

PAP

# **Projet : rapport2**

4TIN804U

BERASATEGUY Tanguy, GOEDEFROIT Charles

2021-2022

## Table des matières

1	ILP optimization (4.1)	2
2	OpenMP implementation of the synchronous version (4.2)	5
3	OpenMP implementation of the asynchronous version (4.3)	7
4	Lazy OpenMP implementations (4.4)	9

## 1 ILP optimization (4.1)

On a fait les modifications :

Pour `ssandPile_do_tile_opt()` on a retiré les appels à `table(out, i, j)` pour passer par une variable intermédiaire `result`. Cette modification permet au compilateur de vectoriser car il peut maintenant facilement voir que les différentes lignes peuvent être calculées en parallèle.

Nous avons modifié ces lignes :

---

```
1  int ssandPile_do_tile_opt(int x, int y, int width, int height)
2  {
3      int diff = 0;
4
5      for (int i = y; i < y + height; i++)
6          for (int j = x; j < x + width; j++)
7              {
8                  - table(out, i, j) = table(in, i, j) % 4;
9                  + int result = table(in, i, j) % 4;
10                 - table(out, i, j) += table(in, i + 1, j) / 4;
11                 + result += table(in, i + 1, j) / 4;
12                 - table(out, i, j) += table(in, i - 1, j) / 4;
13                 + result += table(in, i - 1, j) / 4;
14                 - table(out, i, j) += table(in, i, j + 1) / 4;
15                 + result += table(in, i, j + 1) / 4;
16                 - table(out, i, j) += table(in, i, j - 1) / 4;
17                 + result += table(in, i, j - 1) / 4;
18                 + table(out, i, j) = result;
19                 - if (table(out, i, j) >= 4)
20                 -     diff = 1;
21                 + diff |= result >= 4;
22             }
23
24     return diff;
25 }
```

---

Le code de la fonction final :

---

```
27 int ssandPile_do_tile_opt(int x, int y, int width, int height)
28 {
29     int diff = 0;
30
31     for (int i = y; i < y + height; i++)
32         for (int j = x; j < x + width; j++)
33             {
34                 int result = table(in, i, j) % 4;
35                 result += table(in, i + 1, j) / 4;
36                 result += table(in, i - 1, j) / 4;
37                 result += table(in, i, j + 1) / 4;
38                 result += table(in, i, j - 1) / 4;
```

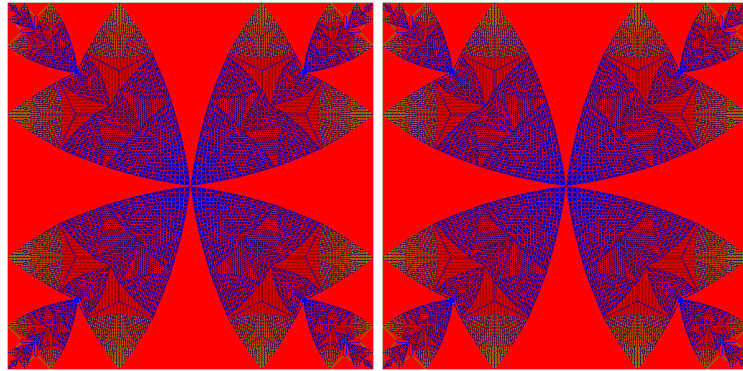
```

39     table(out, i, j) = result;
40     diff /= result >= 4;
41 }
42
43 return diff;
44 }

```

---

Nous avons vérifié et on obtient le même résultat et le même nombre d'itérations (69190) avec la version par défaut et la version opt.



(a) avec do\_tile\_default

(b) avec do\_tile\_opt

FIGURE 1 – Verification du résultats pour ssandPile

Le gain de performance est de 2.37 car  $\frac{178812}{75408}$

Pour asandPile\_do\_tile\_opt() on a retiré les appels à atable(i, j) pour passer par une variable intermédiaire result. Cette modification permet au compilateur de vectoriser car il peut maintenant facilement voir que les différentes lignes peuvent être calculés en parallèle.

Nous avons modifié ces lignes :

---

```

1  int asandPile_do_tile_default(int x, int y, int width, int height)
2  {
3      int change = 0;
4
5      for (int i = y; i < y + height; i++)
6          for (int j = x; j < x + width; j++)
7              if (atable(i, j) >= 4)
8                  int result = atable(i, j);
9                  if (result >= 4)
10                     {
11                         result/=4;
12                         atable(i, j - 1) += atable(i, j) / 4;
13                         atable(i, j + 1) += result;
14                         atable(i, j - 1) += atable(i, j) / 4;

```

```

15 +         atable(i, j + 1) += result;
16 -         atable(i - 1, j) += atable(i, j) / 4;
17 +         atable(i - 1, j) += result;
18 -         atable(i + 1, j) += atable(i, j) / 4;
19 +         atable(i + 1, j) += result;
20         atable(i, j) %= 4;
21         change = 1;
22     }
23     return change;
24 }

```

---

Le code de la fonction final :

---

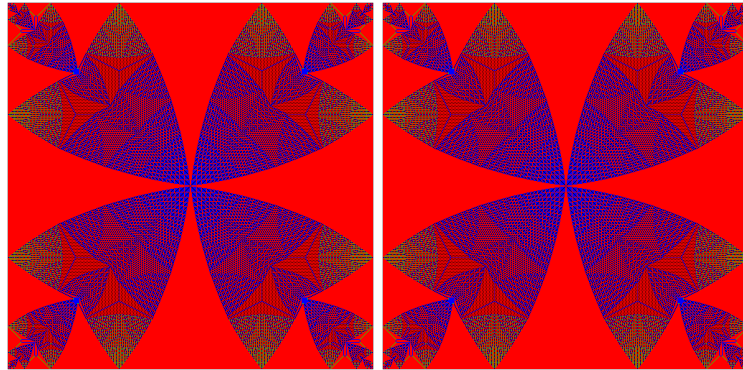
```

26 int asandPile_do_tile_opt(int x, int y, int width, int height)
27 {
28     int change = 0;
29
30     for (int i = y; i < y + height; i++)
31         for (int j = x; j < x + width; j++)
32         {
33             int result = atable(i, j);
34             if (result >= 4)
35             {
36                 result/=4;
37                 atable(i, j - 1) += result;
38                 atable(i, j + 1) += result;
39                 atable(i - 1, j) += result;
40                 atable(i + 1, j) += result;
41                 atable(i, j) %= 4;
42                 change = 1;
43             }
44         }
45     return change;
46 }

```

---

Nous avons vérifié et on obtient le même résultat et le même nombre d'itérations (34938) avec la version par défaut et la version opt.



(a) avec do\_tile\_default

(b) avec do\_tile\_opt

FIGURE 2 – Verification du résultats pour asandPile

Le gain de performance est de 1.2 car  $\frac{37990}{31405}$

## 2 OpenMP implementation of the synchronous version (4.2)

Pour *ssandPile\_compute\_omp()* on a fait en sorte de parcourir chaque grain de sable puis on a ajouté un *pragmam omp for* pour que chaque grain de sable soit calculé par un thread.

Le code de la fonction :

---

```

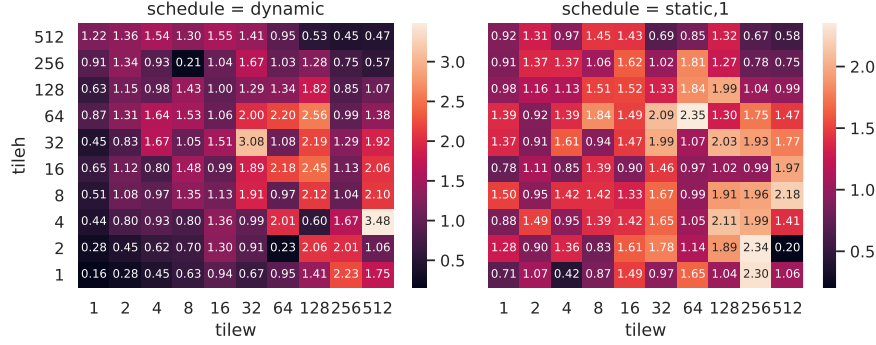
1  unsigned ssandPile_compute_omp(unsigned nb_iter)
2  {
3      for (unsigned it = 1; it <= nb_iter; it++)
4      {
5
6          int change = 0;
7          #pragma omp parallel for schedule(runtime) reduction(&change)
8              for (int y = 1; y < DIM-1; y += 1)
9                  for (int x = 1; x < DIM-1; x += 1)
10                     change |= do_tile(x, y, 1, 1, omp_get_thread_num());
11          swap_tables();
12          if (change == 0)
13              return it;
14      }
15
16      return 0;
17  }
```

---

Pour *ssandPile\_compute\_omp\_tiled()* on a dupliqué la version *tile* pour y ajouter un *pragmam omp for* avec un *collapse(2)* pour que les tuiles soient calculés par des threads.

La heatmap montre que en moyenne, le schedule static est meilleur que le dynamique, cependant on cherche à résoudre un problème précis, donc on va chercher l'accélération maximale. Ici ce sera avec des tuiles de width 512 et de height 4 en schedule dynamique.

machine=sulu size=512 threads=24 kernel=ssandPile variant=omp\_tiled tiling=default places=cores refTime=262



Pour `ssandPile_compute_omp_taskloop()` on a dupliqué la version `tile` pour y ajouter un pragam `omp single`, pour qu'un thread définisse les tâches, et un pragam `omp task` devant l'appelle de la fonction `do_tile()` pour que le calcul des tuiles se trouve dans un thread.

On voit que `taskloop` avec des tuiles de taille 64 et 32 est presque aussi bonne que `omp_tile` avec des tuiles de taille 64, 32 et 16. Et que `taskloop` n'est pas très efficace avec des tuiles de taille 8 ou 16.

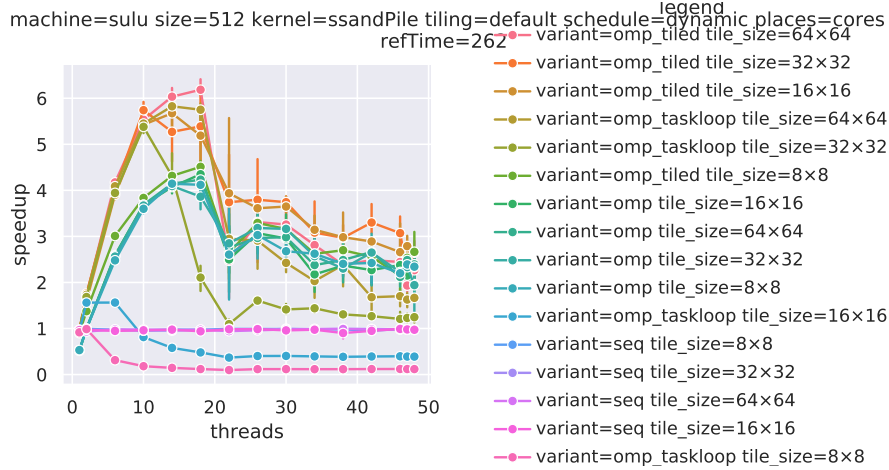


FIGURE 3 – ssandPile comparaison de taskloop avec toutes les variants

### 3 OpenMP implementation of the asynchronous version (4.3)

Pour paralléliser avec `asandPile_compute_omp_tiled`, il a fallu créer 4 nids de boucles afin d'éviter les lectures/écritures concurrentes. On a donc un nid de boucle pour les lignes et colonnes impaires, un pour les lignes impaires et colonnes paires, un pour les lignes paires et colonnes impaires, et un pour les lignes et colonnes paires.

Le code de la fonction final :

---

```
1 unsigned asandPile_compute_omp_tiled(unsigned nb_iter)
2 {
3     for (unsigned it = 1; it <= nb_iter; it++)
4     {
5         int change = 0;
6
7         //BLEU
8         #pragma omp parallel for schedule(runtime) shared(change)
9         for(int y=0; y<DIM; y+=2*TILE_H)
10        {
11            for (int x = y%(TILE_H*2); x < DIM; x += TILE_W*2)
12            {
13                int localChange =
14                    do_tile(x + (x == 0), y + (y == 0),
15                        TILE_W - ((x + TILE_W == DIM) + (x == 0)),
16                        TILE_H - ((y + TILE_H == DIM) + (y == 0)), omp_get_thread_num());
17                if (change == 0 && localChange != 0)
18                {
19                    #pragma omp critical
20                    change |= localChange;
21                }
22            }
23        }
```

---

Le nid BLEU est répété 4 fois avec des initialisations de x et y qui diffèrent



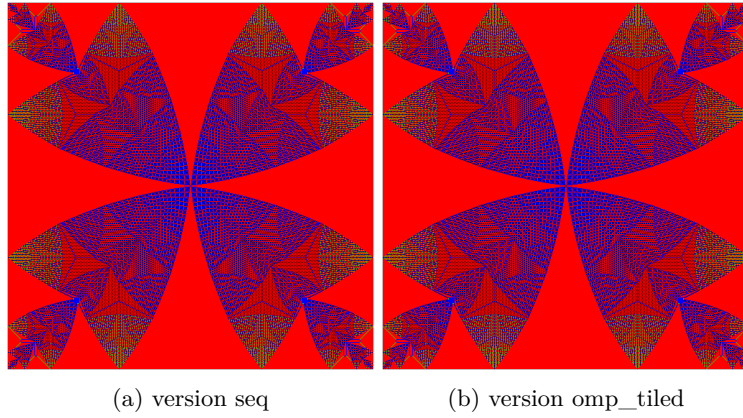


FIGURE 4 – Verification du résultats pour asandPile

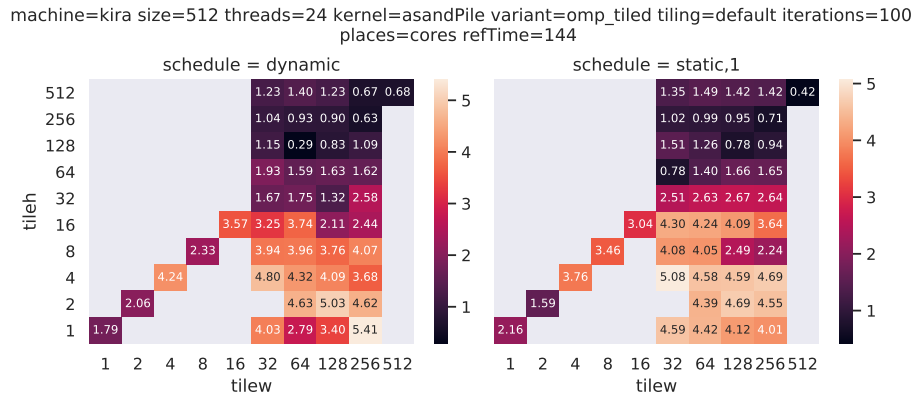
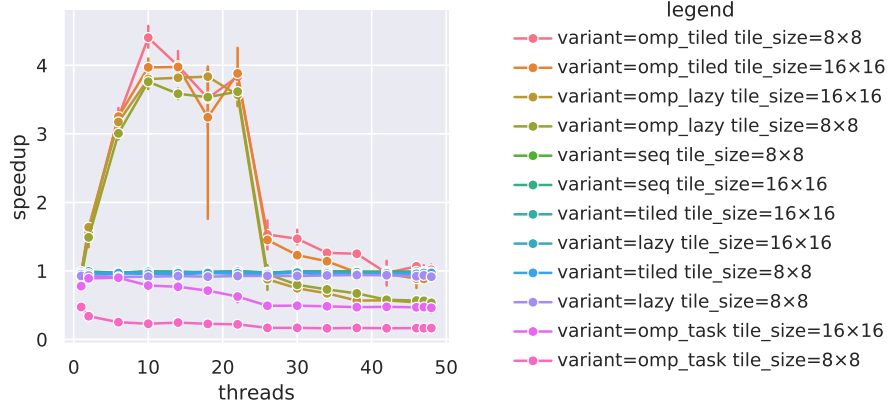


FIGURE 5 – heatmap comparaison omp\_tiled & tiled

*Les expériences montrent que pour certaines tailles de tuiles, il n'y a pas de résultat d'accélération, et après vérification, le programme ne fonctionne pas sur ces tailles là. Néanmoins, avec ces résultats, on en déduit que le schedule static,1 avec une width de 32 et une height de 4 est la meilleure option.*

machine=kira size=512 kernel=asandPile tiling=default schedule=dynamic places=cores  
refTime=143



machine=kira size=512 kernel=asandPile tiling=default schedule=dynamic places=cores  
refTime=142

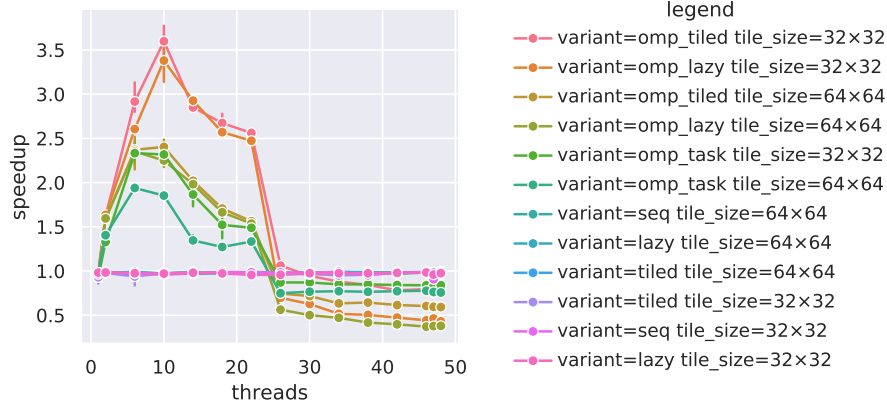
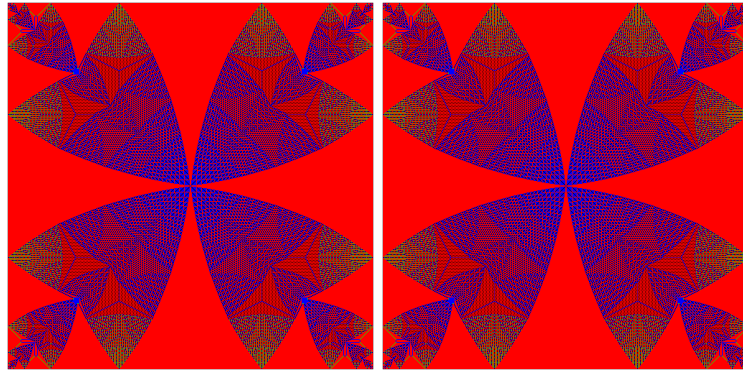


FIGURE 6 – asandPile comparaison de toutes les variants

*D'après ces schémas, l'accélération maximale est toujours donnée pour 10 threads peu importe la taille de tuile donnée (8\*8, 16\*16, 32\*32, 64\*64). On voit également une chute de performances vers 25 threads, c'est parcequ'on était sur kira qui est une machine 24 coeurs.*

## 4 Lazy OpenMP implementations (4.4)

*Pour la version asynchrone, nous avons repris la version précédente et ajouté deux tableaux servant successivement de lecture et d'écriture pour tester si les tuiles autour ont été modifiés à l'itération précédente.*



(a) avec do\_tile\_default

(b) version omp\_lazy

FIGURE 7 – Verification du résultats pour asandPile

machine=kira size=512 threads=24 kernel=asandPile variant=omp\_lazy tiling=default iterations=100  
places=cores refTime=144

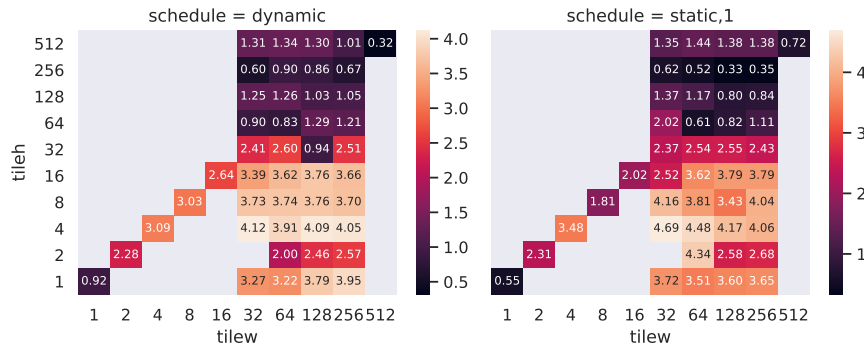


FIGURE 8 – heatmap comparaison omp\_lazy & lazy

*Les expériences montrent que pour certaines tailles de tuiles, il n'y a pas de résultat d'accélération, et après vérification, le programme ne fonctionne pas sur ces tailles là. Néanmoins, avec ces résultats, on en déduit que le schedule static,1 avec une width de 32 et une height de 4 est la meilleure option.*