SCIENCES SORBONNE UNIVERSITÉ

UFR 919

Licence d'Informatique 2024 -2025

LU3IN010

Module « Principes des Systèmes d'Exploitation »

Travaux sur Machines

Séances 1 à 11

TME 1 : RAPPEL C

L'objectif de ce TME est de vous familiariser avec la manipulation de programmes C sous Unix.

Fonctions utiles au TME :

La commande shell :

```
man
```

La fonction C :

```
atoi, rand, srand, getrusage
```

1. ECRIRE UN PROGRAMME C AVEC DES ARGUMENTS

1.1

Ecrivez un programme permettant de calculer le maximum d'une liste d'entiers passés par la ligne de commande. Générez l'exécutable, testez votre programme

2. ECRIRE UN PROGRAMME C QUI MANIPULE UN TABLEAU

On souhaite manipuler un tableau de taille `NMAX`.

La taille du tableau `NMAX` et les prototypes des fonctions doivent être définies dans le fichier `tab.h`, Les fonctions de manipulation du tableau sont dans le fichier `tab.c` et le programmme principal (le « main ») sera défini dans le fichier `maintab.c`.

2.1

Ecrivez une fonction void InitTab(int *tab, int size) qui initialise le tableau tab de taille size, précédemment allouée. Chaque élément du tableau contient une valeur aléatoire entre 0 et 9. Pour générer aléatoirement les valeurs, vous utiliserez les fonctions srand et rand

2.2

Ecrivez une fonction void PrintTab(int *tab, int size) qui affiche les valeurs du tableau

2.3

Ecrivez une fonction main qui appelle InitTab et PrintTab pour un tableau initialisé sur la pile (en tant que variable locale du main) et dans le tas (en utilisant malloc).

2.4

Ecrivez un makefile pour générer l'exécutable et testez votre programme pour NMAX =10.

2.5

Ecrivez une fonction int SumTab(int *tab, int size) qui retourne la somme des éléments du tableau

2.6

Ecrivez une fonction int MinSumTab(int *min, int *tab, int size) qui retourne la somme des éléments du tableau et met dans la variable min l'élément minimum du tableau

2.7

Testez vos 2 fonctions dans le main.

On veut dans la suite observer la taille mémoire du programme.

2.8

Dans le fichier maintab.c écrivez la fonction void PrintMem() qui affiche la mémoire résidente occupée par votre programme. Cette fonction utilisera l'appel système getrusage pour afficher le champ ru_maxrss de la structure rusage.

2.9

Pour un tableau de grand taille (NMAX = 1000000), appelez PrintMem() avant est après InitTab. Que constatez-vous ? A quel moment la mémoire est effectivement allouée ?

TME 2 - GESTION DU TEMPS

ECRITURE D'UNE COMMANDE MYTIMES

L'objectif de ce TME est d'écrire un programme C `mytimes` qui, comme la commande shell `time`, permet d'afficher les statistiques d'utilisation du processeur pour n'importe quelle commande shell. En particulier, `mytimes` devra afficher le temps passé en mode utilisateur et en mode système.

Fonctions utiles au TP :

Les commandes du shell :

`man` (indispensable sous unix… Pensez au `man -a`),
`time, nice, ps.`

Les fonctions en C (voir leurs descriptions détaillées en utilisant le manuel en ligne "`man`") :

`gettimeofday`	permet de récupérer le temps écoulé depuis le 1er Janvier 70.
`times`	permet de récupérer les statistiques d'utilisation de temps CPU d'un programme et de ses fils. Ces statistiques sont exprimées en nombre de "ticks" horloge. Le nombre de ticks horloge par seconde est obtenu en appelant la fonction `sysconf` avec le paramètre `_SC_CLK_TCK`.
`system`	permet de lancer une commande shell depuis un programme C.

1. STATISTIQUES D'EXECUTION D'UNE COMMANDE SHELL

1.1

Exécutez la commande shell `time` pour afficher les statistiques d'utilisation du processeur pour la commande « `sleep 5` ». Que constatez-vous ?

1.2

Ecrivez un programme loopcpu.c qui s'exécute une boucle vide effectuant $5x10^9$ itérations. Lancez le programme avec la commande time. Que constatez vous ?

1.3

Ecrivez un programme loopsys.c qui s'exécute une boucle de $5x10^7$ itérations. A chaque itération, getpid(), un appel système, est appelé. Lancez le programme avec la commande time. Que constatez vous ?

2. LANCEMENT D'UNE COMMANDE SHELL DEPUIS UN PROGRAMME C

2.1

Ecrivez une fonction C

`void lance_commande(char *` commande`)`

qui utilise la fonction `system` pour lancer l'exécution de la commande shell passée en paramètre. `lance_commande` doit renvoyer un message d'erreur si la commande n'a pu être exécutée correctement.

2.2

Ecrivez une fonction `main` qui appelle `lance_commande` pour chaque argument passé sur la ligne de commande. Générez un exécutable `mytimes`.

3. CALCUL DU TEMPS DE REPONSE EN UTILISANT GETTIMEOFDAY

3.1

Modifiez votre fonction `lance_commande` pour afficher le temps mis par l'exécution de la commande. La mesure du temps pourra être effectuée à l'aide de la fonction `gettimeofday` .

3.2

Testez votre programme avec la commande :

```
$ ./mytimes "sleep 5" "sleep 10"
```

4. CALCUL DES STATISTIQUES

La version précédente de permet de connaître le temps qui sépare le début d'exécution de la commande de sa terminaison. On veut maintenant affiner les résultats obtenus en mesurant le temps passé mode utilisateur et le temps passé en mode système.

4.1

Créez une nouvelle version de la fonction `lance_commande` qui affiche toutes les statistiques fournies par la fonction `times`. On fournit ci-dessous un exemple d'exécution de mytimes. Votre programme devra fournir un affichage similaire.

```
$ ./mytimes "ls -l" "./loopsys"
total 52
-rwxr-xr-x  1 sens p6ipens  8496 janv. 16 13:08 loopcpu
-rwxr-xr-x+ 1 sens p6ipens    61 janv. 16 13:08 loopcpu.c
-rwxr-xr-x  1 sens p6ipens  8696 janv. 16 12:37 loopsys
-rw-r--r--  1 sens p6ipens   149 janv. 16 12:37 loopsys.c
-rwxr-xr-x  1 sens p6ipens 13072 janv. 16 12:32 mytimes
-rw-------+ 1 sens p6ipens  1604 janv. 16 12:32 times.c
```

```
Statistiques de "ls -l" :
Temps total : 0.010000
Temps utilisateur : 0.000000
Temps systeme : 0.000000
Temps utilisateur fils : 0.000000
Temps systeme fils : 0.000000

Statistiques de "./loopsys" :
Temps total : 8.680000
Temps utilisateur : 0.000000
Temps systeme : 0.000000
Temps utilisateur fils : 3.870000
Temps systeme fils : 4.800000
```

4.2

Testez votre nouvelle version avec les exemples suivants :

```
$ ./mytimes "sleep 5" ./loopcpu ./loopsys
```

5. CHANGEMENT DE PRIORITE

La commande `nice` permet de changer les priorités d'un programme. En tant qu'utilisateur non privilégié on ne peut que baisser la priorité de ses processus de façon à avantager les autres programmes (d'où le nom "`nice`" de la commande). Au maximum, on peut baisser la priorité d'un processus de 19.

5.1

Tapez la commande `ps -l`. Quelle est la priorité du processus `ps` ?

5.2

Tapez la commande `nice -19 ps -l`. Quelle est maintenant la priorité de la commande `ps` ?

5.3

Les machines ayant 8 cœurs, lancez 9 exécutions en parallèle de loopcpu, en mesurant leur temps d'exécution avec my`times`. L'une des exécutions sera lancée en abaissant sa priorité.

TME 3 - ORDONNANCEMENT DE TACHES

Fonctions utiles au TME :
Celles définies dans la bibliothèque `libsched` présentée en annexe à la suite de ce TME.

1 TESTER LA BIBLIOTHEQUE

1.1

Créez un répertoire TME3. Dans ce répertoire, copiez l'exemple fourni par la bibliothèque avec le `Makefile` :

```
$ mkdir TME3
$ cp /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libsched/demo/Makefile TME3
$ cp /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libsched/demo/main.c TME3
```

1.2

Compilez l'exemple et testez

```
$ cd TME3
$ make main
$ ./main
```

1.3

Modifiez les paramètres de l'ordonnanceur : changez le quantum de temps, testez l'élection aléatoire.

2 ECRITURE D'UN NOUVEL ALGORITHME D'ORDONNANCEMENT SJF

On considère une stratégie sans temps partagé. On souhaite implanter une stratégie SJF (Shortest Job First) donnant la priorité aux tâches courtes. Lors de la création des tâches, on précise dans le paramètre "duration" (le troisième paramètre) la durée estimée de la tâche.

Le scénario de test est fourni dans le fichier `scen.c` dans le répertoire
`/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libsched/demo`

2.1

Copiez le fichier `scen.c` dans votre répertoire TME3.

Ecrivez la nouvelle fonction d'élection `SJFElect` (sur le modèle de l'exemple de l'élection aléatoire) implémentant l'ordonnancement SJF.

2.2

Compilez et testez votre programme:

```
$ make scen
$ ./scen
```

3 APPROXIMATION DE SJF EN TEMPS PARTAGE

L'algorithme SJF suppose de connaître à l'avance le temps d'exécution d'une tâche (ce qui est rarement le cas dans les systèmes). On veut privilégier les tâches courtes sans connaître le temps estimé des tâches.

3.1

Ecrivez la fonction `ApproxSJF` qui implante un algorithme privilégiant les tâches courtes en temps partagé. Indication : vous serez amenés à utiliser le champ `ncpu` qui indique le nombre de quantums de temps consommés par chaque tâche.

3.2

Testez votre programme avec un quantum d'une seconde. Comparez vos résultats avec l'algorithme aléatoire.

3.3

Votre algorithme peut-il provoquer une famine (c'est-à-dire une situation où une tâche prête n'est jamais élue) ? Si oui modifiez-le pour éviter ce problème.

LIBSCHED : MODE D'EMPLOI

La bibliothèque d'ordonnancement `libsched` permet de tester des algorithmes d'ordonnancement de fonctions utilisateur. L'utilisateur a l'illusion que ses fonctions s'exécutent en parallèle.
Grâce à `libsched`, on peut définir et paramétrer de nouveaux algorithmes d'ordonnancement.
Deux fichiers sont fournis par la bibliothèque : `libsched.a` et le fichier d'inclusion `sched.h`

1. FONCTIONS DE LA LIBRAIRIE

```
#include "sched.h"

int CreateProc(function_t func, void *arg, int duration);
```

Cette fonction permet de créer une nouvelle fonction (que l'on appelle processus léger) qui pourra s'exécuter en parallèle avec d'autres. Le paramètre `func` est le nom de la fonction, `arg` est un pointeur vers les arguments de la fonction et `duration` est la durée estimée de la fonction. Par défaut le paramètre duration n'est pas utilisé mais il peut être utile pour des algorithmes d'ordonnnancement du type SJF (Shortest Job First).

`CreateProc` retourne l'identifiant du processus léger créé (`pid`).

```
void SchedParam(int type, double quantum, int (*felect)(void));
```

Cette fonction permet de régler les paramètres de l'ordonnanceur. `type` indique le type d'ordonnancement. 3 types sont possibles (définis dans `sched.h`) :

- BATCH indique un ordonnancement sans temps partagé de type FIFO. Dans ce cas, les paramètres `quantum` et `felect` sont ignorés.
- PREMPT indique un ordonnancement préemptif de type "tourniquet". C'est l'ordonnancement par défaut. Dans ce cas, le paramètre `quantum` est un décimal qui fixe la valeur du quantum de temps en secondes.
- NEW indique une nouvelle stratégie d'ordonnancement (définie par l'utilisateur). Dans ce cas, le paramètre `quantum` fixe la valeur du quantum de temps en secondes. Si `quantum` est égal à 0, l'ordonnancement devient non préemptif (sans temps partagé). Le paramètre `felect` est le nom de la fonction d'élection qui sera appelée automatiquement par la librairie avec une période de "`quantum` " secondes (si `quantum` est différent de 0).

La fonction d'élection `felect` doit avoir la forme suivante :

```
int Mon_election(void) {
/* Choix du nouveau processus élu */
    return elu;
}
```

La fonction d'élection choisit, parmi les processus à l'état `RUN`, le nouveau processus élu en fonction des informations regroupées dans la table `Tproc` définie dans `sched.h`:

```
struct proc {
    int flag;                       // Etat de la tâche : RUN, IDLE ou ZOMB
    int prio;                       // Priorité
    int pid;                        // Pid

...
    struct timeval end_time;        // date de fin
    struct timeval start_time;      // date de création
    struct timeval realstart_time;  // date de lancement
    double ncpu;                    // temps "cpu" consommé
    double duration;                // temps estimé de la tâche
} Tproc[MAXPROC];
```

La priorité d'un processus varie entre les deux constantes `MINPRIO` et `MAXPRIO`. Plus la valeur de la priorité est élevée, plus le processus est prioritaire.

Une fois le processus choisi, `felect` doit retourner l'indice dans `Tproc` du processus élu.

```
int GetElecProc(void);
```

Fonction qui retourne l'indice dans `Tproc` du processus élu (celui qu'on va décharger). Elle retourne –1 si aucun processus n'est élu.

```
void sched(int printmode);
```

Cette fonction lance l'ordonnanceur. L'ordonnancement effectif des processus ne commence qu'à partir de l'appel à cette fonction. Par défaut l'ordonnanceur exécute un algorithme similaire à Unix à base de priorité dynamique. Le paramètre `printmode` permet de lancer l'ordonnanceur en mode "verbeux ". Si `printmode` est différent de 0, l'ordonnanceur affichera à chaque commutation la liste des tâches prêtes. Cette fonction se termine lorsqu'il n'existe plus de tâche à l'état prêt (`RUN`).

```
void PrintStat(void);
```

Cette fonction affiche les statistiques sur les tâches exécutées (temps réel d'exécution, temps processeur consommé, temps d'attente).

2. EXEMPLE

L'exemple suivant illustre l'utilisation des primitives.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <malloc.h>
#include <sched.h>

// Fonction utilisateur

void MonProc(int *pid) {
    long i;

    for (i=0;i<8E7;i++)
        if (i%(long)4E6 == 0)
            printf("%d - %ld\n",*pid, i);

    printf("############ FIN PROC %d\n\n", *pid );
}
```

```
// Exemple de primitive d'election definie par l'utilisateur
// Remarques : les primitives d'election sont appelées directement
// depuis la librairie. Elles ne sont appelées que si au
// moins un processus est à l'etat pret (RUN)
// Ces primitives manipulent la table globale des processus
// définie dans sched.h

// Election aléatoire

int RandomElect(void) {
    int i;

    printf("RANDOM Election !\n");

    do {
        i = (int) ((float)MAXPROC*rand()/(RAND_MAX+1.0));
    } while (Tproc[i].flag != RUN);
    return i;
}


int main (int argc, char *argv[]) {
    int i;
    int *j;

    // Créer 3 processus

    for (i = 0; i < 3; i++) {
        j = (int *) malloc(sizeof(int));
        *j= i;
        CreateProc((function_t)MonProc,(void *)j, 0);
    }

    // Exemples de changement de paramètres

    // Définir une nouvelle primitive d'election avec un quantum de 1,5 secondes
    SchedParam(NEW, 1.5, RandomElect);

    // Redéfinir le quantum par defaut
    SchedParam(PREMPT, 2, NULL);

    // Passer en mode batch
    SchedParam(BATCH, 0, NULL);

    // Lancer l'ordonnanceur en mode non "verbeux"
    sched(0);

    // Imprimer les statistiques
    PrintStat();

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

3. UTILISATION

La `libsched` est disponible dans le répertoire `/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libsched`.
Le sous-répertoire `demo` contient l'exemple précédent avec un `Makefile` permettant de générer directement l'exécutable.
Le sous-répertoire `src` contient le source de `libsched`. Il contient également la librairie " `libelf` " utilisée en interne par l'ordonnanceur.

Pour générer un exécutable, le plus simple est de copier le `Makefile` de l'exemple :

```
$ cp /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libsched/demo/Makefile .
```

Modifiez ensuite éventuellement le `Makefile`, en remplaçant le nom des fichiers exemples par celui de votre fichier, puis générez un exécutable :

```
$ make
```

TME 4 - GESTION DE PROCESSUS

ÉCRITURE D'UNE VERSION PARALLELE DE LA COMMANDE GREP

Objectif : Manipulation des processus sous Unix.

Utilisation des appels systèmes : `fork`, `execl`, `wait` et `wait3`.

On souhaite implanter en C un "multi-grep" qui exécute la commande standard Unix `grep` en parallèle. `grep` permet de rechercher une chaîne de caractères dans un fichier et elle affiche les lignes où la chaîne apparaît.
L'exécution de votre programme devra être appelée de la manière suivante:

```
$ mgrep chaine liste-fichiers
```

Cette commande devra afficher, pour chaque fichier passé en paramètre, les lignes contenant la chaîne `chaine`. Elle créera autant de processus fils que de fichiers passés en paramètre.

1. MULTI-GREP SIMPLE

Ecrivez un programme C qui lance, pour chaque fichier passé en paramètre, un processus fils qui exécute le `grep` standard. Le programme (c'est-à-dire le père) ne doit se terminer que lorsque tous les fils ont terminé.

2. MULTI-GREP A PARALLELISME CONTRAINT

On souhaite désormais ne créer simultanément qu'un nombre maximum `MAXFILS` de processus fils. Si le nombre de fichiers est supérieur à `MAXFILS`, le processus père ne crée dans un premier temps que `MAXFILS` fils. Dès qu'un des fils se termine et s'il reste des fichiers à analyser, le père recrée un nouveau fils.

2.1

Modifiez votre programme en conséquence

3. MULTI-GREP AVEC STATISTIQUES

3.1

Modifiez votre programme de la partie 1 pour afficher les statistiques d'utilisation CPU système et utilisateur de chaque fils.

4. PROCESSUS "ZOMBIE"

4.1

Qu'est ce qu'un processus "zombie" ?

4.2

Ecrivez un programme qui crée pendant 10 secondes deux processus zombie.

TME 5: GESTION DE PROCESSUS

1. ARBORESCENCE DE PROCESSUS

1.1

Donnez le code d'un programme arbre.c qui crée un arbre binaire complet de niveau L. L est un argument du programme. Chaque processus doit s'endormir pour 30 secondes.

Utilisez la commande pstree depuis le shell pour vérifier l'arborescence de processus de la manière suivante :

```
$ ./arbre 3 &
[1] 9893
$ pstree -a 9893
arbre 3
  ├─arbre 3
  │   ├─arbre 3
  │   │   ├─arbre 3
  │   │   └─arbre 3
  │   └─arbre 3
  │       ├─arbre 3
  │       └─arbre 3
  └─arbre 3
      ├─arbre 3
      │   ├─arbre 3
      │   └─arbre 3
      └─arbre 3
          ├─arbre 3
          └─arbre 3
```

2. MINI-SHELL

2.1

Ecrivez un programme qui attend la saisie d'une commande simple (sans argument) au clavier et lance un processus fils exécutant la commande et attend la fin du processus. Si le dernier caractère de la ligne saisie est '& ' il ne faut pas attendre la fin du fils.

Le programme boucle indéfiniment jusqu'à ce que l'on saisisse la chaine « quit ».

2.2

Modifiez le programme ci-dessus en considérant maintenant des commandes avec arguments (séparateur blanc). Pour obtenir les arguments utilisez la fonction strtok( ).

2.3

Modifiez le programme ci-dessus afin d'implémenter la commande times, utilisée pour déterminer le temps d'exécution d'une commande.

TME 6 - 7 : SYNCHRONISATIONS PAR SEMAPHORES

REALISATION D'UN MECANISME DE DIFFUSION

On veut réaliser un mécanisme de diffusion. Il y a deux types de processus : les émetteurs (au nombre de NE) et les récepteurs (au nombre de NR). Les émetteurs déposent des messages dans un tampon initialement vide. Chaque message doit être lu par tous les récepteurs avant de pouvoir être effacé.

Les processus émetteurs et récepteurs sont cycliques. Autrement dit, chaque processus est une boucle infinie. Les émetteurs doivent se bloquer lorsqu'il n'y a pas de case libre, les récepteurs lorsqu'il n'y a pas de message à lire. Par contre, on autorise plusieurs récepteurs à lire simultanément un message.

Les synchronisations entre émetteurs et récepteurs sont réalisées au moyen de sémaphores et variables partagées.

LES SOLUTIONS QUE VOUS PROPOSEZ DOIVENT ETRE PROGRAMMEES A L'AIDE DE LA BIBLIOTHEQUE DE MANIPULATION DE SEMAPHORES `libIPC`, dont le descriptif est donné en annexe.

Vous devez récupérer 2 squelettes de programme (**Tab1Case.c** et **TabNCase.c**) dans le répertoire et le **Makefile** dans le répertoire

`/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libipc`

1. MISE EN OEUVRE AVEC UN TAMPON A UNE SEULE CASE

On considère d'abord le cas où le tampon ne contient qu'une case. Pour assurer la synchronisation, on définit les sémaphores et variables suivants :

- Le sémaphore `EMET` bloque les émetteurs tant qu'il n'y a pas de case dans laquelle ils puissent écrire.
- Le tableau de sémaphores `RECEP[1..NR]` bloque les récepteurs.
- Le compteur partagé `nb_recepteurs` indique le nombre de consommateurs ayant déjà lu le message produit par le producteur.

1.1.

Quel mécanisme de protection supplémentaire doit être introduit pour assurer la cohérence de `nb_recepteurs` ? Donnez les initialisations des sémaphores et variables partagées.

1.2.

Pourquoi utilise-t-on un tableau de sémaphores `RECEP[1..NR]`, dont chaque case est augmentée de 1 lors de l'émission d'un message, plutôt qu'un unique sémaphore `RECEP`, augmenté de `NR` lors de l'émission d'un message ? Qui prévient les émetteurs de la disponibilité de la case ?

1.3.

Programmez cette synchronisation en utilisant les primitives de la bibliothèque `libIPC`.

2. MISE EN OEUVRE AVEC UN TAMPON A NMAX CASES

On considère maintenant le cas d'un tampon à `nmax` cases, et on souhaite assurer un maximum de parallélisme au niveau de l'accès au tampon. En particulier :

- deux émetteurs doivent pouvoir déposer simultanément des messages s'ils écrivent dans des cases différentes ;
- un émetteur et un récepteur peuvent accéder simultanément au tampon s'ils n'accèdent pas à la même case.

A nouveau, chaque message déposé doit être lu par *tous* les récepteurs. On suppose que le tampon est utilisé de manière circulaire (avec une attribution ordonnée des cases et non avec une liste de cases vides et une liste de cases pleines).

2.1.

Définissez les sémaphores et variables nécessaires pour programmer cette synchronisation. Pour chaque sémaphore et variable vous préciserez son rôle et sa valeur initiale.

2.2.

Donnez les algorithmes des émetteurs et récepteurs. Décrivez brièvement un scénario de fonctionnement du système ainsi synchronisé, en insistant sur le parallélisme des émetteurs entre eux, des récepteurs entre eux, et des émetteurs vis à vis des récepteurs.

2.3.

Programmez cette synchronisation en utilisant les primitives de la bibliothèque libIPC.

Annexe : UTILISATION DE LA BIBLIOTHEQUE DE SEMAPHORES LIBIPC

La bibliothèque de sémaphores, appelée `libIPC`, est un outil facilitant l'utilisation des sémaphores au-dessus d'Unix. Elle reprend l'interface classique des sémaphores.

1. LES PRIMITIVES

libIPC contient les primitives suivantes :

```
#include <libipc.h>
```

```
int creer_sem(int nb);
```

Fonction qui crée `nb` sémaphores non initialisés. Cette fonction retourne -1 en cas d'erreur. Les sémaphores sont numérotés à partir de 0. Par exemple l'appel à `creer_sem(3)` va créer 3 sémaphores numérotés 0, 1 et 2.

```
int init_un_sem(int sem, int val);
```

Fonction qui initialise le sémaphore numéro `sem` à la valeur val. Cette fonction retourne -1 en cas d'erreur.

```
void P(int sem);
```

Réalisation de la primitive P sur le sémaphore numéro `sem`.

```
void V(int sem);
```

Réalisation de la primitive V sur le sémaphore numéro `sem`.

```
int det_sem(void);
```

Fonction qui détruit tous les sémaphores. Elle doit impérativement être appelée à la fin du programme. Cette fonction retourne -1 en cas d'erreur.

libIPC permet également de créer des segments de mémoire partagée :

```
char* init_shm(int taille);
```

Fonction qui crée un segment de mémoire partagé de taille `taille`. Elle retourne l'adresse du segment créé. Cette fonction retourne NULL en cas d'erreur.

```
int det_shm(char *seg);
```

Fonction qui détruit le segment désigné par `seg`. Elle doit impérativement être appelée à la fin du programme. Cette fonction retourne -1 en cas d'erreur.

2. COMMANDES SHELL

Il existe quelques commandes Unix permettant d'intervenir sur les sémaphores en cas de problème (par exemple la non destruction des sémaphores) :

`ipcs`	permet d'afficher la liste des sémaphores et segments de mémoire partagée définis sur la machine.
`ipcrm sem id`	permet de détruire le sémaphore identifié par `id`.
`ipcrm shm id`	permet de détruire le segment de mémoire partagée identifié par `id`.

3. UTILISATION DE LA BIBLIOTHEQUE

`libIPC` est définie dans le répertoire

`/Infos/lmd/2023/licence/ue/LU3IN010-2024fev/libipc/libipc/lib`.

Lorsqu'un programme utilise les primitives de libIPC, il faut lier son exécutable à libIPC.

Le répertoire `/Infos/lmd/2023/licence/ue/LU3IN010-2024fev/libipc/libipc/demo/` contient un exemple de programme utilisant libIPC, ainsi que le Makefile permettant de lier son exécutable à libIPC.

Le plus simple est de copier le fichier `Makefile` contenu dans ce répertoire

```
$ cp /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libipc/libipc/demo/ Makefile .
```

puis de le modifier éventuellement en remplaçant `demo_ipc` par le nom de votre fichier. Vous pouvez alors générer l'exécutable.

```
$ make
```

4. POUR INSTALLER LA LIBRAIRIE CHEZ SOI

La librairie est disponible sous forme d'archive compressée sur le moodle de l'UE
`https://moodle-sciences-24.sorbonne-universite.fr/mod/folder/view.php?id=140727`

Pour la décompresser il suffit de taper sur votre machine :

```
$ tar xvfz libipc.tgz
```

Un répertoire libipc est créé contenant les deux répertoires `demo` et `src`. Il suffit de compiler la librairie :

```
$ cd libipc/src
$ make
```

Vous pouvez alors compiler l'exemple présenté en 5 et l'exécuter :

```
$ cd ../demo
$ make
```

```
$ ./demo-ipc
```

5. EXEMPLE D'UTILISATION

Le programme ci-dessous réalise une barrière à trois processus. Le processus père crée deux fils et les attend à la barrière.

```
#include <libipc.h>
/* Definition des semaphores */

#define SEM1    0
#define SEM2    1

/* Définition du format du segment de memoire partagée */

typedef struct {
     int a;
} t_segpart;

t_segpart *sp; /* Pointeur sur le segment */

/* fonction exécutée par le premier processus fils */
void fils1(void)
{
     sleep(10);
     sp->a++;
     V(SEM1);
     printf("fin1\n");
     exit(0);
}

/* fonction exécutée par le second processus fils */
void fils2(void)
{
     sleep(10);
     sp->a++;
     V(SEM2);
     printf("fin2\n");
     exit(0);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
     int pid;

     /* Creer les semaphores */
     if (creer_sem(2) == -1) {
          perror("creer_sem");
          exit(1);
     }

     /* Initialiser les valeurs */
     init_un_sem(SEM1,0);
     init_un_sem(SEM2,0);

     /* Creer le segment de memoire partagee */
     if ( (sp = (t_segpart *) init_shm(sizeof(t_segpart))) == NULL) {
          perror("init_shm");
          exit(1);
     }
     sp->a = 0;
```

```
    /* Creer le premier processus fils */
    if ((pid = fork()) == -1) {
         perror("fork");
         exit(2);
    }
    if (pid == 0) {
         /* Premier processus fils */
         fils1();
    }

    /* Creer le second processus fils */
    if ((pid = fork()) == -1) {
         perror("fork");
         exit(2);
    }
    if (pid == 0) {
         /* Second processus fils */
         fils2();
    }

    /* Processus Pere */
    printf("le pere attend...\n");
    P(SEM1);
    printf("fin du fils 1\n");
    P(SEM2);
    printf("fin du fils 2\n");
    printf("valeur du compteur = %d\n", sp->a);

    /* Destruction des semaphores et du segment de mémoire */
    det_sem();
    det_shm(sp);

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Pour tout commentaire, ou rapport de « bug » : Pierre.Sens@lip6.fr

TME 8 – GESTION MEMOIRE

IMPLANTATION D'UNE GESTION DE TAS

Le tas est une zone mémoire réservée par le système pour permettre à un programme de faire de l'allocation dynamique (malloc, free). L'objectif de ce TME est de simuler une gestion simplifiée du tas.

On suppose ici que le tas est une zone de taille fixe égale à 128 octets.

On se propose de programmer les primitives `tas_malloc()` et `tas_free()` qui permettent respectivement d'allouer et de libérer une zone dans le tas :

```
char *tas_malloc(unsigned int taille);
```

réserve dans le tas une zone de `taille` octets. Cette fonction retourne l'adresse du début de la zone allouée. En cas d'erreur (si l'allocation est impossible), la fonction retourne `NULL`.

```
int tas_free(char *ptr);
```

libère la zone dont le début est désigné par `ptr`.

Pour gérer les espaces occupés et les espaces libres dans le tas, on utilise les structures de données suivante :

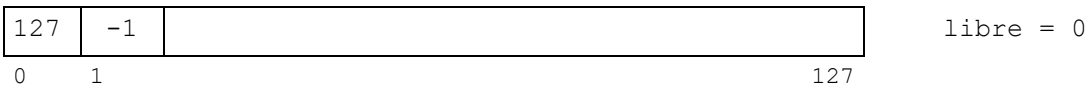
- une zone allouée contient 2 champs :
  - un octet donnant la taille `TD` de la donnée stockée,
  - la donnée elle-même.

  La taille de la zone est donc `TD+1`.
- une zone libre contient 2 champs :
  - un octet donnant la taille `TL` de la donnée pouvant être stockée dans la zone,
  - un octet donnant l'indice dans le tas du début de la zone libre suivante. Si la zone libre est la dernière, cet octet prend la valeur –1.

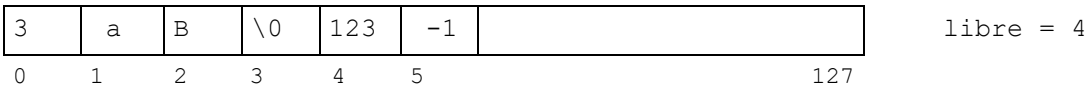
  La taille de la zone est donc `TL+1`.

On dispose en outre d'une variable `libre` contenant l'indice de début de la première zone libre du tas.

Initialement le tas est vide. On a donc l'image suivante :



Après exécution de l'opération
```
p1 = (char *) tas_malloc(3);
strcpy( p1, "ab" );
```
on obtiendrait l'image :



1. EXECUTION MANUELLE

1.1.

On suppose un tas initialement vide. Donnez l'apparence du tas après l'insertion d'une donnée de taille maximum.

1.2.

On suppose un tas initialement vide. Représentez l'apparence du tas après l'exécution des opérations suivantes :

```
char *p1, *p2, *p3, *p4, *p5;
p1 = (char *) tas_malloc(10);
p2 = (char *) tas_malloc(9);
p3 = (char *) tas_malloc(5);
strcpy( p1, "tp 1" );
strcpy( p2, "tp 2" );
strcpy( p3, "tp 3" );
tas_free( p2 );
p4 = (char *) tas_malloc(8);
strcpy( p4, "systeme" );
```

2. PROGRAMMATION

L'allocation d'une zone dans le tas s'effectue en deux étapes :

- recherche suivant une stratégie prédéfinie (best-fit, worst-fit, first-fit) d'un emplacement libre d'une taille suffisante ;
- réservation de cet emplacement pour stocker la donnée : mise à jour de la variable `libre` et du chaînage des blocs.

Quelle que soit la stratégie utilisée, le prototype de la fonction de recherche est le suivant :

```
int strategie(int taille, int *pred);
```

recherche dans le tas une zone libre de `taille` octets. Cette fonction retourne l'adresse du début de la zone, -1 si aucune zone de taille suffisante n'existe. `*pred` est l'adresse dans le tas du début de la zone précédant la zone retournée.

Les fichiers utiles au TME se trouvent dans le répertoire :

`/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/TME-TAS`

Vous y trouverez une bibliothèque avec une fonction d'initialisation du tas et une fonction affichant le contenu du tas, ainsi que le Makefile correspondant.

2.1.

Programmez la fonction `first_fit()`.

2.2.

Programmez la fonction `tas_malloc()` en implantant une stratégie first-fit.

2.3.

Facultatif : Programmez la fonction `tas_free()`.

2.4.

Programmez le jeu d'essai de la question 1.2 et affichez l'apparence du tas. Vous pourrez pour cela utiliser la fonction `afficher_tas()` définie dans `affiche_tas.h`.

TME 9 – REMPLACEMENT DE PAGES

LIBMEM

Pré requis : lire le mode d'emploi de la libmem

Copiez tous les fichiers du répertoire du TME dans votre « home »
```
$ cp /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libmem/TME/*  .
```

Dans la suite vous devez compléter les fichiers **Fifo.c** et **LRU.c** en vous inspirant des exemples LFU et Random du mode d'emploi que vous trouverez dans le répertoire

```
/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libmem/algorithms
```

1. ECRITURE D'UNE STRATEGIE DE REMPLACEMENT FIFO

1. Complétez le fichier Fifo.c

2. Compilez et exécutez votre programme en lui donnant en entrée la suite de références contenu dans le fichier bench

$ make mainFifo
$ ./mainFifo < bench

2. ECRITURE D'UNE STRATEGIE DE REMPLACEMENT LRU

1. Complétez le fichier LRU.c

2. Compilez et exécutez votre programme en lui donnant en entrée la suite de références contenu dans le fichier bench

$ make mainLRU
$ ./mainLRU < bench

3. COMPARAISON LRU /FIFO

Comparez les résultats obtenus. Vérifiez en exécutant la suite de références « à la main » que vos deux algorithmes implémentent bien respectivement les stratégies LRU et FIFO.

LIBMEM : MODE D'EMPLOI

La bibliothèque `libmem` permet de tester des algorithmes de remplacement de pages.
L'arborescence est la suivante :

```
libmem
|-- Makefile
|-- README
|-- algorithms
|   |-- LFU.c
|   |-- Random.c
|   `-- main.c
|-- bench
|-- bin
|-- include
|   |-- LFU.h
|   |-- Random.h
|   |-- Swapper.h
|   `-- libmem.h
|-- lib
|-- obj
`-- src
    |-- Swapper.c
    `-- libmem.c
```

Le répertoire `src` contient les sources de la bibliothèque
Le répertoire `include` contient les fichiers d'en-tête de libmem (`libmem.h, Swapper.h`) et les fichiers propres aux exemples (`LFU.h`).

Le répertoire `algorithms` contient un exemple de main (`main.c`) ainsi que des exemples d'algorithmes de remplacement de pages :
`LFU.c` implémente l'algorithme Least Frequently Used
`Ramdon.c` implémente un algorithme qui choisit une page aléatoirement

1. FONCTIONS DE LA LIBRAIRIE

Remarque : dans le code de la libmem, la terminologie anglaise est utilisée : frame = case en mémoire physique, page = page en mémoire virtuelle.

Structure de données

La libmem maintient une structure de données « Swapper » définie dans Swapper.h :

```
typedef int Page;

typedef struct Swapper {
…
      unsigned int frame_nb;        /* Nombre de cases de la mémoire physique */
      Page *      frame;            /* Tableau des cases en mémoire */
      void *      private_data;   /* Donnée privée propre à chaque stratégie */
} Swapper;
```

Le champ `frame` indique pour chaque case la page correspondante :
Pour la case i, si i est libre frame[i] = -1, sinon frame[i] = numéro de la page.

Fonctions

libmem fournit deux fonctions :

```
#include "Swapper.h"

int initSwapper(
      Swapper* swap,
      unsigned int nc,                                  //Logical number of frames
      int (*Init)(Swapper*),                            //Init for private data
      void (*Reference)(Swapper*,unsigned int),         //Reference to keep stats
      unsigned int (*Choose)(Swapper*),                 //Choose function
      void (*Finalize)(Swapper*)                        //Finalize function
);
```

initSwapper permet d'initialiser la structure swap avec nc cases. 4 fonctions sont passées en paramètre. `Init` sera appelée à l'initialisation, `Reference` à chaque accès à une case, `Choose` à chaque défaut de page et `Finalize` à la terminaison.

Pour programmer une stratégie de remplacement de pages appelée par exemple « MaStrategie », il faut donc :

1) programmer les 4 fonctions suivantes :

```
int initMaStrategie(Swapper *swap);
```

Où est la variable swap est celle initialisée par la fonction initSwapper.
Cette fonction permet éventuellement d'allouer et d'initialiser le champ `private_data` de la struture swap. La fonction doit retourner 0 en cas de succès

```
void referenceMaStrategie(Swapper *swap, unsigned int frame) ;
```

Fonction qui sera appelée lors d'un accès à la case mémoire numéro `frame`.

```
unsigned int chooseMaStrategie(Swapper *swap) ;
```

Fonction qui sera appelée lors d'un défaut de page. Elle doit retourner le numéro de la case contenant la page victime.

```
Void finalizeMaStrategie(Swapper *swap) ;
```

Fonction appelée à la fin du programme pour libérer de qui a été allouée par initMaStratégie.

2) Appeler initSwapper de la manière suivante :

```
Swapper *s,
initSwapper(&s, nbcases, initMaStrategie, refenceMaStrategie, chooseMaStrategie,
finalizeMaStrategie);
```

```
#include "libmem.h"

int   swapSimulation(Swapper *swap,FILE *f);
```

Lance la simulation des accès aux pages. `swap` doit être préalablement initialisé par initSwapper.

Le fichier `f` contient un entier par ligne : la première ligne indique le nombre de cases de la mémoire physique et les autres lignes, la suite de référence mémoire.

2. EXEMPLE

L'exemple suivant illustre l'utilisation des primitives. On souhaite implémenter une stratégie de remplacement de page de type LFU (Least Frequently Used). Pour cela, il faut avoir un tableau qui compte le nombre de références à une case. En cas de remplacement de page, il suffit de choisir la case ayant le compteur avec une valeur minimum.

include/LFU.h :

```
#include "Swapper.h"

int initMFUSwapper(Swapper*,unsigned int);
```

algorithms/LFU.c :

```
#include "LFU.h"
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

int   initLFU(Swapper*);
void  referenceLFU(Swapper*,unsigned int frame);
unsigned int chooseLFU(Swapper*);
void  finalizeLFU(Swapper*);


int initLFUSwapper(Swapper*swap,unsigned int frames){
      initSwapper(swap,frames,initLFU,referenceLFU,chooseLFU,finalizeLFU);
}

int   initLFU(Swapper*swap){

      /* Allouer un tableau avec un compteur d'utilisation pour chaque case */

      swap->private_data = calloc(swap->frame_nb,sizeof(int));
      int * use = (int*)swap->private_data;
      int i;

      /* Initialisation du tableau */

      for( i=0 ; i<swap->frame_nb ; i++ )
            use[i] = 0;
      return 0;
}

void  referenceLFU(Swapper*swap,unsigned int frame){
      int i;
      int * use = (int*)swap->private_data;

      /* A chaque acces à la case frame augmente son compteur d'utilisation */
      use[frame]++;
```

```
}

unsigned int chooseLFU(Swapper*swap){
      int i, frame = 0;
      int * use = swap->private_data;

/* Choisir la case (contenant une page)  ayant le plus petit compteur */

      for ( i=0 ; i<swap->frame_nb ; i++ ){
            if( swap->frame[i] == -1 ){
                  frame = i;
                  break;
            }
            if( use[i] < use[frame] )
                  frame = i;
      }

      use[frame] = 0;

      return frame;
}

void  finalizeLFU(Swapper*swap){
      free(swap->private_data);
}
```

algorithms/main.c :

```
#include "libmem.h"
#include "LFU.h"

int main(int argc,char*argv[]){
      unsigned int frame_nb;
      Swapper     s;

      scanf("%i",&frame_nb);

      /* Initialisation du Swapper de la stratégie LFU */
      initLFUSwapper(&s,frame_nb);

      /* Lancer la simulation */
      if(swapSimulation(&s,stdin)<0){
            printf("Error during swap simulation !!!\n");
            return -1;
      }

      return 0;
}
```

3. UTILISATION

La `libmem` est disponible dans le répertoire
`/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libmem/`

Tout d'abord, copiez la libmem dans un répertoire sur votre home

```
$ cp -r /Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/libmem/ .
```

Le sous-répertoire `libmem/algorithms` contient l'exemple précédent ainsi qu'une élection aléatoire (Random.c). Dans `libmem` un fichier makefile permet de générer directement l'exécutable et la bibliothèque en exécutant les commandes suivantes :

```
$ cd libmem
$ make
```

Pour créer une nouvelle stratégie (MaStrategie), il faut : créer un fichier MaStrategie.h dans le répertoire include, un fichier MaStrategie.c dans algoritms et modifier le fichier main.c dans algorithms.

Le fichier `libmem/bench` contient un exemple de suite de références mémoire pour 3 cases. Pour lancer la libmem sur cet exemple il faut entrer :

```
$ bin/main < bench
Page 1 referenced
LFU uses:

/!\ PAGE FAULT !!! /!\
Frame 0 has been choosen
(frame 0: 1) (frame 1: _) (frame 2: _)

Page 2 referenced
LFU uses: (page:1 time:1)

/!\ PAGE FAULT !!! /!\
Frame 1 has been choosen
(frame 0: 1) (frame 1: 2) (frame 2: _)

Page 3 referenced
LFU uses: (page:1 time:1) (page:2 time:1)

/!\ PAGE FAULT !!! /!\
Frame 2 has been choosen
(frame 0: 1) (frame 1: 2) (frame 2: 3)

Page 4 referenced
LFU uses: (page:1 time:0) (page:2 time:1) (page:3 time:1)

/!\ PAGE FAULT !!! /!\
Frame 0 has been choosen
(frame 0: 4) (frame 1: 2) (frame 2: 3)

Page 3 referenced
(frame 0: 4) (frame 1: 2) (frame 2: 3)

Page 4 referenced
(frame 0: 4) (frame 1: 2) (frame 2: 3)

Page 4 referenced
(frame 0: 4) (frame 1: 2) (frame 2: 3)

4/7 ~ 57.142857%
```

Par défaut la libmem est en mode « verbeux », pour désactiver le mode, il faut commenter dans le makefile la ligne :

```
CFLAGS=-D_DEBUG_
```

4. POUR INSTALLER LA LIBRAIRIE CHEZ SOI

La librairie est disponible sous forme d'archive compressée sur le moodle de l'UE :

```
https://moodle-sciences-24.sorbonne-universite.fr/mod/folder/view.php?id=140727
```

Pour la décompresser, il suffit de taper sur votre machine :

```
$ tar xvfz libmem.tgz
```

Un répertoire libmem est créé. Il suffit de compiler la librairie et exécuter l'exemple :

```
$ cd libmem
$ make
$ bin/main < bench
```

Merci à Mathieu Valéro pour avoir développé la libmem
Pour tout commentaire, ou rapport de " bug " : Pierre.Sens@lip6.fr

TME 10-11 - GESTION DE FICHERS

L'objectif de ce TME est d'offrir des fonctions pour un système de fichiers basé sur le mécanisme de FAT (File Allocation Table). Une FAT est une structure de données permettant de gérer à la fois l'espace libre et l'espace alloué. Il s'agit d'un tableau avec une entrée par bloc. Dans un répertoire, on trouve pour chaque fichier le numéro du premier bloc occupé par le fichier. L'entrée correspondante de la FAT à ce bloc contient l'adresse (le numéro) du 2ème bloc occupé, etc… Le dernier contient une valeur spéciale FIN_FICHIER (égale à -1). Les blocs vides sont à 0.

Nous considérons un disque dont la taille des blocs (secteurs) est de **128** octets. Le répertoire et la FAT sont de taille fixe. Le répertoire constitué de **16 entrées** occupe le bloc 0 et 1 du disque tandis que la FAT possède **128 entrées** (chaque entrée occupe 2 octets) et se trouve dans les blocs 2 et 3 du disque.

Il n'y a qu'un seul répertoire (on ne supporte pas d'arborescence). Chaque entrée du répertoire (**16 octets**) possède les champs suivants :

- **del_flag** (1 octet) : 0 indique que l'entrée est libre ; 1 indique que l'entrée est occupée.
- **name** (9 octets) : nom du fichier (8 caractères au maximum + '\0') ;
- **first_bloc** (2 octets) : premier bloc du fichier.
- **last_bloc** (2 octets) : dernier bloc du fichier.
- **size** (2 octets) : taille du fichier.

Le fichier ***fat.h*** , donné en annexe, définit la structure du répertoire ainsi que plusieurs constantes et prototypes de fonctions.

Le pointeur ***short* pt_FAT*** pointe vers le début de la FAT et le pointeur ***struct ent_dir* pt_DIR*** pointe vers le début du répertoire.

Nous vous offrons les fonctions suivantes :

- void open_FS ( ) : initialise le système de fichier y compris les pointeurs ***pt_FAT*** et ***pt_DIR*** décrits ci-dessus.

- void close_FS ( ) : libère les ressources allouées par la fonction d'initialisation.

- int read_sector (short num_sect, char*buffer) : rend le contenu du bloc de numéro ***num_sect*** dans le tampon ***buffer***. Renvoie 0 en cas de succès ou -1 en cas d'erreur de lecture depuis le disque.

- int write_sector (short num_sect, char*buffer) : écrit 128 octets du tampon ***buffer*** dans le bloc de numéro ***num_sect*** . Renvoie 0 en cas de succès ou -1 en cas d'écriture du disque.

- int write_DIR_FAT_sectors ( ) : écrit sur le disque les secteurs contenant la FAT et le répertoire (secteurs 0 à 3). Renvoie 0 en cas de succès ou -1 en cas d'erreur d'accès au disque.

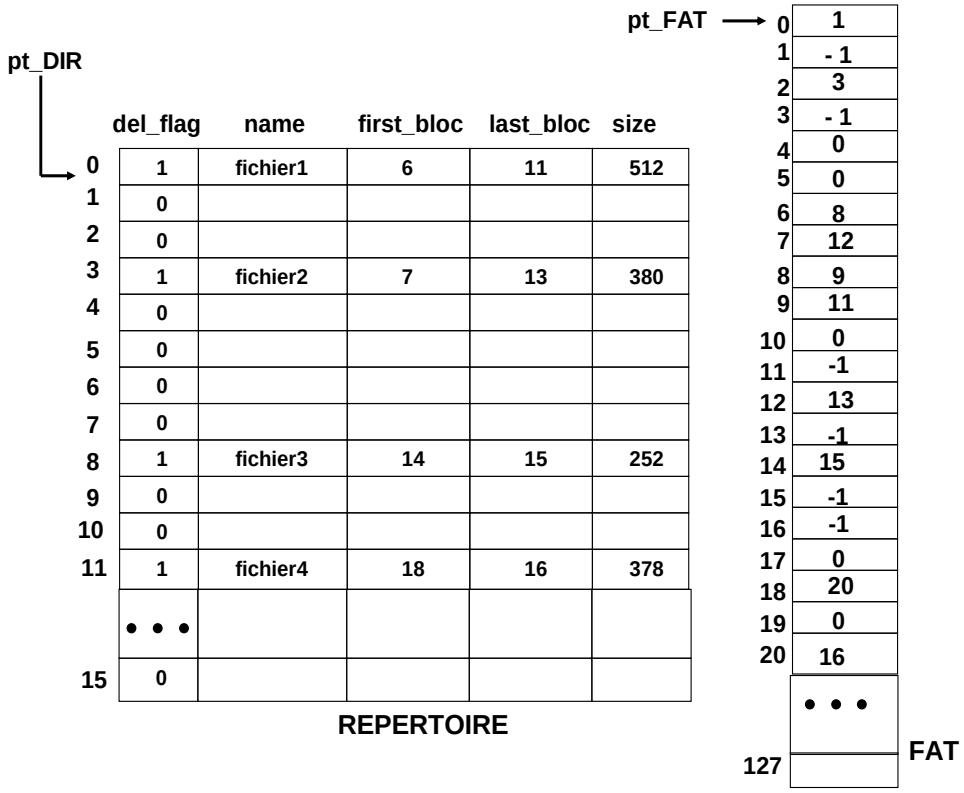
Observation : Le disque est simulé en utilisant le fichier ***disque_image*** qui doit se trouve dans le répertoire courant. Vous pouvez regarder le contenu de ce fichier en utilisant la commande :

hexdump –C disque_image

Le fichier disque_image.bak est une copie de sécurité du fichier *disque_image* original.

Au début, nous considérons que le disque contient les 4 fichiers suivants :

- **fichier1** : size = 512 ; possède 4 blocs - 6 8 9 11
- **fichier2** : size = 380 ; possède 3 blocs : 7 12 13
- **fichier3** : size = 252 ; possède 2 blocs : 14 15
- **fichier4** : size = 378 ; possède 3 blocs : 18 20 16



La figure ci-dessus montre le contenu du répertoire et de la FAT.

Les contenus des fichiers sont:

- **fichier1** : bloc 6 = 128 fois 'A' ; bloc 8= 128 fois 'B' ; bloc 9 = 128 fois 'C' ; bloc 11 = 128 fois 'D' ;
- **fichier2** : bloc 7 = 128 fois '1' ; bloc 12= 128 fois '2' ; bloc 13 = 124 fois '3' ;
- **fichier3** : bloc 14 = 128 fois 'a' ; bloc 15= 124 fois 'b' ;
- **fichier4** : bloc 18 = 128 fois '*' ; bloc 20= 128 fois '&' ; bloc 16 = 122 fois ' #' ;

Les squelettes des fonctions que vous devez programmer se trouvent dans le fichier ***func_FS_FAT.c.*** Vous y trouverez aussi la fonction ***int file_found (char *file)***, qui permet de vérifier si un fichier existe et la fonction ***void list_fat ( )***, qui affiche la liste des blocs alloués de la FAT. Ces deux fonctions donnent un exemple sur la façon de parcourir les entrées du répertoire et de la FAT.

```
int file_found (char * file ) {
  int i;
  struct ent_dir * pt = pt_DIR;

  for (i=0; i< NB_DIR; i++) {
    if ((pt->del_flag) && (!strcmp (pt->name, file)))
      return 0;
    pt++;
  }
  /* finchier n'existe pas */
  return 1;
}


void list_fat () {
  int i;
  short *pt = pt_FAT;
  for (i=0; i < NB_ENT_FAT; i++) {
    if (*pt)
      printf ("%d ",i);
    pt++;
  }
  printf ("\n");
}
```

1. CREATION ENVIRONNEMENT

Copiez le fichier **TME_FS_FAT.tgz** qui se trouve dans le répertoire **/Infos/lmd/2024/licence/ue/LU3IN010-2025fev/TME-FAT.**

Faites ***tar –xvzf TME_FS_FAT.tgz*** pour obtenir les fichiers sources et le Makefile.

1.1.

Quelle est la taille maximale d'un fichier ?

2. LISTAGE DU REPERTOIRE

2.1

Complétez la fonction *void list_dir ( )* du fichier func_FS_FAT.c qui affiche la liste des fichiers du répertoire. La fonction doit afficher les noms des fichiers et leur taille ainsi que le nombre total de fichiers du répertoire.

Testez la fonction avec:

make test_dir

./test_dir

2.2

Modifiez la fonction *void list_dir ( )* de la question précédente afin d'afficher aussi les blocs de données de chaque fichier.

3. CHANGEMENT DU NOM D'UN FICHIER

3.1

Complétez le code de la fonction *int mv_file (char * file1, char*file2)* qui permet de changer le nom du fichier *file1* par *file2*. La fonction renvoie 0 en cas de succès et -1 si le fichier *file1* n'existe pas ou s'il y a une erreur d'écriture sur disque.

Testez la fonction avec:

make test_mv_file

./test_mv_file fichier4 fichier6

./test_mv_file fichier5 fichier7

Observations :

1. Après avoir changé le nom fichier dans le répertoire en mémoire, il faut sauvegarder le répertoire sur disque en utilisant la fonction *write_DIR_FAT_sectors ( )*.

2. *fichier4* existe et doit être renommé vers *fichier6*, le *fichier5* n'existe pas.

4. AFFICHAGE DU CONTENU D'UN FICHIER

4.1

Complétez la fonction *int cat_file (char * file)* qui affiche le contenu du fichier *file*. La fonction renvoie 0 en cas de succès et -1 si le fichier *file* n'existe pas ou erreur de lecture.

Testez la fonction avec:

make test_cat_file

./test_cat fichier2

./test_cat fichier7

Observations :

1. Utilisez la fonction *read_sector (short num_sect, char* buffer)* pour lire un bloc du disque. Cette fonction renvoie un bloc dont le taille est de 128 caractères. Cependant, il se peut que le denier bloc d'un fichier ne soit pas complètement rempli (si la taille du fichier n'est pas un multiple de 128).

2. *fichier2* existe, mais *fichier7* n'existe pas.

5. SUPPRESSION D'UN FICHIER

5.1

Programmez fonction *int delete_file (char * file)* qui supprime le fichier *file*. La fonction renvoie 0 en cas de succès et -1 si le fichier *file* n'existe pas ou s'il y a une erreur d'écriture sur disque. Les blocs de données du fichier doivent être libérés.

Testez la fonction avec:

make test_del_file

./test_del_file fichier3

./test_del_file fichier7

Observations :

1. Pour indiquer que le fichier a été effacé du répertoire, vous affecterez simplement le champ ***del_flag*** de l'entrée du fichier à 0.

2. Après avoir supprimé le fichier dans le répertoire en mémoire, et libéré les blocs des données, il faut sauvegarder le répertoire et la FAT sur disque en utilisant la fonction *write_DIR_FAT_sectors ( )*.

2. *fichier3* existe, mais *fichier5* n'existe pas.

6. CREATION D'UN FICHIER VIDE

6.1

Complétez le code de fonction *int create_file (char * file)* qui permet de créer un fichier vide dont le nom est *file*. La fonction renvoie 0 en cas de succès et -1 si le fichier *file* existe déjà, s'il n'y a pas d'entrée libre ou en cas d'erreur d'E/S.

Testez la fonction avec:

make test_create_file

./test_create_file fichier5

./test_create_file fichier2

Observations :

1. La taille du fichier doit être 0 et la valeur du premier bloc, ainsi que celle du dernier bloc doit être égale à FIN_FICHIER (-1).

2. Après avoir créé le fichier dans le répertoire en mémoire, il faut sauvegarder le répertoire sur disque en utilisant la fonction *write_DIR_FAT_sectors ( )*.

3. Le fichier *fichier5* n'existe pas, mais *fichier2* existe.

7. ALLOCATION D'UN BLOC DE DONNEES

7.1

Programmez la fonction *int alloc_bloc ( )* qui alloue un bloc de la FAT. La valeur correspondant à ce bloc dans la FAT (qui était égale à 0) est remplacée par FIN_FICHIER (-1). La fonction renvoie le numéro du bloc alloué en cas de succès ou -1 s'il n'y a plus de bloc libre.

Testez la fonction avec:

make test_list_FAT

./test_list_FAT

8. AJOUT DE DONNEES A LA FIN DU FICHIER

8.1

Programmez la fonction *int append_file (char* file, char buffer, short size)* qui ajoute *size* caractères du tampon *buffer* à la fin du fichier. Considérez que le paramètre *size* est un multiple de 128 (SIZE_SECTOR). La fonction renvoie 0 en cas de succès et -1 si le fichier *file* n'existe pas, s'il n'y a plus de bloc ou en cas d'erreur d'écriture sur disque.

Testez la fonction avec:

make test_append_file

./test_append_file

Le programme ***test_append_file*** appelle la fonction *append_file* en ajoutant 256 caractères à la fin du fichier *fichier1* dont la taille est 512 (multiple de 128) :

```
memset(data, '%', SIZE_SECTOR);
memset(data, '$', SIZE_SECTOR);
append ("fichier1", data, 2*SIZE_SECTOR);
```

Observations :

1. Utilisez la fonction *write_sector(short num_sect, char*buffer)* pour écrire un bloc sur disque.

2. Après avoir ajouté les blocs, il faut sauvegarder le répertoire et FAT sur disque en utilisant la fonction *write_DIR_FAT_sectors ( )*.

8.2

Modifiez la fonction *int append_file (char* file, char buffer, short size)* de la question précédente en considérant que *size* n'est plus forcément un multiple de 128. Dans ce cas, il se peut que le dernier bloc du fichier ne soit pas totalement rempli et que seule une partie des caractères de *buffer* soit ajoutée dans ce bloc.

Testez la fonction avec :

make test_append2_file

./test_append_file2 fichier2 Bonjour

Dans ce test, 4 octets (« Bonj ») seront ajoutés dans le dernier bloc de fichier2 (bloc 13) et 3 octets (« our ») dans un nouveau bloc.

9. EXERCICES OPTIONNELS

9.1

Modifiez la fonction *void list_dir ( )* de l'exercice 2.2 pour qu'elle accepte un paramètre : *void list_dir (char* file).* Si *file* est égal à "* ", la fonction affiche les informations sur tous les fichiers du répertoire. Sinon elle affiche les informations du fichier dont le nom est *file.* Elle affiche toujours aussi le nombre total de fichiers (0 si elle ne trouve pas *file* ou si le répertoire est vide).

9.2

Programmez la fonction *struct ent_dir* read_dir (stuct ent_dir* pt_ent)* qui renvoie un pointeur vers la prochaine entrée du répertoire par rapport à l'entrée *pt_ent*. Si la valeur de *pt_ent* est la dernière entrée ou NULL, la fonction renvoie la première entrée du répertoire. La fonction doit renvoyer NULL si l'argument passé en paramètre n'est pas valide.

9.3

Modifiez la fonction *append_file* pour qu'au lieu d'accepter un nom de fichier comme premier argument, elle accepte un descripteur de fichier : *int append_file (struct ent_dir*pt_dir, char buffer, short size)*.

Pour cela vous devez aussi programmez la fonction *struct ent_dir* open_file (char *file)* qui ouvre un fichier en renvoyant un pointer vers l'entrée dans le répertoire correspondant au fichier. Elle doit être appelée avant la fonction *append_file*.

Vous devez programmer aussi la fonction *close_file* (*struct ent_dir* file)* responsable pour enregistrer la FAT et le répertoire sur disque (cela était fait avant dans la fonction *append_file*).

ANNEXE - FAT.H

```
/* nombre d'entree dans le repertoire */
#define NB_DIR 16

/* taille d'un  bloc (secteur) */
#define SIZE_SECTOR 128

/* nombre de secteur occupé par la FAT */
#define NB_SECTOR_FAT 2

/* nombre d'entree de FAT par bloc */
#define NB_FAT_ENT_PER_SECTOR 64

/* nombre total d'entree de la FAT */
#define NB_ENT_FAT  NB_SECTOR_FAT*NB_FAT_ENT_PER_SECTOR

/* taille en octet de la FAT */
#define SIZE_FAT NB_FAT_ENT_PER_SECTOR*NB_SECTOR_FAT*sizeof(short)

/* taille en octet du repertoire */
#define SIZE_DIR  NB_DIR*sizeof(struct ent_dir)

/*FIN FICHIER : utilisé dans la FAT */
#define FIN_FICHIER -1

#define DISC "disque_sim"


/* pointeur debut de la FAT */
extern short* pt_FAT;

/* pointeur debut du repertoire*/
extern struct ent_dir* pt_DIR;


/* entree d'un repertoire */
struct ent_dir{
  char del_flag; /* 0: entree libre ; 1 : entree occupe */
  char name[9]; /* nom du fichier : 8 caracteres + 0 */
  short first_bloc; /* premier bloc du fichier */
  short last_bloc; /* dernier bloc du fichier */
  short size; /* taille */
};

void open_FS ( );
void close_FS ( );
int read_sector (short, char*);
int write_sector (short, char* );
int write_DIR_FAT_sectors ( );
void list_fat ();
int file_found (char* );
void list_dir ( );
int cat_file (char*);
int mv_file (char*, char*);
int delete_file (char*);
int create_file (char*);
short alloc_bloc ();
int append_file (char*, char *, short);
struct ent_dir * read_dir (struct ent_dir*);
```