



INFO0604

PROGRAMMATION MULTI-THREADÉE

COURS 4

PROGRAMMATION MULTI-THREADÉE AVANCÉE



Pierre Delisle
Département de Mathématiques, Mécanique et Informatique
Janvier 2022

Plan de la séance

- Attributs des threads
- Attributs des mutex
- Attributs des variables de condition
- Annulation des threads

Objets « attributes »

- Jusqu'à maintenant, lors de la création de threads, mutex ou variables de condition
 - Nous avons toujours utilisé les attributs par défaut
 - Automatique pour l'initialisation statique
 - 2e paramètre à NULL pour l'initialisation dynamique
- En fait, ce 2e paramètre est un pointeur sur un objet « attributes »
 - Permet l'initialisation selon des caractéristiques spécifiques
- Liste d'arguments spécifiée lors de l'initialisation d'un objet
 - Structure « privée » : pour lire/écrire les membres de la structure, il faut utiliser des fonctions spéciales pthreads
- Les threads, mutex et variables de condition ont chacun leur propre type d'objet « attributes »
 - pthread_attr_t
 - pthread_mutexattr_t
 - pthread_condattr_t



ATTRIBUTS DES THREADS

Création d'un thread

- `int pthread_create (pthread_t * thrd, pthread_attr_t *attr, void * (*start_routine)(void *), void *arg);`
- `attr`
 - Attributs du thread créé
 - Plutôt que passer NULL, on passe un pointeur sur une variable de type *pthread_attr_t*
- La norme POSIX définit les attributs suivants pour la création de threads
 - detachstate, stacksize, stackaddr, scope, inheritsched, schedpolicy, schedparam
 - Pas nécessairement supportés par tous les systèmes

Thread « détaché »

- Par défaut, un thread créé est *joinable*
 - Son id peut être utilisé avec *pthread_join*
 - On peut récupérer sa valeur de retour
 - On peut le tuer (cancel)
- On peut aussi le créer détaché (detached)
 - On ne peut ni faire un join avec le thread, ni récupérer sa valeur de retour, ni le tuer
 - Lorsque le thread se termine, les ressources associées peuvent immédiatement être récupérées par le système
- Si on est certain d'avance qu'on n'aura ni besoin de faire un join, ni de récupérer la valeur de retour, ni de le tuer
 - Il est plus efficace d'utiliser un thread détaché
- Attribut *detachstate*
 - PTHREAD_CREATE_JOINABLE
 - PTHREAD_CREATE_DETACHED
- Exemple : thread_attr.c

Thread « détaché » - Exemple

```
void *routineThread(void * arg) {  
    sleep(1);  
    printf("\nJe suis un thread\n");  
    return NULL;  
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {  
    pthread_t threadId;  
    pthread_attr_t threadAttr;  
    int statut;  
  
    statut = pthread_attr_init(&threadAttr);  
  
    statut = pthread_attr_setdetachstate(&threadAttr, PTHREAD_CREATE_DETACHED);  
  
    statut = pthread_create(&threadId, &threadAttr, routineThread, NULL);  
  
    pthread_exit(NULL); /*Le main se terminera lorsque le thread sera termine*/  
  
    return 0;  
}
```



ATTRIBUTS DES MUTEX ET DES VARIABLES DE CONDITION

Attributs des mutex

- `int pthread_mutex_init (pthread_mutex_t *mutex, pthread_mutexattr_t *attr);`
- Attr
 - Attributs du mutex
 - Plutôt que passer NULL, on passe un pointeur sur une variable de type `pthread_mutexattr_t`
- Pthreads définit les attributs suivants pour les mutex
 - `pshared`, `protocol`, `prioceiling`
 - Un système n'est pas obligé de les implémenter pour respecter la norme

Attributs des variables de condition

- `int pthread_cond_init (pthread_cond_t *cond, pthread_condattr_t *condattr);`
- `condattr`
 - Attributs de la variable de condition
 - Plutôt que passer NULL, on passe un pointeur sur une variable de type `pthread_condattr_t`
- Pthreads définit l'attribut suivant pour les variables de condition
 - `pshared`
 - Un système n'est pas obligé de l'implémenter



ANNULATION DES THREADS

Annulation d'un thread

- La plupart du temps
 - Chaque thread s'exécute de façon indépendante
 - Effectue son travail
 - Se termine par lui-même
- Dans certains cas, un thread n'a pas besoin de terminer son travail
 - Exemple : bouton « annuler » pour une recherche
- L'annulation (cancellation) permet de « proposer » à un thread à se terminer
- Utiliser avec précaution
 - Annuler un thread entre le verrou et la libération d'un mutex ?
 - Annuler un thread alors qu'il est en train de briser un invariant du programme ?
- Pthreads permet à chaque thread de contrôler sa propre terminaison
 - Libération du mutex ou restauration de l'invariant avant de se terminer

Pthreads supporte 3 modes d'annulation

Mode	Etat de l'annulation	Type	Signification
Off	Non permis (disabled)	Peut être deferred ou asynchronous	L'annulation est ignorée jusqu'à ce qu'elle soit permise à nouveau
Retardé	Permis (enabled)	deferred	L'annulation se produira au prochain <i>point d'annulation</i>
Asynchrone	Permis (enabled)	asynchronous	L'annulation peut se produire n'importe quand

- Par défaut : Retardé

Annulation retardée

- Peut se produire seulement à des endroits spécifiques du programme
 - Points d'annulation (cancellation points)
- Certaines fonctions sont automatiquement des points d'annulation
 - `condwait`, lecture/écriture d'un fichier, etc...
- On peut spécifier un point d'annulation spécifique dans un programme
 - *`pthread_testcancel`*

Annuler un thread

- Un thread peut annuler un autre thread
 - `pthread_cancel(pthread_t thread);`
- L'annulation est asynchrone
 - Le retour de *pthread_cancel* ne signifie pas que le thread cible a effectivement été annulé
 - Le thread cible peut avoir seulement été « averti » qu'une annulation sur celui-ci est en attente
 - Il peut se terminer ou prendre le temps de "nettoyer avant", mais pas éviter l'annulation (sauf mode OFF)
 - Pour savoir si le thread est annulé → *pthread_join*

Annuler un thread

```
int compteur ;
```

```
void *routineThread(void * arg) {  
    /*tourne indéfiniment ou jusqu'a cancellation*/  
    for (compteur = 0; ; compteur++)  
        if ((compteur % 1000) == 0) {  
            printf("annulation du thread\n");  
            pthread_testcancel(); /*si en commentaire, ne sera jamais annule*/  
            /*L'annulation effective est equivalente a pthread_exit(PTHREAD_CANCELED) */  
        }  
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {  
    pthread_t threadId;  
    void *result;  
    int statut;  
    statut = pthread_create(&threadId, NULL, routineThread, NULL);  
    sleep(1);  
    statut = pthread_cancel(threadId);  
    statut = pthread_join(threadId, &result);  
    if (result == PTHREAD_CANCELED)  
        printf("Le thread a ete annule a l'iteration %d\n", compteur);  
    else  
        printf("Le thread n'a pas ete annule\n");  
    return 0;  
}
```


Annuler un thread

Modifier le type d'annulation

- `int pthread_setcanceltype (int type, int *ancienType);`
- Annulation retardée
 - `PTHREAD_CANCEL_DEFERRED`
- Annulation asynchrone
 - `PTHREAD_CANCEL_ASYNCCHRONOUS`
 - Très risqué et délicat, à éviter si possible

Modifier l'état de l'annulation

- `int pthread_setcancelstate (int etat, int *ancienEtat);`
- Permettre l'annulation
 - `PTHREAD_CANCEL_ENABLE`
 - Défaut
- Empêcher l'annulation (jusqu'à ce que l'état soit remis à `PTHREAD_CANCEL_ENABLE`)
 - `PTHREAD_CANCEL_DISABLE`

Empêcher l'annulation

```
int compteur ;
```

```
void *routineThread(void * arg) {
    int etat;
    int statut;

    /*tourne indéfiniment ou jusqu'a cancellation*/
    for (compteur = 0; ; compteur++) {

        if ((compteur % 755 == 0)) {
            /*Si on ne change pas l'etat, le cancel sera fait au sleep a l'iteration 755*/
            /*Si on change l'etat, le thread evitera l'annulation a l'iteration 755*/
            /*et sera annule a l'iteration 1000*/
            statut = pthread_setcancelstate(PTHREAD_CANCEL_DISABLE, &etat);
            sleep(1);
            statut = pthread_setcancelstate(etat, &etat);
        }
        else if ((compteur % 1000) == 0) {
            printf("annulation du thread\n");
            pthread_testcancel(); /*si en commentaire, ne sera jamais annule*/
        }
    }
}
```

Nettoyage à l'annulation

- Si une section de code nécessite de ramener un état « correct » avant l'annulation du thread
 - Libération de mutex verrouillés
 - Restauration d'un invariant
 - Libération de mémoire allouée dynamiquement
- ... il doit utiliser une procédure de nettoyage (*Cleanup handlers*)
 - `cleanup_push` et `cleanup_pop`
- Quand un thread est annulé, pthreads dépile et appelle chaque cleanup handler

- Empilage

- `void pthread_cleanup_push (void (*routine) (void *), void *arg);`

- Dépilage

- `void pthread_cleanup_pop (int execute);`

```
pthread_cleanup_push(pthread_mutex_unlock, (void *) &mutex);
pthread_mutex_lock(&mutex);
/* Traitements... */
pthread_mutex_unlock(&mutex);
pthread_cleanup_pop(0);
```

- (ici le thread doit être en mode d'annulation retardé, ex. : `cancel` entre `push` et `lock`)



PROGRAMMATION MULTI-THREAD ENCORE PLUS AVANCÉE

Programmation pthreads

- Ce que nous avons vu est suffisant pour beaucoup de programmes
- Pthread offre d'autres fonctionnalités répondant à des besoins plus spécifiques
 - Gestion de données statiques spécifiques aux threads
 - Gestion des priorités des threads
 - Ordonnancement des threads en temps réel
 - Gestion threads/processus

Pour finir : quelques conseils pour éviter le débogage

- Attention aux habitudes et idées reçues
 - Ce qui est acceptable et même requis en programmation séquentielle traditionnelle ne l'est pas nécessairement en multi-thread
- N'oubliez pas les règles de visibilité de la mémoire !
- Un problème peut ne pas survenir sur une machine possédant un seul processeur
 - ... et apparaître sur un multiprocesseur
- Ne pariez pas sur une course de threads
 - À n'importe quel endroit du code, un thread peut s'endormir pour une période indéterminée
 - Il n'existe pas d'ordre entre les threads à moins que vous ne spécifiez un ordre
 - Les threads vont s'exécuter de la façon la plus diabolique possible
- Un programme « correct » n'est pas nécessairement un programme performant
 - Et vice-versa

Pour en savoir plus

- Référence
 - David R. Butenhof, « Programming with POSIX threads »
- Beaucoup de références sur internet (attention aux sources)
 - <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
 - <http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/7908799/xsh/pthread.h.html>
 - ...



PROCHAIN COURS

INTRODUCTION À LA PROGRAMMATION
MULTI-THREADÉE AVEC JAVA