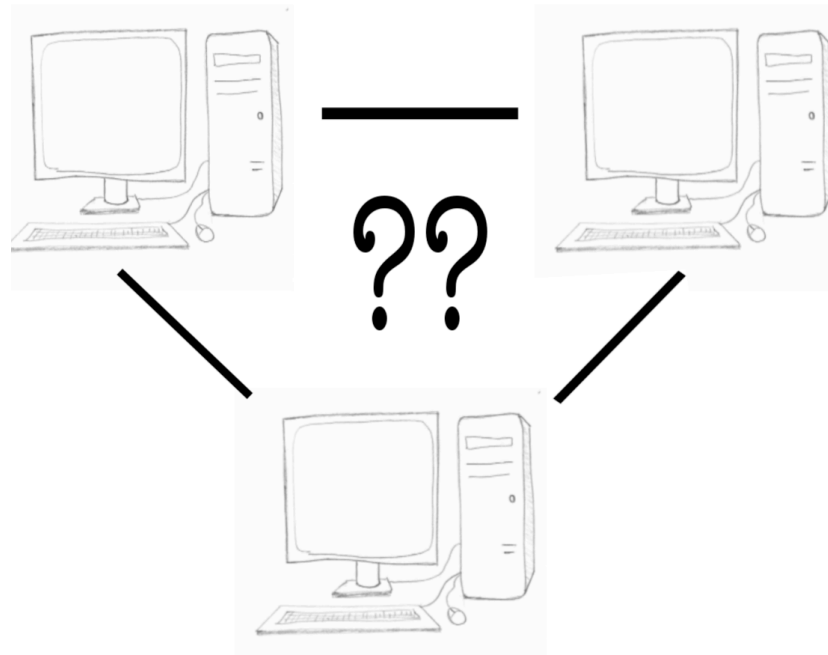


PROGRAMMATION RÉSEAU

Arnaud Sangnier
sangnier@irif.fr

La concurrence en C - II



Partage de variables



- On va avoir recours à des processus légers (**threads**)

Threads vs Processus

- **Un thread** est un fil d'exécution dans un programme, qui est lui même exécuté par un processus
- Un processus peut avoir plusieurs threads
 - Il est alors **multi-threadé**
 - Au minimum il y a un thread
- Chaque fil d'exécution est distinct des autres et a pour attributs
 - Un point courant d'exécution (**pointeur d'intstruction**) ou **PC (Program Counter)**
 - Une pile d'exécution (**stack**)
- Les threads sont plus difficiles à programmer en C MAIS :
 - Implémentation plus efficace
 - Partage des données plus faciles

L'API POSIX

- En C, il existe une librairie classiquement utilisée pour la création et la manipulation de thread. La librairie **POSIX**
- Pour l'utiliser, il faut faire inclure le bon fichier :
 - **#include <pthread.h>**
- Mais il faut aussi préciser à la compilation que l'on souhaite utiliser cette librairie avec l'option -pthread
- Par exemple pour compiler un fichier test.c on pourra faire :
 - **gcc -pthread -Wall -o test test.c**

Création de thread

- Pour créer un thread, on utilise la fonction de création de thread :
 - **int pthread_create(
pthread_t *thread, //On stockera les données du thread créé
const pthread_attr_t *attr, // Attributs du thread
void *(*start_routine) (void *), // Fonctions à exécuter
void *arg); // Arguments de la fonction à exécuter**
- En pratique pour les attributs, on mettra **NULL** pour avoir les attributs par défauts
- Ces attributs permettent par exemple de donner une politique pour l'ordonnancer
- Le code qu'exécutera est donné par la fonction **start_routine**
- Dès que la fonction **pthread_create** a fini, le thread est créé et s'exécute

Création de thread en pratique

- On crée une fonction qui contient le code à exécuté par chacun des threads, de signature
 - **void *function(void *)**
- Si on veut donner des arguments à cette fonction au moment de l'appel de thread
 - on les passe comme dernière argument de la fonction **pthread_create**
- Il faut parfois attendre la fin d'exécution des thread créé :
 - si le programme principale termine avant, les threads sont détruits
 - on peut utiliser pour cela la fonction
 - **int pthread_join(pthread_t thread, void **value_ptr);**
 - le deuxième argument est celui créé par pthread_create
 - value_ptr est la valeur renvoyé par le thread en appelant
 - **void pthread_exit(void *value_ptr);**
 - Attention : un appel à exit fait terminer le processus !!!!

Exemple

- On commence par donner le code que va exécuter

```
void *affiche(void * arg){  
    char *s=(char *) arg ;  
    printf("Mon message est :%s",s) ;  
    return NULL ;  
}
```

- Ensuite pour créer un thread qui exécute cette fonction, on procède ainsi

```
pthread_t th1;  
char *s1="Je suis thread 1\n";  
int r1=pthread_create(&th1,NULL,affiche,s1);
```

- Finalement on peut faire un join pour attendre la fin du processus

```
pthread_join(th1,NULL);
```

Exemple

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

void *affiche(void *ptr);

int main(){
    pthread_t th1, th2;
    char *s1="Je suis thread 1\n";
    char *s2="Je suis thread 2\n";
    pthread_create(&th1,NULL,affiche,s1);
    pthread_create(&th2,NULL,affiche,s2);

    pthread_join(th1,NULL);
    pthread_join(th2,NULL);
    return 0;
}

void *affiche(void *ptr){
    char *s=(char *)ptr;
    printf("Mon message est : %s",s);
    return NULL;
}
```


Exemple avec retour de fonction

```
int main(){
    pthread_t th1, th2;
    char *s1="Je suis thread 1\n";
    char *s2="Je suis thread 2\n";
    pthread_create(&th1,NULL,affiche,s1);
    pthread_create(&th2,NULL,affiche,s2);

    char *r1;
    char *r2;
    pthread_join(th1,(void **)&r1);
    pthread_join(th2,(void **)&r2);
    printf("%s",r1);
    printf("%s",r2);
    return 0;
}

void *affiche(void *ptr){
    char *s=(char *)ptr;
    printf("Mon message est : %s",s);
    char *mess=(char *)malloc(100*sizeof(char));
    strcat(mess,s);
    strcat(mess," Fini\n");
    return mess;
}
```

Exemple avec pthread_exit

```
int main() {
    pthread_t th1, th2;
    char *s1="Je suis thread 1\n";
    char *s2="Je suis thread 2\n";
    pthread_create(&th1,NULL,affiche,s1);
    pthread_create(&th2,NULL,affiche,s2);

    char *r1;
    char *r2;
    pthread_join(th1,(void **)&r1);
    pthread_join(th2,(void **)&r2);
    printf("%s",r1);
    printf("%s",r2);
    return 0;
}

void *affiche(void *ptr) {
    char *s=(char *)ptr;
    printf("Mon message est : %s",s);
    char *mess=(char *)malloc(100*sizeof(char));
    strcat(mess,s);
    strcat(mess," Fini\n");
    pthread_exit(mess);
}
```

Partage de variables



- Soit on met ces variables en variables globales
- Soit on passe leur adresse en argument avec **pthread_create**

Example

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

void *inc(void *ptr);

int a=0;

int main(){
    pthread_t th1, th2;
    pthread_create(&th1,NULL,inc,NULL);
    pthread_create(&th2,NULL,inc,NULL);

    pthread_join(th1,NULL);
    pthread_join(th2,NULL);
    printf("a vaut %d\n",a);
    return 0;
}

void *inc(void *ptr){
    a=a+1;
    return NULL;
}
```

Retour sur notre serveur concurrent

- Pour programmer le serveur concurrent avec des threads, on va :
 - Créer un thread après chaque **accept**
 - La fonction qui sera exécuté par chaque thread sera en charge de la communication
 - Il faudra passer en argument de cette fonction, le descripteur de socket
 - En faisant attention à comment on le passe
 - Le thread devra uniquement fermer sa socket de communication lorsque sa conversation avec le client prendra fin
 - Le programme principal qui est censé ne jamais terminé (boucle **while(1){...}**) n'aura pas besoin de faire des **pthread_join** pour attendre la fin d'exécution des thread communiquant avec les clients.

Fonction de communication

```
void *comm(void *arg) {  
    int sockcomm=*((int *)arg);  
    char *mess="Hi\n";  
    send(sockcomm,mess,strlen(mess)*sizeof(char),0);  
    char buff[100];  
    int recu=recv(sockcomm,buff,99*sizeof(char),0);  
    buff[recu]='\0';  
    printf("Message recu : %s\n",buff);  
    close(sockcomm);  
    return NULL;  
}
```

Exemple serveur

```
int main() {
    int sock=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
    struct sockaddr_in sockaddress;
    sockaddress.sin_family=AF_INET;
    sockaddress.sin_port=htons(4244);
    sockaddress.sin_addr.s_addr=htonl(INADDR_ANY);
    int r=bind(sock, (struct sockaddr *)&sockaddress, sizeof(struct
                                                                    sockaddr_in));

    if(r==0){
        r=listen(sock,0);
        if(r==0){
            struct sockaddr_in caller;
            socklen_t si=sizeof(caller);
            while(1){
                int sock2=accept(sock, (struct sockaddr *)&caller,&si);
                if(sock2>=0){
                    pthread_t th;
                    pthread_create(&th,NULL,comm,&sock2);
                }
            }
        }
    }
    return 0;
}
```

Mauvais exemple serveur

```
int main() {
    int sock=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
    struct sockaddr_in sockaddress;
    sockaddress.sin_family=AF_INET;
    sockaddress.sin_port=htons(4244);
    sockaddress.sin_addr.s_addr=htonl(INADDR_ANY);
    int r=bind(sock, (struct sockaddr *)&sockaddress, sizeof(struct
                                                                    sockaddr_in));

    if(r==0){
        r=listen(sock,0);
        if(r==0){
            struct sockaddr_in caller;
            socklen_t si=sizeof(caller);
            int sock2 ; ← NON !!!!
            while(1){
                sock2=accept(sock, (struct sockaddr *)&caller,&si);
                if(sock2>=0){
                    pthread_t th;
                    pthread_create(&th,NULL,comm,&sock2);
                }
            }
        }
    }
    return 0;
}
```


Explication

- Dans l'exemple précédent :
 - la variable sock2 sera partagée entre tous les threads de communication
- Si un nouveau client arrive et que le accept est exécuté avant que le thread précédent ait pu stocké la valeur de sock2 concernant sa communication, il y aura des problèmes
- Pour cela il suffit que le client soit lent avant de stocker la valeur de sock2 pour sa communication
- En fait le problème arrive aussi dans l'exemple précédent
- **Bonne pratique de programmation : allouez dynamiquement la mémoire pour stocker les descripteurs**
- Et bien entendu il faut faire les free correspondant.

Exemple serveur correct

```
int main() {
    int sock=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
    struct sockaddr_in sockaddress;
    sockaddress.sin_family=AF_INET;
    sockaddress.sin_port=htons(4244);
    sockaddress.sin_addr.s_addr=htonl(INADDR_ANY);
    int r=bind(sock, (struct sockaddr *)&sockaddress, sizeof(struct
                                                                    sockaddr_in));

    if(r==0){
        r=listen(sock,0);
        if(r==0){
            struct sockaddr_in caller;
            socklen_t size=sizeof(caller);
            while(1){
                int *sock2=(int *)malloc(sizeof(int));
                *sock2=accept(sock, (struct sockaddr *)&caller,&si);
                if(sock2>=0){
                    pthread_t th;
                    pthread_create(&th,NULL,comm,sock2);
                }
            }
        }
    }
    return 0;
}
```

Attention au partage des données

- Les threads s'exécutent en parallèle
- Vous ne pouvez faire aucune hypothèse sur l'ordonnanceur
- Si on n'est pas attentif sur la manipulation des variables partagées, on peut observer des comportements étranges
- Par exemple :
 - Un thread teste si une variable entière est positive avant de la décrémenter
 - Il est interrompu entre le test et la décrémentation
 - Un autre thread met la variable partagée à 0
 - Le premier thread met la variable à -1 ... ce qu'on ne voulait pas

Exemple de partage de données

```
void *inc(void *ptr);
void *dec(void *ptr);

int a=0;

int main(){
    pthread_t th1, th2, th3;
    pthread_create(&th1, NULL, inc, NULL);
    pthread_create(&th2, NULL, dec, NULL);
    pthread_create(&th3, NULL, dec, NULL);
    pthread_join(th1, NULL);
    pthread_join(th2, NULL);
    pthread_join(th3, NULL);
    printf("a vaut %d\n", a);
    return 0;
}

void *inc(void *ptr){
    a=a+1;
    return NULL;
}

void *dec(void *ptr){
    if(a>0){
        sleep(1);
        a=a-1;
    }
    return NULL;
}
```

**Ce code peut
potentiellement
afficher -1**

Comment protéger les données

- L'accès aux données partagées doit donc être protégé
- En Java, on utilise le mot clef **synchronized**
- En C, on pourra utiliser des **verrous** (**mutex**)
- Le principe est suivant :
 - Un thread qui veut accéder à une donnée partagée demande le verrou
 - Si le verrou est libre, il continue son exécution
 - Si le verrou est pris, il bloque jusqu'à ce que le verrou soit libérer
 - Quand il a fini d'accéder aux variables partagées, il libère le verrou
- Ces verrous sont partagés entre les threads
- **Bonne pratique** : c'est un thread qui a pris le verrou qui doit le libérer

Les verrous en C

- La librairie POSIX a des verrous de type :
 - **pthread_mutex_t verrou ;**
- La première chose à faire est initialisée le verrou
- Le plus simple consiste à faire :
 - **verrou=PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER ;**
- Pour prendre le verrou, on utilise la fonction :
 - **int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex);**
- Et pour libérer le verrou on utilise :
 - **int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex);**
- Ces deux fonctions renvoient 0 si tout se passe bien

Exemple utilisation de verrou

```
pthread_mutex_t verrou= PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
int a=0;

int main(){
    pthread_t th1, th2, th3;
    pthread_create(&th1, NULL, inc, NULL);
    pthread_create(&th2, NULL, dec, NULL);
    pthread_create(&th3, NULL, dec, NULL);
    pthread_join(th1, NULL);
    pthread_join(th2, NULL);
    pthread_join(th3, NULL);
    printf("a vaut %d\n", a);
    return 0;
}

void *inc(void *ptr){
    pthread_mutex_lock(&verrou);
    a=a+1;
    pthread_mutex_unlock(&verrou);
    return NULL;
}

void *dec(void *ptr){
    pthread_mutex_lock(&verrou);
    if(a>0){
        a=a-1;
    }
    pthread_mutex_unlock(&verrou);
    return NULL;
}
```