

## OpenMP

### ■ ■ ■ Compilation avec OpenMP

Pour pouvoir utiliser OpenMP, il est nécessaire de :

- ◇ inclure le fichier d'en-tête « omp.h » :

```
1 #include <omp.h>
```

- ◇ compiler avec l'option « -fopenmp » :

```
$ gcc -Wall -fopenmp -o Mon_prog mon_source.c
```

- ◇ Pour mesurer le temps d'exécution :

```
1 double temps_initial = omp_get_wtime();
2 /* Travail */
3 printf("Temps pris :%f\n", omp_get_wtime() - temps_initial);
```

### ■ ■ ■ Créations de threads multi-cœur

Dans les exercices suivants, vous pourrez fixer le nombre de threads au-delà du nombre réel de cœurs disponibles dans votre ordinateur à l'aide de la commande :

```
$ export OMP_NUM_THREADS=8
```

Tapez le programme suivant :

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

#define OCCUPATION 1

int main()
{
    int i = -1;

    #pragma omp parallel
    {
        int j;
        i = omp_get_thread_num();
        for(j=0; j<OCCUPATION; j++);
        printf("La valeur parallele est %d\n", i);
    }
    printf("La valeur sequentielle est %d\n", i);
}
```

- 1 – a. compilez et exécutez le programme :

```
$ ./mon_programme | sort
```

qu'est-ce vous observez ?

- b. faites varier le paramètre « OCCUPATION » à la valeur 10, 100, 1000, 10000, 100000...  
Qu'est-ce que vous observez ?
- c. Comment « corriger » le problème ?

## 2 – Tapez le programme suivant :

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

int i;
#pragma omp threadprivate(i)

int main()
{
    i = -1;
    #pragma omp parallel
    {
        printf("La valeur parallele est %d\n", i);
    }
    printf("La valeur sequentielle est %d\n", i);
}
```

a. Qu'est-ce que vous observez à l'exécution ?

b. Modifiez votre code en ajoutant la clause « copyin » : `#pragma omp parallel copyin(i)`  
Qu'est-ce que vous observez ?

Essayez maintenant le code suivant :

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

int main()
{
    int i = -1;
    #pragma omp parallel private(i)
    {
        printf("La valeur parallele est %d\n", i);
    }
    printf("La valeur sequentielle est %d\n", i);
}
```

Qu'elles sont les différences ?

## 3 – Tapez le programme suivant :

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

int i;
#pragma omp threadprivate(i)

int main()
{
    i = -1;
    #pragma omp parallel
    {
        #pragma omp single copyprivate(i)
        {
            i = 2;
        }
        printf("La valeur parallele est %d\n", i);
    }
    printf("La valeur sequentielle est %d\n", i);
}
```

Décrivez le fonctionnement de ce programme et ce que font les threads.

## ■ ■ ■ Barrière de synchronisation

4 – Tapez le code suivant :

```
#include <omp.h>
#include <stdio.h>
int main()
{
    #pragma omp parallel
    {
        #pragma omp master
        {
            printf( "thread master\n" );
        }
        #pragma omp barrier
        #pragma omp single
        {
            printf( "Thread single\n" );
        }
    }
}
```

Qu'est-ce que vous observez en testant le code précédent et en faisant varier le nombre de threads (vous pourriez également afficher le numéro de la thread) ?

## ■ ■ ■ Parallélisme de boucle

5 – On considère un tableau de  $n$  cases contenant chacune une valeur aléatoire :

- Écrire un programme C qui lit la taille du tableau sur la ligne de commande, le crée et le remplit de valeurs aléatoires.
- Écrire une méthode `carre(...)` prenant le tableau en paramètre et élevant la valeur de chacune des cases au carré.
- Modifiez ce programme pour que les boucles « for » soient parallélisées par OpenMP.
- Faites afficher par votre programme le nombre de *threads* qui sont créés par OpenMP. Que remarquez vous ?
- Modifiez votre programme pour fixer le nombre de *threads* de la boucle for à 1, 5 puis 10. Dans chaque cas, mesurez le temps pris par votre programme, que constatez vous ?
- Cherchez comment à l'aide de la variable `OMP_NUM_THREADS` il est possible de modifier le nombre de threads sans modifier votre code.

6 – On veut profiter de la boucle de la méthode `carre()` pour faire la somme de tous les éléments du tableau.

- Dans la méthode `carre(...)` précédente, déclarez une variable `int total` avant la boucle « for » et utilisez la pour faire la somme de toutes les cases du tableau dans la boucle. Que vaut `total` en sortie de boucle? pourquoi ?
- Indiquez maintenant que `total` est une variable privée. Que vaut-elle en sortie de boucle? pourquoi ?
- À l'aide d'une section critique, implémentez correctement la somme des éléments. Que constatez vous en terme de performances?
- À l'aide d'une opération atomique, modifiez votre implémentation. Que constatez vous par rapport à la version précédente ?
- Utilisez la « clause de réduction » pour arriver au même résultat et discutez les mérites de cette solution comparée à la précédente.

7 – Soit le programme suivant :

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

omp_lock_t lock;

double calcul( double* array, int length )
{
    double total = 0.0;
    #pragma omp parallel for
    for ( int i=0; i<length; i++ )
    {
        omp_set_lock( &lock );
        total += array[i];
        omp_unset_lock( &lock );
    }
    return total;
}

int main()
{
    double array[1024];
    omp_init_lock( &lock );
    calcul( array, 1024 );
    omp_destroy_lock( &lock );
}
```

Comprenez le résultat au travail précédent.

### ■ ■ ■ Parallélisme de blocs

8 – Programmez une version OpenMP de l'algorithme QuickSort, dont la version séquentielle est donnée sur <http://p-fb.net/>.

```
❏ — xterm —
./quicksort 5000000 100
```

9 – Parallélisation du tri-fusion :

- a. Écrivez une version C « mono-thread » du tri fusion ;
- b. Parallélisez cette version de de telle sorte que :
  - ◇ le tableau initial est divisé en 2 sous tableaux ;
  - ◇ ces 2 sous tableaux sont triés en parallèle ;
  - ◇ le résultat est fusionné pour donner le tableau final.