HMIN101M TD-TP
Processus multitâches ou *multi-threads* et synchronisation

1 Introduction

Ce TD étudie le fonctionnement des processus multi-tâches et la synchronisation entre activités parallèles d'un même processus. On retrouve souvent ce fonctionnement dans la littérature sous le vocabulaire *multi-threads*. Les exercices suivants ont pour objectif d'apprendre à utiliser les outils vus en cours pour résoudre des problèmes différents.

1.1 La base : Parallélisme de tâches

1. Proposer une solution permettant de montrer (voir à l'écran) qu'un processus peut lancer plusieurs tâches (*threads)* en parallèle et que ces tâches se déroulent bien en parallèle.
2. Que se passe-t-il si la tâche principale se termine sans attendre la fin des autres tâches ?
3. Que se passe-t-il si une des tâches fait un appel à `exit()` ?
4. Proposer un schéma algorithmique ainsi que son implémentation permettant de constater que lorsqu'un processus crée un objet en mémoire (à vous de voir où exactement) puis génère plusieurs tâches, toutes les tâches ont accès à ce même objet. Pour mémoire, ceci permettra de constater que ce fonctionnement est opposé à celui des processus enfants d'un même parent.

2 Exercice : produit scalaire multi-threads

On souhaite réaliser le produit scalaire (somme de produits) de deux vecteurs en parallèle (à l'aide de plusieurs threads). On suppose que si les vecteurs sont de dimension N, il y aura N threads dédiés aux multiplications et un thread dédié à la somme.

Dans la solution demandée :
- l'initialisation des deux vecteurs est à faire par le thread principal ;
- les données nécessaires au calcul des threads sont à passer en paramètre ;
- une fois les multiplications terminées, le thread d'addition pourra commencer son calcul ;
- le résultat final est à afficher par le thread principal.

1. Proposer et implémenter un premier schéma algorithmique, en supposant que le thread d'addition est le thread principal.
2. Proposer et implémenter un deuxième schéma algorithmique, en supposant cette fois, que le thread d'addition est un thread secondaire (en plus des threads de multiplication). Ce thread n'aura pas connaissance des identifiants des autres threads (il ne pourra pas attendre la fin de leur exécution).

   On suppose maintenant que la somme n'est plus effectuée par un thread séparé mais que chaque thread de multiplication ajoute son résultat à une somme globale :
3. Proposer et implémenter un schéma algorithmique respectant cette spécification.

3 Rendez-Vous

Dans un problème classique de rendez-vous entre tâches, chaque tâche lancée effectue un travail puis se synchronise (donc attend celles qui ne sont pas encore arrivées au rendez-vous) avant de continuer.

1. Peut-on résoudre simplement le problème du rendez-vous entre tâches avec seulement des outils simples d'attente de fin de tâche et les verrous ?
2. Proposer une solution pour ce problème et pour n tâches, utilisant une variable conditionnelle et écrire le schéma algorithmique correspondant.
3. Implémenter votre solution.

4 Traitement synchronisé

On envisage un traitement parallèle d'une image par plusieurs activités d'un même processus, chacune ayant un rôle déterminé. Plus précisément, il s'agit d'effectuer une suite ordonnée de traitements d'image, chaque traitement est implémenté par une activité et chaque activité peut travailler sur un sous ensemble de points (pixels) de l'image, appelée *zone*, en parallèle avec un autre traitement.

En supposant que l'image est une suite de *zones* ordonnées, les traitements doivent se faire :
- avec garantie d'exclusivité : une activité ne doit pas accéder à une zone en cours de traitement par une autre activité,
- en respectant un ordre bien déterminé entre les activités : sur toute zone, l'activité T_1 doit passer en premier, puis T_2 etc.

On se limite d'abord à deux activités.

1. Proposer une solution permettant un fonctionnement correct pour deux activités (et sans variables conditionnelles).

   On passe maintenant à trois activités (et plus) et on suppose que chaque activité traite les zones dans leur ordre successif (1, 2, 3, ...). Considérons la solution suivante :
   À chaque activité T_i est associée une donnée **commune** d_i, telle que d_i contient le numéro de zone en cours de traitement par T_i. T_{i+1} peut savoir, en consultant d_i si elle peut traiter la zone à laquelle elle veut passer.
   Exemple : si l'activité T_2 est en train de traiter la zone Z_5, d_2 contient la valeur 5, positionnée par T_2 avant de commencer le traitement de Z_5. T_3 ne pourra travailler sur Z_5 que lorsque d_2 sera positionnée à > 5.
   Conséquence : il y a un « espace commun » à toutes les activités (tableau commun $d[n]$), contenant autant d'éléments que d'activités traitant l'image. Chaque activité peut consulter ces données mais ne peut modifier que la donnée correspondant à son rang (chaque T_k peut modifier seulement d_k).
2. On n'utilise qu'un seul verrou, protégeant l'accès au tableau. Écrire le schéma algorithmique d'une activité. Montrer que cette solution fonctionne correctement (répond à la contrainte d'exclusivité et d'ordre). Cette solution est-elle efficace ?
3. Si ce n'est pas déjà fait, préciser comment se passe le démarrage et la fin, en indiquant aussi ce que fait le thread principal.
4. On souhaite améliorer le fonctionnement en le rendant plus efficace, par l'utilisation d'une ou de plusieurs variables conditionnelles. Proposer une solution. Montrer en quoi elle est plus efficace.
5. Implémenter progressivement vos solutions, en simulant un temps de travail aléatoire pour chaque activité travaillant sur l'image.