'est cette fonction que le **compilateur** recherche pour exécuter le programme;
- La fonction main d'un programme n'acceptant aucun **argument** est

```
1 int main();
```

- Par convention, la valeur de **retour** de la fonction main est 0 si tout s'est bien déroulé et un **entier** correspondant à un **code d'erreur** différent de 0 autrement.

Les arguments de la fonction main

- Lorsque la fonction main accepte des paramètres, elle est de la forme :

```
1       int main(int argc, char *argv[]);
```

- argc correspond au **nombre d'arguments** (**incluant** le nom du programme);
- argv est un tableau de **chaînes de caractères**, vues comme des **pointeurs**.
- argv[0] est une chaîne de caractères représentant le **nom du programme**;
- argv[1] est le **premier argument**, etc.

Récupération des arguments de la fonction main

- Il faut se souvenir que **argv** est de type char;
- Donc, un argument (nombre) est reçu dans le main() comme une chaîne de caractère;

```
1 // stdlib.h
2 double strtod(const char *chaîne, char **fin);
3 unsigned long strtoul(const char *chaine, char **fin, int
      base);
4 long strtol(const char *chaîne, char **fin, int base);
```

- chaine : chaîne qu'on veut **traiter**;
- fin : ce qui **reste de la chaîne** après traitement;
- base : quelle est la base du nombre dans la chaîne;
- Les fonctions atof, atoi, atol, etc. sont **déconseillées**, car elles ne permettent pas de **valider** si la conversion s'est bien déroulée.

Arguments et paramètres

```
1 int max(int x, int y) {
2     if (x >= y) return x;
3     else return y;
4 }
5
6 printf(max(3, 4));
```

- Un **paramètre** d'une fonction est une **variable formelle** utilisée dans cette fonction (ex : x et y);
- Les fonctions ont **aucun**, **un** ou **plusieurs** paramètres d'**entrée**;
- Elles renvoient **au plus** un résultat en **sortie**.

Cas 1

Quelles sont les valeurs affichées par ce programme ?

```c
//error_swap.c
#include <stdio.h>
void echanger(int a, int b) {
    int z = a;
    a = b;
    b = z;
}

int main() {
    int a = 5, b = 6;
    echanger(a, b);
    printf("%d %d\n", a, b);
    return 0;
}
```

Cas 2

```
1  // swap.c
2  #include <stdio.h>
3  void echanger(int *a, int *b) {
4      int z = *a;
5      *a = *b;
6      *b = z;
7  }
8
9  int main() {
10     int a = 5, b = 6;
11     echanger(&a, &b);
12     printf("%d %d\n", a, b);
13     return 0;
14 }
```

Passage par valeur ou adresse

- Les types de bases sont passés par **valeur**;
- Une **copie** de la valeur est transmise à la fonction;
- La **modification** de cette valeur à l'intérieur de la fonction **n'affecte pas** celle du bloc appelant.
- —
- La valeur n'est pas copiée;
- La variable d'origine reçoit les changements locaux.

Passage d'un tableau

- Les tableaux comme **paramètres** d'une fonction :

```
1 float produit_scalaire(float a[], float b[], int d);
```

- Un tableau est représenté par un **pointeur constant**;
- Il est donc passé par **adresse** lors de l'appel d'une fonction;
- Si la fonction n'est pas censée **modifier** le tableau qu'elle reçoit en paramètre, il est convenable d'utiliser le mot réservé const.

```
1 float produit_scalaire(const float a[]
2                        ,const float b[]
3                        ,int d);
```

Exemple

```
1  //passage_tableau.c
2  #include <stdio.h>
3
4  float produit_scalaire(const float a[], const float b[],
5                         unsigned taille) {
6
7      float p = 0.0;
8      for (int i = 0; i < taille; ++i) {
9          p += a[i] * b[i];
10     }
11     return p;
12 }
13
14 int main() {
15     float u[] = {1.0, -2.0, 0.0};
16     float v[] = {-1.0, 1.0, 3.0};
17     printf("%f\n", produit_scalaire(u, v, 3));
18     return 0;
19 }
```

Affiche : -3.000000

Fonction retournant un tableau

- Une fonction ne peut pas **retourner** un **pointeur** créé dans la fonction, sauf s'il y a eu **allocation dynamique**;
- En particulier, on ne peut pas retourner un **tableau** comme résultat. Il faut plutôt que le tableau soit un des **arguments** de la fonction.

Exemple

```c
#include <stdio.h>

int* initialise_tableau(unsigned taille) {
    int tableau[taille];
    int i;
    for (i = 0; i < taille; ++i)
        tableau[i] = 0;
    return tableau;
}

int main() {
    int *tableau;
    tableau = initialise_tableau(4);
    printf("%d\n", tableau[0]);
    return 0;
}
```

Affiche :

exo18.c: In function ‘initialise_tableau’:
exo18.c:8: warning: function returns address of local variable 0

Table des matières

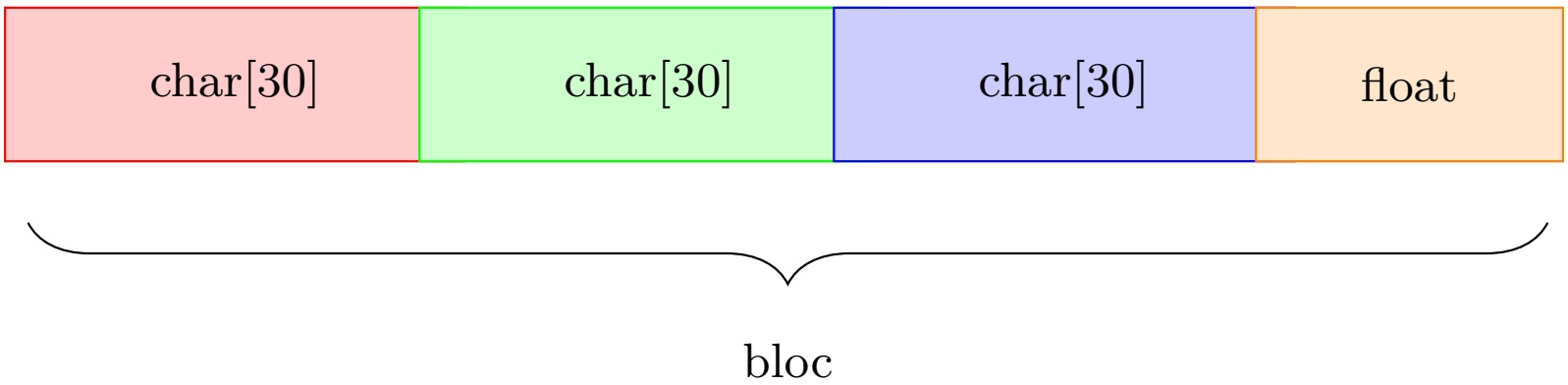
Les structures

- Aussi appelées **enregistrements**;
- Permet de regrouper sous un même **bloc** des données de types **différents**;
- Définissent un **nouveau type** de données (données **composées**);
- Déclarées à l'aide du mot réservé struct;

```
1    struct Point2d {
2        float x;
3        float y;
4    };
```

Exemples

```
1 struct Livre {
2     char titre[30];
3     char auteur[30];
4     char editeur[30];
5     float prix;
6 };
```



Déclaration et initialisation

- **Déclaration** d'une variable de type struct Point2d :

```
1       struct Point2d p;
```

- Attention de ne pas oublier le mot struct dans la déclaration.
- **Initialisation** :

```
1       struct Point2d p = {2.0, -1.2};
```

- On peut combiner déclaration, initialisation et définition.

Affectation (*compound literal*)

- On peut **initialiser** une structure en spécifiant les **champs**;
- On peut aussi faire une **affectation** en bloc.

```c
//compound.c
#include <stdio.h>

struct Rectangle {
    float x;
    float y;
    float width;
    float height;
};

int main() {
    struct Rectangle r = {1.0, 2.0, 5.0, 6.0};
    // r = {3.0, 8.0, 9.0, 7.0}; Syntaxe non valide
    r = (struct Rectangle) {3.0, 8.0, 9.0, 7.0};
    float a = 0.0, b = 0.0, c = 1.0, d = 2.0;
    r = (struct Rectangle) {.x      = a,
                            .y      = d,
                            .width  = b,
                            .height = c};
    return 0;
}
```

Manipulation des structures

```
1 struct Point2d p1 = {-1.2, 2.1};
2 struct Point2d p2;
```

- L'affectation p2 = p1 copie les champs des structures;
- Les structures sont passées par **valeurs** aux fonctions;
- Pour accéder aux différents **membres** d'une structure, il faut utiliser l'opérateur **point** . :

```
1  void affichePoint(struct Point2d p) {
2      printf("(%f, %f)", p.x, p.y);
3  }
4
5  int main() {
6      struct Point2d p = {2.0, -1.2};
7      affichePoint(p);
8  }
```

Sortie : (2.000000, -1.200000)

Pointeur sur une structure

- Lorsqu'on a un pointeur sur une structure, on doit utiliser l'opérateur ->;
- La plupart du temps, il est préférable de passer les structures par **adresse** aux fonctions;
- C'est plus **efficace**, en particulier lorsque les structures sont de taille **importante**;
- Par exemple, **comparaison** de deux points :

```
1 int ptcmp(const struct Point2d *p,
2            const struct Point2d *q) {
3     if (p->x != q->x) return p->x - q->x;
4     else return p->y - q->y;
5 }
```

- L'expression p->x est équivalente à (*p).x.

Types composés

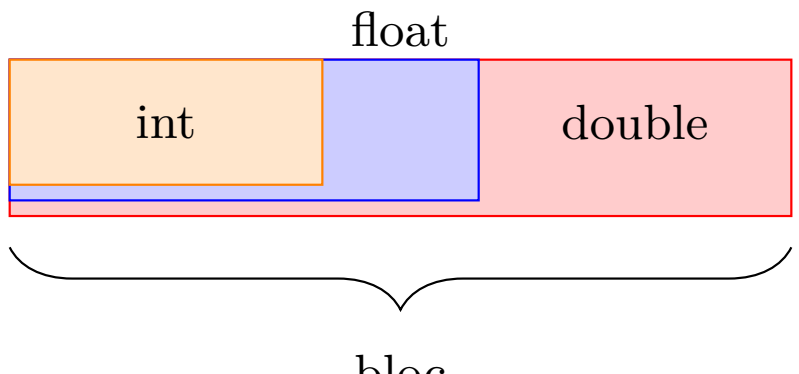
- Il est possible de créer des **structures** ayant des membres qui sont **eux-mêmes des structures**;
- On peut aussi composer des **structures** avec des **pointeurs** et des **tableaux**;

```
1 struct Segment {
2     struct Point2d p;
3     struct Point2d q;
4 };
5
6 struct Carre {
7     struct Point2d points[4];
8 };
```

Unions

- Permettent de créer des variables dont le contenu **diffère** selon le contexte;
- La variable sera créée avec une taille **suffisamment grande** pour contenir le type le **plus volumineux**;
- La **syntaxe** est la même que pour les **structures**.

```
1    union Nombre {
2        int    i;
3        float  f;
4        double d;
5    };
```



Exemple

```c
//union.c
#include <stdio.h>
int main() {
    union Nombre {
        int     i;
        float   f;
        double d;
    };
    union Nombre n;
    n.i = 3;
    printf("%d %f %lf\n", n.i, n.f, n.d);
    n.f = 2.0;
    printf("%d %f %lf\n", n.i, n.f, n.d);
    n.d = 3.0;
    printf("%d %f %lf\n", n.i, n.f, n.d);
}
```

Affiche :

3 0.000000 0.000000
1073741824 2.000000 0.000000
0 0.000000 3.000000

Initialisation des unions

- Comme les **structures**, les **unions** peuvent être initialisées en **bloc**;
- Par contre, seul le premier membre peut être initialisé.

```c
//union_init.c
#include <stdio.h>

int main() {
    union Nombre {
        int    i;
        float  f;
        double d;
    };
    union Nombre n1 = {3};
    printf("%d %f %lf\n", n1.i, n1.f, n1.d);
    union Nombre n2 = {2.1};
    printf("%d %f %lf\n", n2.i, n2.f, n2.d);
}
```

Résultat :

```
3 0.000000 0.000000
2 0.000000 0.000000
```

Structures et unions anonymes

- On peut déclarer des **structures** et des **unions** dans d'autres **structures** sans leur donner de nom :

```c
//anonyme.c
#include <stdio.h>
#include <stdbool.h>

struct Choix {
    bool estNombre;
    union {
        float nombre;
        char *chaine;
    };
};

void afficherChoix(struct Choix *choix) {
    if (choix->estNombre) {
        printf("%lf\n", choix->nombre);
    } else {
        printf("%s\n", choix->chaine);
    }
};

int main() {
    struct Choix choix = {false, .chaine = "oui"};
    afficherChoix(&choix);
    choix = (struct Choix){true, 3.14};
    afficherChoix(&choix);
    return 0;
}
```

Table des matières

Types énumératifs

- Déclaration

```
1       enum Jour {LUN, MAR, MER, JEU,
2                  VEN, SAM, DIM};
```

- Une des façons de définir des **constantes**;
- La première valeur prend la valeur **0**, la seconde prend la valeur **1**, etc.
- Seules des valeurs **entières** sont permises :

```
1       // Ne fonctionne pas !!!
2       enum ConstanteMath {PI = 3.141592654,
3                           E = 2.7182818};
```

Limite des types énumératifs

L'instruction enum ne permet pas de détecter les **incohérences**;

```
1  //enum1.c
2  #include <stdio.h>
3
4  int main() {
5      typedef enum sexe {M = 1, F = 2} Sexe;
6      Sexe s = 8;
7      int t = M;
8      printf("%d %d\n", s, t);
9      return 0;
10 }
```

Affiche : 8 1

Table des matières

L'instruction typedef

- Permet de définir de **nouveaux types**;

```
1  typedef char NAS[9];
2  typedef char *String;
3  typedef struct {
4      float x;
5      float y;
6  } Point2d;
7
8  NAS nas;
9  String s;
10 Point2d p;
```

- Améliore la **lisibilité** du code dans **certains cas**;
- Les types sont seulement des **synonymes** : par exemple, toute fonction ayant un paramètre de type char * acceptera en argument le type String.

Portée de struct, union et typedef

- Mêmes propriétés que les **variables** et les **fonctions**;
- Si déclaré **localement**, alors limité au bloc dans lequel ils sont **déclarés**;
- Si déclaré **globalement**, alors accessible jusqu'à la fin du fichier;
- Par contre, impossible de les déclarer **externes**;
- Pour rendre des **structures**, des **unions** et des **types** disponibles dans n'importe quel fichier, il faut les déclarer dans un fichier .h. Vous devez ensuite inclure le .h a l'aide de l'instruction #include.

L'opérateur sizeof

- Retourne le nombre d'**octets** utilisés par
  - **un type de données** : sizeof(int);
  - **une valeur constante** : sizeof("bonjour");
  - **le nom d'une variable** : sizeof(matrice);
- L'expression est évaluée à la **compilation**;
- Permet de produire du code **plus portable**;
- **Très utile** pour l'allocation dynamique.

Exemple

```c
//enum2.c
#include <stdio.h>

int main() {
    typedef struct {
        int quantite;
        float poids;
    } Fruit;
    int a[5];

    printf("%lu %lu %lu %lu %lu\n", sizeof(int),
           sizeof(float), sizeof(Fruit), sizeof a,
           sizeof "bonjour");
    return 0;
}
```

Affiche : 4 4 8 20 8