

Chapitre 3 : Les bases du C, partie 2

Construction et maintenance de logiciels

Guy Francoeur

basé sur les travaux d'Alexandre Blondin Massé, professeur

5 septembre 2019

UQÀM | **Département d'informatique**

Table des matières

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

Table des matières

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

Opérateurs arithmétiques

Opérateur	Opération	Utilisation
+	addition	$x + y$
-	soustraction	$x - y$
*	multiplication	$x * y$
/	division	x / y
%	modulo	$x \% y$

Lorsque les deux opérandes de la division sont des types **entiers**, alors la division est **entière** également.

Représentation interne

Représentation par le **complément à deux** :

	signe							
127 =	0	1	1	1	1	1	1	1
2 =	0	0	0	0	0	0	1	0
1 =	0	0	0	0	0	0	0	1
0 =	0	0	0	0	0	0	0	0
-1 =	1	1	1	1	1	1	1	1
-2 =	1	1	1	1	1	1	1	0
-127 =	1	0	0	0	0	0	0	1
-128 =	1	0	0	0	0	0	0	0

S'il y a **débordement**, il n'y a pas d'**erreur** :

```
1 signed char c = 127, c1 = c + 1;  
2 printf("%d %d\n", c, c1);  
3 // Affiche 127 -128
```

Opérateurs de comparaison et logiques

Opérateurs de **comparaison**

Opérateur	Opération	Utilisation
==	égalité	$x == y$
!=	inégalité	$x != y$
>	stricte supériorité	$x > y$
>=	supériorité	$x >= y$
<	stricte infériorité	$x < y$
<=	infériorité	$x <= y$

Opérateurs **logiques**

Opérateur	Opération	Utilisation
!	négation	!x
&&	et	$x \&\& y$
	ou	$x y$

Évaluation **paresseuse** pour && et ||.

Opérateurs d'affectation et de séquençage

- `=, +=, -=, *=, /=, %=;`

```
1 int x = 1, y, z, t;  
2 t = y = x;      // Equivaut à t = (y = x)  
3 x *= y + x;     // Equivaut à x = x * (y + x)
```

- Incrémentation et décrémentation : `++` et `--`;

```
1 int x = 1, y, z;  
2 y = x++;        // y = 1, x = 2  
3 z = ++x;        // z = 3, x = 3
```

- Opération de **séquençage** : évalue d'abord les expressions et retourne la dernière.

```
1 int a = 1, b;  
2 b = (a++, a + 2);  
3 printf("%d\n", b);  
4 // Affiche 4
```

Opérateur ternaire

```
1 <condition> ? <instruction si vrai> : <instruction si faux>
```

► Très **utile** pour alléger le code;

► Très **utilisé**.

Quelles sont les valeurs affichées par le programme suivant ?

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4     int x = 1, y, z;
5     y = (x-- == 0 ? 1 : 2);
6     z = (++x == 1 ? 1 : 2);
7
8     printf("%d %d\n", y, z);
9     return 0;
10 }
```


Opérations bit à bit

Opérateur	Opération	Utilisation
$\&$	et	$x \& y$
$ $	ou	$x y$
\wedge	ou exclusif	$x \wedge y$
\sim	not	$x = \sim n$
$<<$	<i>shift</i> gauche	$x = x << 1$
$>>$	<i>shift</i> droit	$x = x >> 1$

Opérations bit à bit exemple

```
1 // bitwise.c
2 #include <stdio.h>
3
4 int main() {
5     int a = 9, b = 65; // x00001001, x01000001
6     unsigned char c = 0;
7     c = ~c;
8     unsigned short d = 8;
9
10    printf(" Bitwise AND Operator a&b = %d \n", a & b);
11    printf(" Bitwise OR Operator a|b = %d \n", a | b);
12    printf(" Bitwise EXCLUSIVE OR Operator a^b = %d \n", a ^ b);
13
14    printf(" Bitwise NOT Operator ~c = %d \n", c);
15
16    printf(" LEFT SHIFT Operator d<<1 = %d \n", d << 1);
17    printf(" RIGHT SHIFT Operator d>>1 = %d \n", d >> 1);
18
19    return 0;
20 }
```

Types numériques de base

- ▶ Plusieurs **conversions** (*cast*) se font automatiquement;
- ▶ Si un des opérandes est **long double**, alors le résultat est également **long double**.
- ▶ Sinon, si un des opérandes est **double**, alors le résultat est également **double**.
- ▶ Sinon, si un des opérandes est **float**, alors le résultat est également **float**.
- ▶ Sinon, il y a promotion vers le type **int** et **unsigned**.
- ▶ **Bref**, évitez de mélanger les types dans une même **opération** ou montrez les conversions de façon **explicite**.

Conversions implicites

Attention aux conversions implicites entre types **signés** et **non signés**.

```
1 // exo4.c
2 #include <stdio.h>
3 int main() {
4     char x = -1, y = 20, v;
5     unsigned char z = 254;
6     unsigned short t;
7     unsigned short u;
8
9     t = x;
10    u = y;
11    v = z;
12    printf("%d %d %d\n", t, u, v);
13    // Affiche 65535 20 -2
14    return 0;
15 }
```

Conversion de types

```
1 //exo7.c
2 #include <stdio.h>
3 int main() {
4     unsigned char x = 255;
5     printf("%d\n", x);
6     // Affiche 255
7     printf("%d\n", (signed char)x);
8     // Affiche -1
9     int y = 3, z = 4;
10    printf("%d %f\n", z / y, ((float)z) / y);
11    // Affiche 1 1.333333
12    return 0;
13 }
```

Priorité des opérateurs

Arité	Associativité	Par priorité décroissante
2	gauche, droite	(), []
2	gauche, droite	->, .
1	droite, gauche	!, ++, --, +, -, (int), *, &, sizeof
2	gauche, droite	*, /, %
2	gauche, droite	+, -
2	gauche, droite	<, <=, >, >=
2	gauche, droite	==, !=
2	gauche, droite	&&
2	gauche, droite	
3	gauche, droite	? :
1	droite, gauche	=, +=, -=, *=, /=, %=
2	gauche, droite	,

Table des matières

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

- ▶ Collection de données de **même type**;

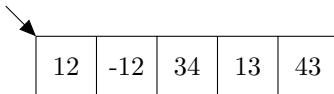
- ▶ **Déclaration** :

```
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;



- ▶ À l'aide de l'opérateur `[]` :

```
1 // exo8.c
2 #include <stdio.h>
3 int main() {
4     int donnees[] = {12,-12,34,13,43};
5     int a, b;
6     a = donnees[2];
7     b = donnees[5];
8     printf("%d %d\n", a, b); /* que vaut a et b ? */
9     return 0;
10 }
```

- ▶ 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 chaine [] = "tomate";  
2 char chaine [] = { '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

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

- ▶ Une adresse est un emplacement **précis** en mémoire.
- ▶ Un pointeur est une variable qui contient l'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

```
1 //pointeur1.c
2 #include <stdio.h>
3
4 int main() {
5     int *p; //un pointeur vers un entier
6
7     printf("La variable p pointe vers l'adresse %p.\n", p);
8
9     return 0;
10 }
```

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 à éviter */
```

- ▶ 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 = 100000000;
15     printf("%p, %d\n", c, *c);
16
17     return 0;
18 }
```

► Que donne le programme?

Un extra sur les pointeurs

```
1 //sizeof.c
2 #include <stdio.h>
3
4 struct une_s {
5     unsigned long a;
6     unsigned long b;
7 };
8
9 int main(void) {
10
11     int a[3]={0,1,2};
12     struct une_s b;
13     unsigned __int128 c;
14
15     int *a2=a;
16     struct une_s *b2=&b;
17     unsigned __int128 *c2;
18 //sizeof:
19     printf("var a %lu, pointeur a2 %lu\n", sizeof a, sizeof a2);
20     printf("var b %lu, pointeur b2 %lu\n", sizeof b, sizeof b2);
21     printf("var c %lu, pointeur c2 %lu\n", sizeof c, sizeof c2);
22
23     return 0;
24 }
```

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'**incrément** et la **décrément** de pointeurs sont possibles;
- ▶ Finalement, deux pointeurs peuvent être **comparés**.

Exemple

```
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-
13                moire.\n");
14    return 0;
15 }
```

Affiche :

2 -1 -1

pi et pi2 pointent vers la même case 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.

Table des matières

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

Chaînes de caractères

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

t	o	m	a	t	e	\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 }
```


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 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

```
1 //ex1.c
2 #include <stdio.h>
3 #include <string.h>
4
5 int main() {
6     char s[] = "bonjour";
7     char t[] = "patate";
8
9     printf("Longueur de \"%s\" et \"%s\" : %lu, %lu\n",
10           s, t, strlen(s), strlen(t));
11     printf("strcmp(\"%s\", \"%s\") : %d\n", s, t,
12           strcmp(s, t));
13     return 0;
14 }
```

Sortie :

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

► 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.

Quel résultat donne le code suivant ?

```
1 // ex2.c
2 #include <stdio.h>
3 #include <string.h>
4
5 int main() {
6     char s[10] = "Salut ";
7     char t[] = "toi!";
8     strcat(s, t);
9     printf("%s\n", s);
10    return 0;
11 }
```

► 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)

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <string.h>
3 #define DELIMS ":"
4
5 int main() {
6     char s[80];
7     char *pc, *ps;
8
9     strcpy(s, "124:41:3::23:10");
10    printf("Avec strtok:\n");
11    pc = strtok(s, DELIMS);
12    while (pc != NULL) {
13        printf("/%s/\n", pc);
14        pc = strtok(NULL, DELIMS);
15    }
16
17    strcpy(s, "124:41:3::23:10");
18    printf("Avec strsep:\n");
19    ps = s;
20    while ((pc = strsep(&ps, DELIMS)) != NULL) {
21        printf("/%s/\n", pc);
22    }
23    return 0;
24 }
```

Exemple (2/2)

Résultat :

Avec strtok:

/124/

/41/

/3/

/23/

/10/

Avec strsep:

/124/

/41/

/3/

//

/23/

/10/

Table des matières

1. Opérateurs et conversions
2. Tableaux
3. Pointeurs
4. Chaînes de caractères
5. Fonctions, paramètres, variables

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.

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 ?

```
1 //error_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 }
```

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 base 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 copié;
- ▶ 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 supposée **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

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int* initialise_tableau(unsigned taille) {
4     int tableau[taille];
5     int i;
6     for (i = 0; i < taille; ++i)
7         tableau[i] = 0;
8     return tableau;
9 }
10
11 int main() {
12     int *tableau;
13     tableau = initialise_tableau(4);
14     printf("%d\n", tableau[0]);
15     return 0;
16 }
```

Affiche :

exo18.c: In function 'initialise_tableau':

exo18.c:8: warning: function returns address of local variable 0

Déclaration et implémentation

- ▶ C'est une bonne pratique de déclarer les **prototypes** des fonctions au **début** du fichier où elles sont **définies** et/ou **utilisées**;
- ▶ Il n'est **pas nécessaire**, mais tout de même **encouragé** de donner un **nom** aux paramètres;
- ▶ Lors de la **définition**, le nom des variables est **obligatoire**.
- ▶ Contrairement à C++ et Java, la **surcharge** de fonctions est **interdite** :

```
1 int max(int x, int y);  
2 int max(int x);
```

test.c:2: error: conflicting types for 'max'

test.c:1: error: previous declaration of 'max' was here

- ▶ Il est également possible de définir des variables **globales à plusieurs fichiers**, par l'intermédiaire du mot réservé **extern**;
- ▶ Par opposition aux **variables externes**, les variables **statiques**, déclarées à l'aide du mot réservé **static**, ont une portée limitée au **fichier** dans lequel elles sont déclarées.
- ▶ Les variables et fonctions globales sont **visibles** de leur déclaration jusqu'à la **fin du fichier** où elles sont définies;
- ▶ **Utilisables** jusqu'à la fin du programme;
- ▶ **Initialisées** à 0 par défaut;
- ▶ Les **fonctions** ont la même visibilité, accessibilité et durée de vie que les variables globales.

Variables et fonctions globales

Fichier main.c

```
1 #include <stdio.h>
2 #include "math.c"
3
4 int main() {
5     printf("PI = %f\n", PI);
6     printf("Le carre de %d
7         est %d\n", 4, carre
8         (4));
9     return 0;
10 }
```

Fichier math.c

```
1 const float PI =
2     3.141592654;
3
4 int carre(int x) {
5     return x * x;
6 }
```

Affiche :

PI = 3.141593

Le carre de 4 est 16

Variables et fonctions statiques

```
1 static char tampon[TAILLE_TAMPON];  
2 static int x;  
3 static int factorielle(int n);
```

Les variables **locales statiques** sont

- ▶ associées à un espace de stockage **permanent**;
- ▶ existent même lorsque la fonction n'est pas **appelée**.

Les variables **globales statiques** et les **fonctions statiques** se comportent

- ▶ exactement comme les variables **globales** et les **fonctions**,
- ▶ à l'exception qu'elles ne peuvent être utilisées **en dehors du fichier** où elles sont définies.

Variables externes

- ▶ Permettent de définir des variables **globales à plusieurs fichiers**;
- ▶ Par défaut, toute variable **non locale** est considérée externe;
- ▶ Par l'intermédiaire du mot réservé **extern**;
- ▶ Uniquement pour une **déclaration** sans **initialisation**;
- ▶ Utiles lorsqu'on souhaite compiler les fichiers **séparément**;
- ▶ Ont une durée de vie aussi longue que celle du **programme**;
- ▶ Pour les **tableaux**, il n'est pas nécessaire d'indiquer une **taille**.

```
1 extern int x, a [];
```

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

- ▶ Fonctions provenant de la bibliothèque `stdlib.h`;

```
1 double strtod(const char *chaine, char **fin);
2 unsigned long strtoul(const char *chaine, char **fin,
3                       int base);
4 long strtol(const char *chaine, char **fin, int base);
5 ...
```

- ▶ `chaine` : chaîne qu'on veut **traiter**;
- ▶ `fin` : ce qui **reste de la chaîne** après traitement;
- ▶ `base` : base dans laquelle le nombre est **exprimé 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.

Documentation d'une fonction *facultatif*

- ▶ Bien qu'il n'y ait pas de **standard** de documentation en C, on utilise souvent le standard **Javadoc** :
- ▶ Aussi, si la **déclaration** (du **prototype**) et l'**implémentation** sont séparées, on documente plutôt la **première**.

```
1  /**
2   * Calcule la n-ième puissance de x.
3   *
4   * La n-ième puissance d'un nombre réel x, n étant un entier
5   * positif, est le produit de ce nombre avec lui-même répété
6   * n fois. Par convention, si n = 0, alors on obtient 1.0.
7   *
8   * @param x   Le nombre dont on souhaite calculer la puissance
9   * @param n   L'exposant de la puissance
10  * @return    Le nombre x élevé à la puissance n
11  */
12 float puissance(float x, unsigned int n);
```