Faculté des Sciences & Techniques — Université de Limoges

Master 1ère année

Parallélisme & Applications

Corrections TD n°2

Programmation OpenMP

1 – On a un tableau d'échantillons sur 10bits, c-à-d dont la valeur est comprise entre 0 et 1023 ($2^{10} = 1024$).

On veut en réaliser **l'histogramme**, c-à-d compter le nombre de fois où chaque valeur apparait :

- ▷ on parcourt les cases du tableau de valeurs ;
- ▷ pour chaque valeur rencontrée on augmente le nombre d'occurences associé.

tableau échantillons	3	9	0	5	4	4	5	0	6	0	4	4

occurences	3	0	0	1	4	2	1	0	0	1
valeur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

} *histogramme*

Une version **correcte** mais **peu efficace** :

```
 1 #include <omp.h>
 2 #include <stdlib.h>
 3 #include <stdio.h>
 4 #include <assert.h>
 5 #include <omp.h>
 6
 7 #define TAILLE 6*16777216
 8 #define SAMPLE 1024
 9
10 void lecture(char *nom, int *donnees)
11 {
12     FILE * descripteur = fopen(nom,"r");
13     long int i = 0;
14     for(i = 0 ;i < TAILLE; i++)
15       fread(donnees+i,sizeof(int), 1,descripteur);
16     fclose(descripteur);
17 }
18
19 int main()
20 {
21   long int i = 0;
22   int histo[SAMPLE];
23   int *data = (int*) malloc(TAILLE*sizeof(int));
24   assert(data != NULL);
25 #pragma omp parallel for
26   for(i=0; i < TAILLE; i++)
27     data[i]=0;
28 #pragma omp parallel for
29   for(i=0; i < SAMPLE; i++)
30     histo[i]=0;
31
32   lecture("data.bin", data);
33
34 #pragma omp parallel for schedule(static)
35   for(i = 0; i<TAILLE; i++)
36     #pragma omp atomic
37     histo[data[i]]++;
38
39   for(i=0; i < 30; i++)
40     printf("%d, ", histo[i]);
41 }
```

*96 Méga d'entier ⟹ 6*16 = 96Mio de mémoire utilisée*

Utilisation de l'atomic pour éviter les collisions d'accès

Une version plus performante avec utilication d'un tableau intermédiaire propre à chaque cœur :

```
1  #include <omp.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <stdio.h>
4  #include <assert.h>
5  #include <omp.h>
6
7  #define TAILLE 6*16777216
8  #define SAMPLE 1024
9    int histo[SAMPLE];
10
11 void lecture(char *nom, int *donnees)
12 {
13     FILE * descripteur = fopen(nom,"r");
14     long int i = 0;
15     for(;i < TAILLE; i++)
16       fread(donnees+i,sizeof(int), 1,descripteur);
17     fclose(descripteur);
18 }
19
20 int main()
21 {
22   long int j = 0;
23   double start = omp_get_wtime();
24
25   int *data = (int*) malloc(TAILLE*sizeof(int));
26   assert(data != NULL);
27   lecture("data.bin", data);
28
29 #pragma omp parallel shared(histo)
30   {
31     long int i = 0;
32     int histo_local[SAMPLE];
33     for(i=0; i < SAMPLE; i++)
34       histo_local[i]=0;
35 #pragma omp for
36     for(i=0; i < SAMPLE; i++)
37       histo[i]=0;
38
39 #pragma omp for schedule(static)
40     for(i = 0; i<TAILLE; i++)
41       histo_local[data[i]]++;
42
43     for(i = 0; i<SAMPLE; i++)
44 #pragma omp atomic
45       histo[i]+= histo_local[i];
46   }
47   for(j=0; j < 30; j++)
48     printf("%d, ", histo[j]);
49   printf ("Done. %f\n",omp_get_wtime()-start);
50
51 }
```

tableau local à un cœur pour éviter les accès concurrents

on protège la combinaison des différents tableaux locaux dans le tableau global

Une version avec « *réduction* » **manuelle** :

```
 1 #include <omp.h>
 2 #include <stdlib.h>
 3 #include <stdio.h>
 4 #include <assert.h>
 5 #include <omp.h>
 6
 7 #define TAILLE 6*16777216
 8 #define SAMPLE 1024
 9 #define NBCOEURS 4
10   int histo[SAMPLE];
11   int histo_coeurs[NBCOEURS][SAMPLE];
12
13 void lecture(char *nom, int *donnees)
14 {
15     FILE * descripteur = fopen(nom,"r");
16     long int i = 0;
17     for(;i < TAILLE; i++)
18       fread(donnees+i,sizeof(int), 1,descripteur);
19     fclose(descripteur);
20 }
21
22 int main()
23 {
24   long int j = 0;
25   int *data = (int*) malloc(TAILLE*sizeof(int));
26   assert(data != NULL);
27
28   lecture("data.bin", data);
29
30 #pragma omp parallel shared(histo)
31   {
32   long int i = 0;
33   long int k = 0;
34   int histo_local[SAMPLE];
35   int tid = omp_get_thread_num();
36   assert(omp_get_num_threads() == 4);
37   for(i=0; i < SAMPLE; i++)
38       histo_local[i]=0;
39
40 #pragma omp for
41     for(i=0; i < SAMPLE; i++)
42       histo[i]=0;
43
44 #pragma omp for schedule(static)
45     for(i = 0; i<TAILLE; i++)
46       histo_local[data[i]]++;
47
48     for(i = 0; i<SAMPLE; i++)
49       histo_coeurs[tid][i] = histo_local[i];
50
51 #pragma omp barrier
52
53 #pragma omp for schedule(static) private(i,k)
54     for(i = 0; i<SAMPLE; i++)
55       for(k = 0; k<NBCOEURS; k++)
56       histo[i]
57             += histo_coeurs[k][i];
58   }
59   for(j=0; j < 30; j++)
60     printf("%d, ", histo[j]);
61 }
```

tableau à deux dimensions : chaque ligne correspond à l'histogramme d'un

il faut que tous les histogrammes locaux soient finis d'être calculés

pour chaque valeur d'échantillons

❶

❶⇒la « *réduction manuelle* » calcule la somme des valeurs de chaque cœur par colonne, c-à-d toutes les occurences de la même valeur d'échantillon pour chaque cœur.

Une version alternative de la version avec **réduction** réalisée par openMP :

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

#define TAILLE 6*16777216
#define SAMPLE 1024
#define NBCOEURS 4
  int histo[SAMPLE];
  int histo_coeurs[NBCOEURS][SAMPLE];

void lecture(char *nom, int *donnees)
{
    FILE * descripteur = fopen(nom,"r");
    long int i = 0;
    for(;i < TAILLE; i++)
      fread(donnees+i,sizeof(int), 1,descripteur);
    fclose(descripteur);
}

int main()
{
  long int j = 0;
  int *data = (int*) malloc(TAILLE*sizeof(int));
  assert(data != NULL);

  lecture("data.bin", data);

#pragma omp parallel shared(histo)
  {
  int histo_local[SAMPLE];
  int tid = omp_get_thread_num();
  assert(omp_get_num_threads() == 4);
  for(int i=0; i < SAMPLE; i++)
      histo_local[i]=0;

#pragma omp for
    for(int i=0; i < SAMPLE; i++)
      histo[i]=0;

#pragma omp for schedule(static)
    for(int i = 0; i<TAILLE; i++)
      histo_local[data[i]]++;

    for(int i = 0; i<SAMPLE; i++)
      histo_coeurs[tid][i] = histo_local[i];
  }
  for(int i = 0; i<SAMPLE; i++)
#pragma omp parallel for schedule(static) reduction(+:histo[i])
    for(int k = 0; k<NBCOEURS; k++)
      histo[i] += histo_coeurs[k][i];
  for(j=0; j < 30; j++)
    printf("%d, ", histo[j]);
}
```

fin de la région parallèle avec « barrier » implicite

La réduction est réalisée dans une région parallèle combinée avec le work-sharing for

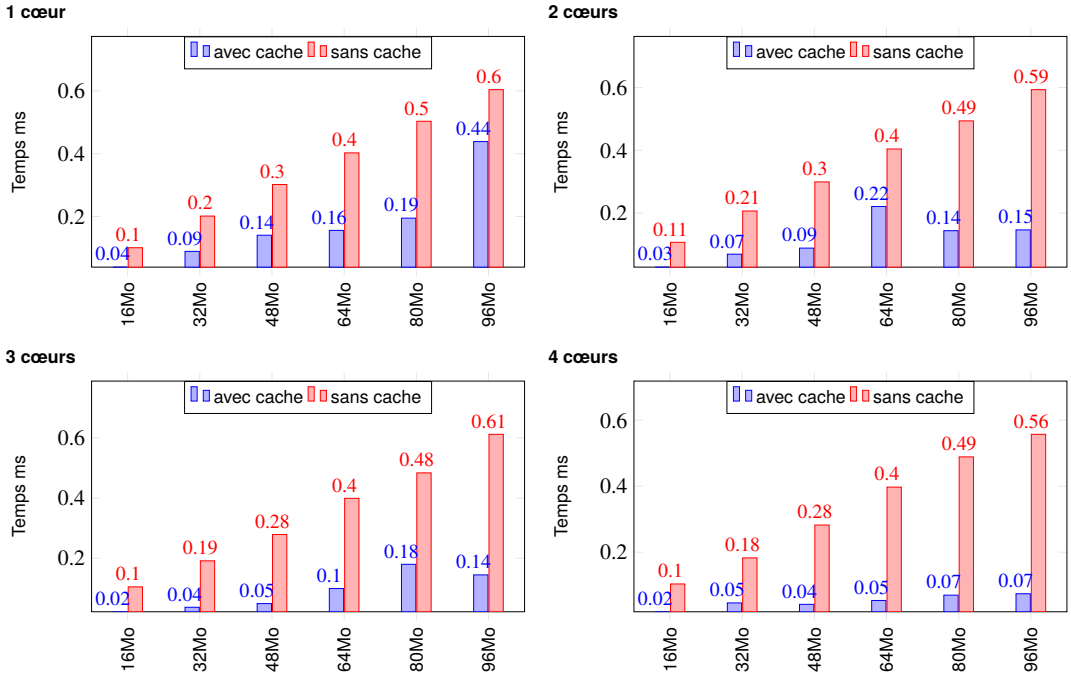
La réduction se réalisant sur le nombre de cœurs, le gain obtenu est petit.

Comparaison de :

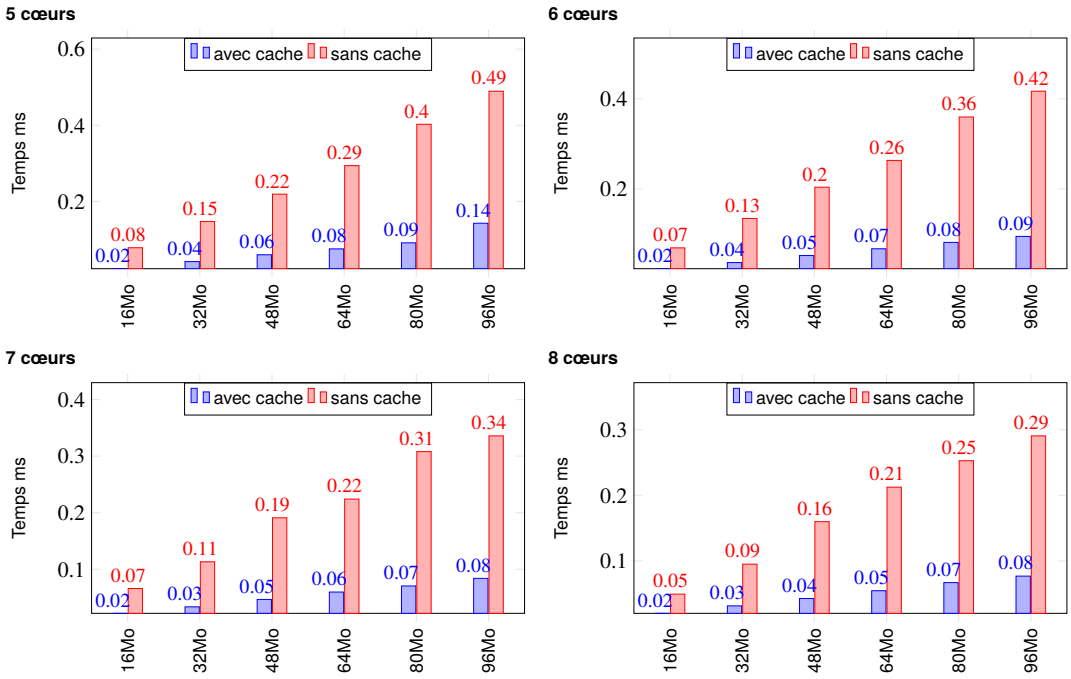
▷ la méthode avec « *omp atomic* » appelée « *sans cache* » ;

▷ la méthode « *avec histogramme local* » appelée « *avec cache* » :

OpenMP : Calcul histogramme



OpenMP : Calcul histogramme



On fait varier :

▷ *le nombre de cœurs ;*

▷ *la taille des données manipulées (1 entier⟹4 octets).*