

OS: Synthèse C

Bruno Sylin

9 janvier 2018

Table des matières

1	Intro	1
1.0.1	Le mot-clé const	2
1.1	printf	2
1.2	Fonction	2
1.2.1	Déclaration / implémentation	3
1.2.2	Les macros	3
1.2.3	Typedef	3
1.3	Compilation	3
1.4	Les pointeurs	4
1.4.1	Les pointeurs générique	4
1.5	lvalue et rvalue	5
1.6	Opérateurs usuels et logiques	5
1.6.1	l'opérateur ternaire < ? : >	5
1.7	Cast	5
2	Les instructions	5
2.1	if	5
2.2	do..while	6
2.3	while	6
2.4	for	6
2.5	break	6
2.6	switch	6
2.7	continue	7
3	L'allocation dynamique de mémoire	7
3.1	Les fonctions malloc et free	7
3.2	La fonction realloc	8
4	Les caractères	8
4.1	Le jeu de caractères du C	8
4.2	Commentaire	8
5	Les threads, ce qui est important quoi	9
5.1	Compilation	9
5.2	Les threads en eux-mêmes	9
5.2.1	Créer un thread	9
5.2.2	Supprimer un thread	9
5.2.3	Exemple simple	10
5.2.4	Attendre un thread avec pthread_join	10
5.3	Mutex et toute ces belles petites choses	11
5.3.1	Pour verrouiller un mutex de nom mut	11
5.3.2	Pour déverrouiller un mutex de nom mut	11
5.3.3	Pour détruire un mutex de nom mut	11
5.4	Les conditions (permettent d'attendre un autre thread)	11
5.4.1	Initiation	11
5.4.2	Exemple complet de mutex	12
5.4.3	Le thread attend la condition	13

5.4.4	Réveiller un thread	13
5.4.5	Réveiller plusieurs threads	13
5.5	Exemple avec les conditions et les mutexes	14
6	Gestion des processus	15
6.1	Création des processus	15
6.1.1	fork	15
6.1.2	getpid()	16
6.2	Execution d'un programme depuis un programme C, "systeme calls"	17
6.2.1	Attendre la fin d'un processus	17
6.3	Les pipes	18
6.3.1	Comment les créer ?	19
7	TODO :	22
8	Sponsors	23

1 Intro

Programme minimal :

```
int main (void)
{
    return 0;
}
```

Pour afficher quelque chose sur la sortie standard (souvent l'écran), on peut utiliser la fonction *puts* qui prend comme paramètre un pointeur vers une chaîne de caractère :

```
#include <stdio.h>
```

```
int puts (char const *);
```

Les différents types et objets possibles + glossaire :

Bit Le bit (BInary digiT) ou chiffre binaire est l'unité de mesure d'information. Il peut prendre 2 valeurs : 0 ou 1.

Byte Le byte (ou multipler) est le plus petit objet adressable pour une implémentation donnée. En langage C, il fait au moins huit bits.

Caractère Un caractère est une valeur numérique qui représente un glyphe visible ('A', '5', '*' etc.) ou non (CR, LF etc.). Un caractère est de type int. Cependant, sa valeur tient obligatoirement dans un type char.

Chaîne de caractères Une chaîne de caractères est une séquence de caractères encadrée de double quotes.

```
"Hello_world!"
```

La représentation interne d'une chaîne de caractères est spécifiée. C'est un tableau de char terminé par un <\0>, le caractère de fin de chaîne.

```
char s[] = "Hello";
```

est équivalent à :

```
char s[] = {'H', 'e', 'l', 'l', 'o', '\0'}; // ou alors on met un 0 à la place de '\0'
```

<Suite d'objets>

Tableau Un tableau est une suite d'objets identiques consécutifs.

Exemple :

```
#include <stddef.h>
size_t size_of_tab = sizeof (long); // type size_t
long tab[5] = {12.34, 56.78};
size_t size_of_tab = sizeof tab / sizeof tab[0];
// donne le nombre d'éléments dans le tableau tab
```

Pour un tableau à 2 dimensions :

```
p = (int *)t; // pas sur a 100 %
<type> t[N][M];
t[i][j] = *(p + N*i + j) /* ou encore p[N*i + j] */
// permet de parcourir le tableau
```

Types : valeur minimal / valeur maximal les termes entre < () > sont facultatifs.

char 0 127

unsigned char 0 255

signed char -127 127

(signed) short (int) -32767 32767

unsigned short (int) 0 65535

(signed) int -32767 32767

unsigned (int) 0 65535

(signed) long (int) -2147483647 2147483647

unsigned long (int) 0 4294967295

1.0.1 Le mot-clé const

Il permet de déclarer une variable constante par exemple :

```
const int n = 10;
```

1.1 printf

Formateur de base Rôle Type attendu Types compatibles

% affiche le glyphe du caractère % Type attendu : int Types compatibles : short, char

c affiche le glyphe d'un caractère imprimable Type attendu : int Types compatibles : short, char

d affiche la valeur d'un entier en décimal Type attendu : int Types compatibles : short, char

f affiche la valeur d'un réel en décimal avec virgule fixe Type attendu : double Type compatibles : float

s affiche les glyphes d'une chaîne de caractères Type attendu : char *

```
#include <stdio.h>
```

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("%c\n", 'A'); // Affiche "A" puis retour à la ligne
```

```
    printf ("%d\n", 123); // Affiche "123" puis retour à la ligne
```

```
    printf ("%d,_%c'\n", 'A', 'A'); // Affiche "65", "A" puis retour à la ligne
```

```
    printf ("Hello_world\n"); // Affiche "Hello world" puis retour à la ligne
```

```
    printf ("Hello_%s\n", "world"); // idem
```

```
    printf ("%s\n", "Hello_world"); // idem
```

```
    return 0;
```

```
}
```

1.2 Fonction

Une fonction est une séquence d'instructions dans un bloc nommé. Une fonction est constituée de la séquence suivante :

type (ou le mot clé void)

identificateur (le nom de la fonction, ici main)

parenthèse ouvrante < (>

liste de paramètres ou une liste vide (dans ce cas, on écrit void)

parenthèse fermante <)>
accolade ouvrante <{>
liste des instructions terminées par un point virgule <;>, ou rien
accolade fermante <}>.

L'utilisateur peut créer ses propres fonctions. Une fonction peut appeler une autre fonction. Généralement, une fonction réalisera une opération bien précise. L'organisation hiérarchique des fonctions permet un raffinement en partant du niveau le plus élevé (main()) en allant au niveau le plus élémentaire (atomique).

On gardera cependant en tête que la multiplication des niveaux introduit une augmentation de la taille du code et du temps de traitement.

Une fonction ne peut être appelée qu'à partir d'une autre fonction.

Il faut savoir qu'en C, un paramètre ne fait que transmettre une valeur. Modifier la valeur d'un paramètre n'aura jamais d'effet sur la valeur originale :

```
#include <stdio.h>
```

```
void fonction (int x)
{
    printf ("x=%d(dans la fonction)\n", x); /* x = 123 */

    x = 456;
    printf ("x=%d(dans la fonction)\n", x); /* x = 456 */
}

int main (void)
{
    int a = 123;

    printf ("a=%d\n", a); /* a = 123 */

    fonction (a);
    printf ("a=%d\n", a); /* a = 123 */
    return 0;
}
```

1.2.1 Déclaration / implémentation

Comme en C++
Exemple de déclaration

```
int fonction (void);
```

1.2.2 Les macros

```
#define <macro> <le texte de remplacement>
```

Peut également être utilisé comme petite fonction, par exemple :

```
#define carre(x) ((x) * (x))
carre(3) // sera remplacé par 3 * 3
```

1.2.3 Typedef

Le C dispose d'un mécanisme très puissant permettant au programmeur de créer de nouveaux types de données en utilisant le mot clé typedef. Par exemple :

```
typedef int ENTIER;
ENTIER a, b;
```

Définit le type ENTIER comme n'étant autre que le type int. Bien que dans ce cas, un simple #define aurait pu suffire, il est toujours recommandé d'utiliser typedef qui est beaucoup plus sûr.

1.3 Compilation

TODO :

1.4 Les pointeurs

Le langage C dispose d'un opérateur `&` permettant de récupérer l'adresse en mémoire d'une variable ou d'une fonction quelconque. Par exemple, si `n` est une variable, `&n` désigne l'adresse de `n`.

Le C dispose également d'un opérateur `*` permettant d'accéder au contenu de la mémoire dont l'adresse est donnée. Par exemple, supposons qu'on ait :

```
n = 10;
// est tout a fait identique à
* ( &n ) = 10;
```

Les pointeurs en langage C sont typés et obéissent à l'arithmétique des pointeurs que nous verrons un peu plus loin. Supposons que l'on veuille créer une variable `p` destinée à recevoir l'adresse d'une variable de type `int`. `p` s'utilisera alors de la façon suivante :

```
int n;
int * p;
p = &n;
*p = 5;
```

Exemple dans une fonction qui permute deux variables :

```
#include <stdio.h>

void permuter(int * addr_a, int * addr_b);

int main(){
    int a = 10, b = 20;

    permuter(&a, &b);
    printf("a=%d\nb=%d\n", a, b);

    return 0;
}

void permuter(int * addr_a , int * addr_b)
/*****\
* addr_a ← ℰa *
* addr_b ← ℰb *
\*****/
{
    int c;

    c = *addr_a;
    *addr_a = *addr_b;
    *addr_b = c;
}
```

1.4.1 Les pointeurs générique

Le type des pointeurs génériques est `void *`. Comme ces pointeurs sont génériques, la taille des données pointées est inconnue et l'arithmétique des pointeurs ne s'applique donc pas à eux. De même, puisque la taille des données pointées est inconnue, l'opérateur d'indirection `*` ne peut être utilisé avec ces pointeurs, un cast est alors obligatoire. Par exemple :

```
int n;
void * p;

p = &n;
```

```
*((int *)p) = 10;
/* p étant désormais vu comme un int *, on peut alors lui appliquer l'opérateur *.
*/
```

Étant donné que la taille de toute donnée est multiple de celle d'un char, le type char * peut également être utilisé en tant que pointeur universel. En effet, une variable de type char * est un pointeur sur octet autrement dit il peut pointer n'importe quoi. Cela s'avère pratique de temps en temps (lorsqu'on veut lire le contenu d'une mémoire octet par octet par exemple) mais dans la plupart des cas, il vaut mieux toujours utiliser les pointeurs génériques. Par exemple, la conversion d'une adresse de type différent en char * et vice versa nécessite toujours un cast, ce qui n'est pas le cas avec les pointeurs génériques.

Dans printf, le spécificateur de format %p permet d'imprimer une adresse (void *) dans le format utilisé par le système.

Et pour terminer, il existe une macro à savoir NULL, définie dans stddef.h, permettant d'indiquer qu'un pointeur ne pointe nulle part. Son intérêt est donc de permettre de tester la validité d'un pointeur. Il est conseillé de toujours initialiser un pointeur à NULL.

1.5 lvalue et rvalue

Dois-je vraiment rappeler comment ça fonctionne? En gros, une lvalue est quelque chose qui peut se situer à gauche du <=> et rvalue à droite. Une rvalue possède une valeur mais pas d'adresse. Très bon article (en anglais) sur les lvalues et rvalues

1.6 Opérateurs usuels et logiques

usuels :

< Inférieur à

> Supérieur à

== Égal à

<= Inférieur ou égal à

>= Supérieur ou égal à

!= Différent de

logiques :

&& ET

|| OU

! NON

Dans une opération ET, l'évaluation se fait de gauche à droite. Si l'expression à gauche de l'opérateur est fausse, l'expression à droite ne sera plus évaluée car on sait déjà que le résultat de l'opération sera toujours FAUX.

Dans une opération OU, l'évaluation se fait de gauche à droite. Si l'expression à gauche de l'opérateur est vraie, l'expression à droite ne sera plus évaluée car on sait déjà que le résultat de l'opération sera toujours VRAI.

On peut séparer plusieurs expressions à l'aide de l'opérateur virgule. Le résultat est une expression dont la valeur est celle de l'expression la plus à droite. L'expression est évaluée de gauche à droite.

```
(a = -5, b = 12, c = a + b) * 2 ; // renvoie 14.
```

1.6.1 l'opérateur ternaire <? :>

Une expression conditionnelle est une expression dont la valeur dépend d'une condition. L'expression :

```
p ? a : b ;
```

vaut a si p est vrai et b si p est faux.

1.7 Cast

```
float f;  
f = (float)3.1416;
```

2 Les instructions

2.1 if

```
if ( <expression> )  
{  
    les instructions  
}  
else if (<expression>)  
{  
    les instructions  
}  
else  
{  
    les instructions  
}
```

2.2 do ... while

```
do  
{  
    les instructions  
}  
while ( <expression> );
```

2.3 while

```
while ( <expression> )  
{  
    les instructions  
}
```

2.4 for

```
for ( <init> ; <condition> ; <step> )  
    les instructions
```

2.5 break

L'instruction `break` termine l'exécution de l'instruction *do*, *for*, *switch* ou *while* englobante la plus proche dans laquelle elle figure. Le contrôle est transmis à l'instruction qui suit l'instruction terminée.

2.6 switch

```
#include <stdio.h>  
  
int main()  
{  
    int n;  
  
    printf("Entrez un nombre entier : ");  
    scanf("%d", &n);  
  
    switch(n)  
    {  
        case 0:
```

```

    printf("Cas_de_0.\n");
    break;
case 1:
    printf("Cas_de_1.\n");
    break;
case 2: case 3:
    printf("Cas_de_2_ou_3.\n");
    break;
case 4:
    printf("Cas_de_4.\n");
    break;
default:
    printf("Cas_inconnu.\n");
}
return 0;
}

```

2.7 continue

Dans une boucle, permet de passer immédiatement à l'itération suivante. Par exemple, modifions le programme table de multiplication de telle sorte qu'on affiche rien pour $n = 4$ ou $n = 6$.

```

#include <stdio.h>

int main()
{
    int n;
    for(n = 0; n <= 10; n++)
    {
        if ((n == 4) || (n == 6))
            continue; // termine la boucle actuelle du for
        printf("5_x_%2d_%2d\n", n, 5 * n);
    }
    return 0;
}

```

3 L'allocation dynamique de mémoire

3.1 Les fonctions malloc et free

L'intérêt d'allouer dynamiquement de la mémoire se ressent lorsqu'on veut créer un tableau dont la taille dont nous avons besoin n'est connue qu'à l'exécution par exemple. On utilise généralement les fonctions malloc et free.

```

int t[10];
...
/* FIN */

```

Peut être remplacé par :

```

int * p;

p = malloc(10 * sizeof(int));
...
free(p); /* libérer la mémoire lorsqu'on n'en a plus besoin */
/* FIN */

```

Les fonctions malloc et free sont déclarées dans le fichier stdlib.h. malloc retourne NULL en cas d'échec. Voici un exemple qui illustre une bonne manière de les utiliser :

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

```



```

int main()
{
    int * p;

    /* Creation d'un tableau assez grand pour contenir 10 entiers */
    p = malloc(10 * sizeof(int));

    if (p != NULL)
    {
        printf("Succes_de_l'operation.\n");
        p[0] = 1;
        printf("p[0]_=%d\n", p[0]);
        free(p); /* Destruction du tableau. */
    }
    else
        printf("Le_tableau_n'a_pas_pu_etre_cree.\n");
    return 0;
}

```

3.2 La fonction realloc

```

void * realloc(void * memblock, size_t newsize);

```

Permet de < redimensionner > une mémoire allouée dynamiquement (par malloc par exemple). Si memblock vaut NULL, realloc se comporte comme malloc. En cas de réussite, cette fonction retourne alors l'adresse de la nouvelle mémoire, sinon la valeur NULL est retournée et la mémoire pointée par memblock reste inchangée.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main()
{
    int * p = malloc(10 * sizeof(int));

    if (p != NULL)
    {
        /* Sauver l'ancienne valeur de p au cas ou realloc echoue. */
        int * q = p;
        /* Redimensionner le tableau. */
        p = realloc(p, 20 * sizeof(int));

        if (p != NULL)
        {
            printf("Succes_de_l'operation.\n");
            p[0] = 1;
            printf("p[0]_=%d\n", p[0]);
            free(p);
        }
        else
        {
            printf("Le_tableau_n'a_pas_pu_etre_redimensionne.\n");
            free(q);
        }
    }
    else
        printf("Le_tableau_n'a_pas_pu_etre_cree.\n");

    return 0;
}

```

4 Les caractères

4.1 Le jeu de caractères du C

Voir Bonne pratique de codage en C

4.2 Commentaire

Préférez les commentaires en dessous ou au dessus d'une ligne plutôt qu'en bout de ligne, souvent ils rendent la ligne trop longue.

Pour les commentaires de plusieurs lignes, utiliser `/* */`.

S'il faut isoler provisoirement une portion de code, le mieux est de ne pas utiliser les commentaires (il pourrait y avoir des commentaires imbriqués), mais plutôt les directives de préprocesseur : `#ifdef .. #endif` ou `#if .. #endif`

```
#if 0
    /* Compteur */
    int cpt ;
#endif
```

Commentez le moins possible. Le principe est de ne commenter que ce qui apporte un supplément d'information. Il est d'usage d'utiliser en priorité l'auto-documentation, c'est à dire un choix judicieux des identificateurs qui fait que le code se lit 'comme un livre'...

5 Les threads, ce qui est important quoi

On sait tous ce qu'est un thread, si tu ne sais pas, tu es dans la merde pour ton oral et va d'abord (re)voir ton cours !

5.1 Compilation

Toutes les fonctions relatives aux threads sont incluses dans le fichier d'en-tête `<pthread.h>` et dans la bibliothèque `libpthread.a` (soit `-lpthread` à la compilation).

Exemple :

Voici la ligne de commande qui vous permet de compiler votre programme sur les threads constitué d'un seul fichier.

```
gcc -lpthread <nom du fichier>.c -o <Output>
```

Et n'oubliez pas d'ajouter `#include <pthread.h>` au début de vos fichiers. Bon, tout ça on aura pas à l'examen, c'est juste pour le projet de C.

5.2 Les threads en eux-mêmes

5.2.1 Créer un thread

Pour créer un thread, il faut déjà déclarer une variable le représentant. Celle-ci sera de type `pthread_t` (qui est, sur la plupart des systèmes, un `typedef` d'`unsigned long int`). Ensuite, pour créer la tâche elle-même, il suffit d'utiliser la fonction :

```
#include <pthread.h>
```

```
int pthread_create(pthread_t * thread, pthread_attr_t * attr,
                  void *(*start_routine) (void *), void *arg);
```

Ce prototype est un peu compliqué, c'est pourquoi nous allons récapituler ensemble.

La fonction renvoie une valeur de type `int` : 0 si la création a été réussie ou une autre valeur s'il y a eu une erreur.

Le premier argument est un pointeur vers l'identifiant du thread (valeur de type `pthread_t`).

Le second argument désigne les attributs du thread. Vous pouvez choisir de mettre le thread en état joignable (par défaut) ou détaché, et choisir sa politique d'ordonnancement (usuelle, temps-réel...).

Dans nos exemples, on mettra généralement `NULL`.

Le troisième argument est un pointeur vers la fonction à exécuter dans le thread. Cette dernière devra être de la forme `<void *fonction(void* arg)>` et contiendra le code à exécuter par le thread.

Enfin, le quatrième et dernier argument est l'argument à passer au thread.

5.2.2 Supprimer un thread

```
#include <pthread.h>
```

```
void pthread_exit(void *ret);
```

Elle prend en argument la valeur qui doit être retournée par le thread, et doit être placée en dernière position dans la fonction concernée.

5.2.3 Exemple simple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>

void *thread_1(void *arg) {
    printf("Nous_sommes_dans_le_thread.\n");

    /* Pour enlever le warning */
    (void) arg; // le warning enlevé est celui-ci:
    /* format '%s' expects argument of type 'char*',
     * but argument 2 has type 'void*' [-Wformat=]
     * en gros, il faut reconvertir l'argument
     * s'il y en a un pour pas avoir d'erreur de format */
    pthread_exit(NULL);
}

int main(void) {
    pthread_t thread1; // thread1 contiendra le thread

    printf("Avant_la_création_du_thread.\n");

    /* appelle la fonction thread_1 dans la condition du if
     * (pour direct renvoyer une erreur si besoin) */
    if(pthread_create(&thread1, NULL, thread_1, NULL) == -1) {
        perror("pthread_create");
        return EXIT_FAILURE;
    }

    printf("Après_la_création_du_thread.\n");

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

On a bien sur un soucis, c'est que ici, le programme s'arrête avant que le thread ait pu finir son calcul (bon, ici, ce n'est qu'afficher quelque chose, mais quand-même). Pour éviter ce soucis, on peut utiliser `<pthread_join>`

5.2.4 Attendre un thread avec `pthread_join`

```
#include <pthread.h>

int pthread_join(pthread_t th, void **thread_return);
```

Elle prend donc en paramètre l'identifiant du thread et son second paramètre, un pointeur, permet de récupérer la valeur retournée par la fonction dans laquelle s'exécute le thread (c'est-à-dire l'argument de `pthread_exit`).

Du coup dans l'exemple précédent, on peut rajouter ceci(après la création du thread, bien sûr) :

```
if (pthread_join(thread1, NULL)) {
    perror("pthread_join");
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Donc, pour ceux qui n'ont pas suivi :

1. créer une fonction qui va permettre de faire tous les calculs qu'on veut dans les autres threads que le thread principal;
2. initialiser une variable de type `pthread_t` pour chaque thread qu'on veut créer;
3. appeler cette fonction (dans un if, souvent, ça permet de gérer les éventuelles erreurs plus facilement);
4. appeler la fonction `pthread_join` pour "fusionner" les deux threads (en réalité, attendre le thread en retard sur l'autre)

5.3 Mutex et toute ces belles petites choses

Bon, c'est sympa tout ça, mais il y a encore un soucis. Toutes les variables sont partagées, et on se rend vite compte que ça peut poser problème, si on veut faire plusieurs calculs sur une même variable, mais l'un à la suite de l'autre, ça risque de coïncider, on ne sait pas dans quel ordre vont se faire les calculs. Ce qui veut dire que nous risquons de modifier une valeur dans un thread alors qu'un autre thread en avait besoin sans modifications. (je ne sais pas si j'en ai pas perdu par hasard, si c'est le cas, sachez juste que les mutexes sont vachement utiles pour garder visible une variable qu'à un seul thread et la cacher à tous les autres).

Il faut aussi de nouveau créer une variable, mais cette fois avec un type `<pthread_mutex_t>`.

Le problème, c'est qu'il faut que le mutex soit accessible en même temps que la variable et dans tout le fichier (vu que différents threads s'exécutent dans différentes fonctions). La solution la plus simple consiste à déclarer les mutexes en variable globale. Pour le faire plus proprement possible, on peut utiliser une structure avec la donnée à protéger. Allez, encore un exemple :

```
typedef struct data {
    int var;
    pthread_mutex_t mutex;
} data;
```

Ainsi, nous pourrons passer la structure en paramètre à nos threads quand nous les créons.

Du coup, voilà comment on initialise un mutex en prenant en compte la convention qui veut qu'on initialise le mutex avec la valeur de la constante `PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER`, déclarée dans `pthread.h`.

```
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>

typedef struct data {
    int var;
    pthread_mutex_t mutex;
} data;

int main(void){
    data new_data;

    new_data.mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

5.3.1 Pour verrouiller un mutex de nom mut

```
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mut);
```

5.3.2 Pour déverrouiller un mutex de nom mut

```
int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mut);
```

5.3.3 Pour détruire un mutex de nom mut

```
#include <pthread.h>
int pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t *mut);
```

5.4 Les conditions (permettent d'attendre un autre thread)

Quand un thread est en attente d'une condition, il reste bloqué tant que celle-ci n'est pas réalisée par un autre thread.

5.4.1 Initialisation

```
static pthread_cond_t cond_stock = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
```

Les conditions reposent essentiellement sur deux fonctions. l'une permet de mettre en attente un thread et la seconde permet de signaler que la condition est remplie ce qui réveille alors le thread qui est en attente de cette condition. Plusieurs threads peuvent surveiller la même condition.

5.4.2 Exemple complet de mutex

```
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#include<pthread.h>
#include<stdlib.h>
#include<unistd.h>

pthread_t tid[2];
int counter;
pthread_mutex_t lock; // init le mutex

void* doSomething(void *arg){
    pthread_mutex_lock(&lock);

    unsigned long i = 0;
    counter += 1;

    printf("\nJob_%d_started\n", counter);
    for(i=0; i<(0xFFFFFFFF); i++);
    printf("\nJob_%d_finished\n", counter);

    pthread_mutex_unlock(&lock);

    return NULL;
}

int main(void){
    int i = 0;
    int err;

    if (pthread_mutex_init(&lock, NULL) != 0){
        printf("\nmutex_init_failed\n");
        return 1;
    }
    while(i < 2){
        err = pthread_create(&(tid[i]), NULL, &doSomething, NULL);
        if (err != 0)
            printf("\ncan't_create_thread: [%s]", strerror(err));
        i++;
    }
    pthread_join(tid[0], NULL);
    pthread_join(tid[1], NULL);
    pthread_mutex_destroy(&lock);
    return 0;
}
```

ma source pour cet exemple

5.4.3 Le thread attend la condition

```
int pthread_cond_wait (pthread_cond_t *cond, pthread_mutex_t *mutex);
```

Cette fonction permet de mettre le thread appelant en attente de la condition, il suspend donc son exécution temporairement. Ses deux arguments sont :

L'adresse de la variable condition de type `pthread_cond_t`.

L'adresse d'un mutex Une condition est en effet, toujours associée à un mutex !

5.4.4 Réveiller un thread

`pthread_cond_signal` est la fonction qui permet de signaler la condition au thread qui l'attend. Elle prend en paramètre l'adresse de la variable-condition surveillée. Cette fonction ne permet de réveiller qu'un seul thread.

```
int pthread_cond_signal (pthread_cond_t *cond);
```

5.4.5 Réveiller plusieurs threads

Cette fonction permet de réveiller tous les threads qui surveillent la condition `cond`. Tout comme `pthread_cond_signal`, elle prend en paramètre l'adresse de la variable-condition surveillée.

```
int pthread_cond_broadcast (pthread_cond_t *cond);
```

cours complet sur les threads

5.5 Exemple avec les conditions et les mutexes

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>

// Création de la condition
pthread_cond_t condition = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
//Création du mutex
pthread_mutex_t mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;

void* threadAlarme (void* arg);
void* threadCompteur (void* arg);

int main (void){
    pthread_t monThreadCompteur;
    pthread_t monThreadAlarme;

    pthread_create (&monThreadCompteur, NULL, threadCompteur, (void*)NULL);
    // Création des threads
    pthread_create (&monThreadAlarme, NULL, threadAlarme, (void*)NULL);

    pthread_join (monThreadCompteur, NULL);
    // Attente de la fin des threads
    pthread_join (monThreadAlarme, NULL);

    return 0;
}

void* threadCompteur (void* arg) {
    int compteur = 0, nombre = 0;

    srand(time(NULL));

    // Boucle infinie
    while(1) {
        // On tire un nombre entre 0 et 10
        nombre = rand()%10;
        // On ajoute ce nombre à la variable compteur
        compteur += nombre;

        printf("\n%d", compteur);

        // Si compteur est plus grand ou égal à 20
        if(compteur >= 20) {
            // On verrouille le mutex
            pthread_mutex_lock (&mutex);
            // On délivre le signal : condition remplie
            pthread_cond_signal (&condition);
            // On déverrouille le mutex
            pthread_mutex_unlock (&mutex);

            // On remet la variable compteur à 0
            compteur = 0;
        }
        // On laisse 1 seconde de repos
        sleep (1);
    }
    // Fin du thread
    pthread_exit(NULL);
}
```



```

}

void* threadAlarme (void* arg) {
    // Boucle infinie
    while(1) {
        // On verrouille le mutex
        pthread_mutex_lock(&mutex);
        // On attend que la condition soit remplie
        pthread_cond_wait (&condition , &mutex);
        printf("\nLE_COMPTEUR_A_DÉPASSÉ_20.");
        // On déverrouille le mutex
        pthread_mutex_unlock(&mutex);
    }
    // Fin du thread
    pthread_exit(NULL);
}

```

Lien de l'exemple

6 Gestion des processus

Pour cette partie je me suis plus inspiré des slides des tp.

6.1 Création des processus

6.1.1 fork

Fork permet de cloner intégralement le processus courant avec un pid différent pour son fils. Du coup, fork est la seule fonction qui renvoie deux valeur :

1. dans le processus fils (le clone), fork renvoie 0
2. dans le processus père (l'original), fork renvoie le pid du fils

Exemple :

```

#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t fork();
// renvoie 0 si c'est l'enfant
// < 0 si il y a une erreur dans le fork
// > 0 si c'est le parent

```

Exemple complet :

```
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <errno.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/wait.h>
#include <stdlib.h>

int var_glb; /* A global variable*/

int main(void) {
    pid_t childPID;
    int var_lcl = 0;

    childPID = fork();

    if(childPID >= 0) { // fork was successful
        if(childPID == 0) { // child process
            var_lcl++;
            var_glb++;
            printf("\nChild::var_lcl=%d, var_glb=%d\n", var_lcl, var_glb);
        }
        else { //Parent process
            var_lcl = 10;
            var_glb = 20;
            printf("\nParent::var_lcl=%d, var_glb=%d\n", var_lcl, var_glb);
        }
    }
    else { // fork failed
        printf("\nFork failed, quitting!!!!\n");
        return 1;
    }
    return 0;
}
```

Les variables `var_lcl` et `var_glb` sont utilisé pour montrer que le père et le fils travail bien sur des variables séparé.

Output :

Parent :: `var_lcl` = [10], `var_glb`[20]

Child :: `var_lcl` = [1], `var_glb`[1]

Liens de l'exemple

Fork pas a pas

Reference anglais pour fork

6.1.2 getpid()

Comment savoir le pid du processus courant ?

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
pid_t getpid(void);
```

Et pour le pid du père :

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
pid_t getppid(void);
```

6.2 Execution d'un programme depuis un programme C, "systeme calls"

Utilise la famille exec

Lorsqu'un processus fait appel à exec, le processus appelant est remplacé par le programme passé en paramètre. Si cela fonctionne, l'appel à exec ne retourne pas.

les différentes variantes :

```
// permet de passer les paramètres du programme
// en utilisant une liste d'arguments terminée par NULL
int execl(const char *program, const char *arg, ...);
execl("/bin/ls", "/bin/ls", "-l", "-a", NULL );

// cherche le programme dans la variable PATH
int execlp(const char *program, const char *arg, ...);
execlp("ls", "ls", "-l", "-a", NULL );

// avec un vecteur pour les paramètres et dois donner le chemin absolu
int execlv(const char *program, const char *argv [ ]);
char *arguments [4];
arguments[0] = "/bin/ls";
arguments[1] = "-l";
arguments[2] = "-a";
arguments[3] = NULL;
execlv("/bin/ls", arguments);

// avec un vecteur pour les paramètres et dois donner le chemin absolu
int execlvp(const char *program, const char *argv [ ]);
char *arguments [4];
arguments[0] = "ls";
arguments[1] = "-l";
arguments[2] = "-a";
arguments[3] = NULL;
execlvp("ls", arguments);
```

Référence en anglais pour approfondir

6.2.1 Attendre la fin d'un processus

Attendre la fin d'un processus peut être intéressant quand on attend de ce processus un résultat. Utilise la famille exec

```
#include<sys/types.h>
#include<sys/wait.h>
```

```
pid_t wait(int *status);
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

wait : attend la fin d'un des processus fils, retourne son PID et stocke dans l'entier pointé par status (si status est différent de NULL), le code de retour du processus fils (ce qui est renvoyé par la fonction main du processus fils).

waitpid : comme wait mais attend uniquement le processus fils précisé par le paramètre PID. Le paramètre entier <option> permet de rendre l'appel à waitpid non bloquant avec la constante WNOHANG, si cela n'est pas nécessaire, on utilise la valeur 0.

Pour savoir si le processus c'est terminé correctement, on utilise la macro WIFEXITED(status) qui renvoie vrai si le processus fils s'est terminé normalement.

Ensuite pour avoir le résultat que le processus a renvoyé (ce que son main a renvoyé), on utilise la macro WEXITSTATUS(status).

Et voilà, encore bien sur un exemple :

```
/* CELEBW02
```

*The following function suspends the calling process using &waitpid.
until a child process ends.*

```
*/  
#define _POSIX_SOURCE  
#include <sys/types.h>  
#include <sys/wait.h>  
#include <unistd.h>  
#include <stdio.h>  
#include <time.h>  
  
main() {  
    pid_t pid;  
    time_t t;  
    int status;  
  
    if ((pid = fork()) < 0)  
        perror("fork()_error");  
    else if (pid == 0) {  
        sleep(5);  
        exit(1);  
    }  
    else do {  
        if ((pid = waitpid(pid, &status, WNOHANG)) == -1)  
            perror("wait()_error");  
        else if (pid == 0) {  
            time(&t);  
            printf("child_is_still_running_at_%s", ctime(&t));  
            sleep(1);  
        }  
        else {  
            if (WIFEXITED(status))  
                printf("child_exited_with_status_of_%d\n", WEXITSTATUS(status));  
            else puts("child_did_not_exit_successfully");  
        }  
    }  
    while (pid == 0);  
}
```

Output :

```
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :43 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :44 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :45 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :46 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :47 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :48 2018  
child is still running at Mon Jan 8 11 :05 :49 2018  
child exited with status of 1
```

Liens de l'exemple avec des explications plus poussées (anglais)

6.3 Les pipes

Les pipes permettent a deux processus sur la même machine de communiquer de manière unidirectionnels entre eux. (pour pouvoir communiquer entre des machines différentes, on va utiliser des serveurs, mais on verra ça plus tard).

Il en existe deux type :

1. anonymes : communication parentale, en famille quoi (père -> fils; fils -> fils)

2. nommés : utilisés pour la communication entre deux processus indépendants (pas de lien de parenté direct entre les deux), du coup il faudra le nommer d'où le nom.

6.3.1 Comment les créer ?

Les pipes anonymes :

```
#include <unistd.h>
```

```
int pipe(int fd[2]);
```

C'est quoi tout ça ?

L'appel à pipe crée une paire de <file descriptors> stockée dans fd.

fd[0] sert à la lecture du pipe et fd[1] sert à l'écriture dans le pipe.

La fonction pipe renvoie 0 si elle réussie, autre chose sinon

Pour établir une communication (unidirectionnelle !) à l'aide d'un pipe, il faut que le processus père crée un pipe avant de faire un (ou plusieurs) appel(s) à fork (sinon l'autre processus ne pourra pas connaître l'entrée ou la sortie du pipe). Dès lors, après le fork, le processus père et le(s) processus fils peuvent accéder aux pipe en utilisant fd.

Pour une communication bidirectionnelle, il faut bien sûr créer deux pipes.

Pour écrire dans un tube (ce n'est pas dans les tp, mais ça me semble plutôt utile) :

```
ssize_t write(int entreeTube, const void *elementAEcrire, size_t nombreOctetsAEcrire);
```

La fonction prend en paramètre l'entrée du tube (on lui enverra fd[1]), un pointeur générique vers la mémoire contenant l'élément à écrire, ainsi que le nombre d'octets de cet élément.

Elle renvoie une valeur de type ssize_t correspondant au nombre d'octets effectivement écrits.

Et pour lire dedans :

```
ssize_t read(int sortieTube, void *elementALire, size_t nombreOctetsALire);
```

La fonction prend en paramètre la sortie du tube (fd[0]), un pointeur vers la mémoire contenant l'élément à lire et le nombre d'octets de cet élément.

Elle renvoie une valeur de type ssize_t qui correspond au nombre d'octets effectivement lus. On pourra ainsi comparer le troisième paramètre (nombreOctetsALire) à la valeur renvoyée pour vérifier qu'il n'y a pas eu d'erreurs.

Petit exemple offert par openclassrooms :

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>

#define TAILLE_MESSAGE 256 /* Correspond à la taille de la chaîne à écrire */

int main(void) {
    pid_t pid_fils;
    int fd[2];

    char messageEcrire[TAILLE_MESSAGE];

    if (pipe(fd) != 0) {
        perror("erreur à la création du pipe")
    }

    pid_fils = fork();

    if (pid_fils != 0) { /* Processus père */
        sprintf(messageEcrire, "Bonjour, \nfils. Je suis ton père!");
        /* La fonction sprintf permet de remplir
         * une chaîne de caractère avec un texte donné */

        write(fd[1], messageEcrire, TAILLE_MESSAGE);
    }
    else if (pid_fils == 0) /* Processus fils */
    {
        read(fd[0], messageLire, TAILLE_MESSAGE);
        printf("Message reçu = \"%s\"", messageLire);
    }

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Les pipes nommés :

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
```

```
int mkfifo(const char *pathname, mode_t mode);
```

Le pipe nommé passe par un fichier spécial qui est créé lors de l'appel de cette fonction

avec comme path le pathname donné en paramètre

et comme permissions, ce qui est indiqué dans le paramètre mode, il y a plusieurs moyen d'utiliser ce paramètre :

1. S_IRWXU : read, write, execute/search by owner
2. S_IRUSR : read permission, owner
3. S_IWUSR : write permission, owner
4. S_IXUSR : execute/search permission, owner
5. S_IRWXG : read, write, execute/search by group
6. S_IRGRP : read permission, group
7. S_IWGRP : write permission, group
8. S_IXGRP : execute/search permission, group
9. S_IRWXO : read, write, execute/search by others
10. S_IROTH : read permission, others

11. S_IWOTH : write permission, others
12. S_IXOTH : execute/search permission, others
13. S_ISUID : set-user-ID on execution
14. S_ISGID : set-group-ID on execution
15. S_ISVTX : on directories, restricted deletion flag
16. Ils peuvent être combiné avec : <|>
17. Ou encore utiliser les valeurs des droits avec des chiffres (sous mode octal)
 - (a) Le premier chiffre correspond au propriétaire
 - (b) Le second au groupe du propriétaire
 - (c) Le troisième à tous les autres
 - (d) Chaque chiffre peut avoir une valeur différentes :
 - i. 1 exécution
 - ii. 2 écriture
 - iii. 4 lecture

Et on fait une somme quand on veut combiner plusieurs permissions

Exemple :

Pour attribuer toutes les permissions à vous, seule la lecture pour le groupe, et aucune pour les autres, la valeur correspondante est 0720

Premier chiffre = 0 (obligatoire)

Deuxième chiffre = 1 (Exécution) + 2 (Ecriture) + 4 (Lecture)

Troisième chiffre = 0 (aucune permission)

Et renvoie 0 si elle réussit, ou -1 en cas d'erreur.

Un dernier "petit" exemple : (Ecrivain.c)

```
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

#define TAILLE_MESSAGE 256

int main(void) {
    int entreeTube;
    char nomTube[] = "essai.fifo";
    char chaineAEcrire[TAILLE_MESSAGE] = "Bonjour";

    if(mkfifo(nomTube, 0644) != 0) { // créer le tube
        fprintf(stderr, "Impossible_d'ouvrir_le_tube_nommé.\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    if((entreeTube = open(nomTube, O_WRONLY)) == -1) {
        fprintf(stderr, "Impossible_d'ouvrir_l'entrée_du_tube_nommé.\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    write(entreeTube, chaineAEcrire, TAILLE_MESSAGE); // écris dans le tube

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Lecteur.c

```
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

#define TAILLE_MESSAGE 256

int main(void) {
    int sortieTube;
    char nomTube[] = "essai.fifo";
    char chaineALire[TAILLE_MESSAGE];

    if((sortieTube = open("essai.fifo", O_RDONLY)) == -1) {
        fprintf(stderr, "Impossible_d'ouvrir_la_sortie_du_tube_nommé.\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    read(sortieTube, chaineALire, TAILLE_MESSAGE); // lit dans le tube
    printf("%s", chaineALire);

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Les pipes (deux exemples), openclassrooms
Très très bon site pour les pipes

7 TODO :

1. Expliquer comment compiler
2. socket

3. bind
4. connect
5. listen
6. accept
7. send
8. write ?
9. recv
10. shutdown
11. getpeername
12. gethostname
13. gethostbyname
14. select

Comme vous pouvez le voir, il me reste beaucoup moins à faire en fait, il ne me reste plus que les serveurs et la compilation d'un programme. La compilation d'un programme ne risque pas de tomber à l'examen, mais les serveurs, c'est possible, donc c'est sur quoi je me pencherais mardi 9/01.

8 Sponsors

Ce document est complètement sponsorisé par OpenClassrooms, developpez.com et certainement plein d'autres que j'ai déjà oublié.

Liens des bonnes pratiques pour C (oui, il est déjà apparu en haut)

initiation au langage C Si vous êtes complètement perdu car vous ne savez pas ce que veut dire C++ et que vous n'en avez jamais fait, c'est assez long, je préviens (en même temps, vous venez de loin)

Le C en 20h askip, bon, je ne pense pas que ce soit la référence la plus intéressante

Un autre cours du C mais uniquement pour les bases (mais déjà bien poussé tout en restant sur la base)

3 tuto en vidéo, je ne les ai pas encore visionné, donc je sais pas vous dire ce que ça vaut, mais je pose ça là quand même

Le cours de OpenClassrooms, 40 h de cours, si vous avez le temps, ou si vous voulez le parcourir rapidement, mais il ne parle pas de threads, juste les fonctionnalités classiques (pointeur, tableau, etc)