Jeu de la vie

Belli Fabien – Menagé Emmanuel – Gorrieri Cyril – Lestel Guillaume

Table des matières

Principe

Le jeux de la vie fonctionne sur un grille (un plateau).

Ce jeux contient des un nombre fixé de case, chaque case est soit activée ou désactivée.

Voici par exemple une capture d'écran de la première étape du jeux de la vie :

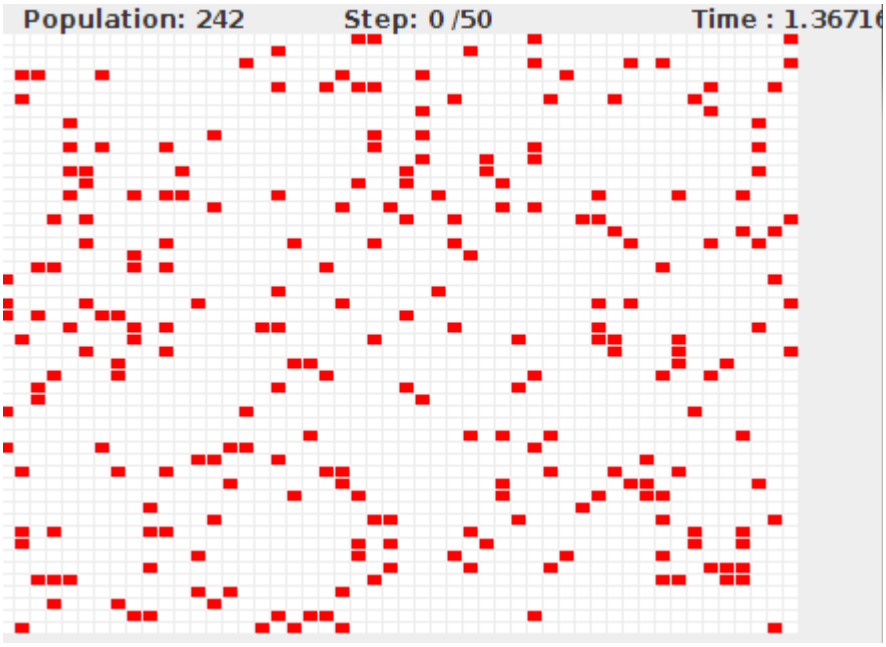


Illustration 1: Capture d'écran du jeu de la vie

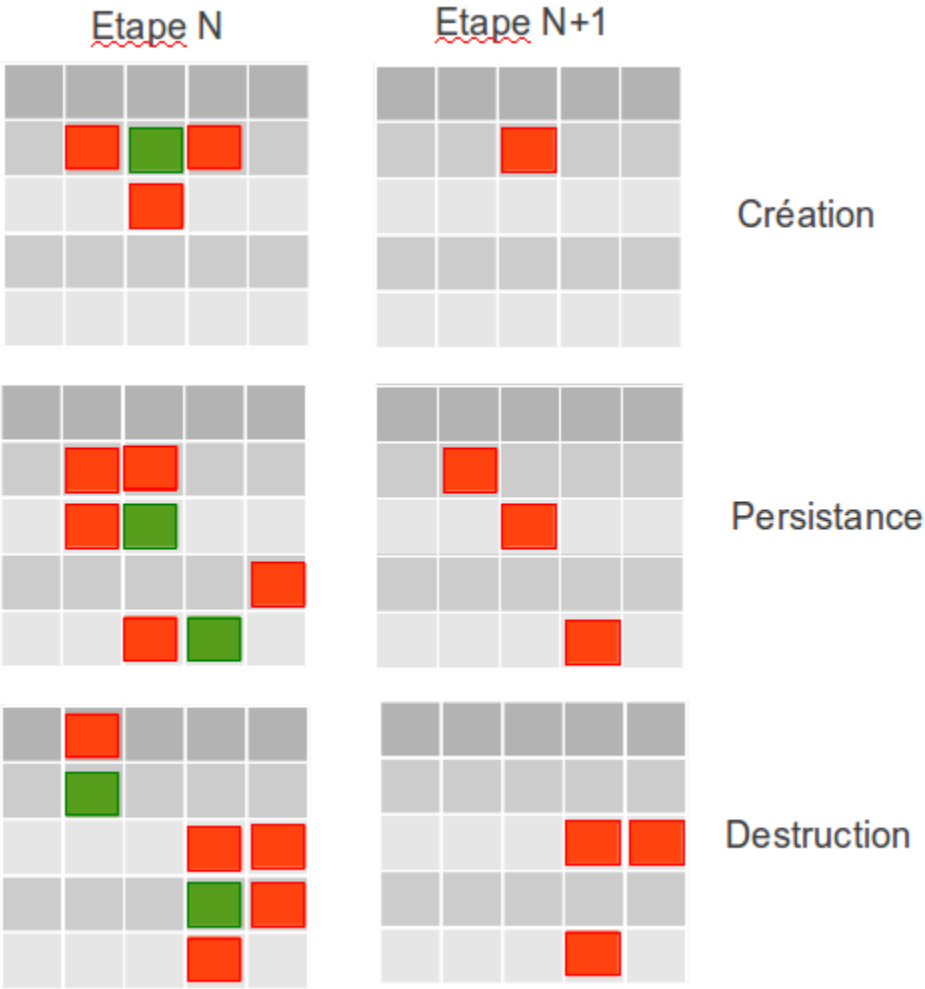
Cette grille peut être rempli au départ de manière aléatoire, ou part des cases choisis par l'utilisateur.

Le jeux n'a pas vraiment de but, mais consiste en une succession d'étape pouvant éventuellement amener à un état terminal dans lequel les cases ne bougent plus.

A chaque étape, les cases prennent une nouvelle valeur qui est calculée en fonction de ses voisins.

Si le nombre de voisin est de :

- 3 alors la cas prend vie et devient active (rouge dans la capture d'écran).
- 2 et la case été active au tour précédent, alors elle reste active au nouveau tour.
- < 2 alors la case est désactivée par famine.
- > 3 alors la case est désactivée par surpopulation.

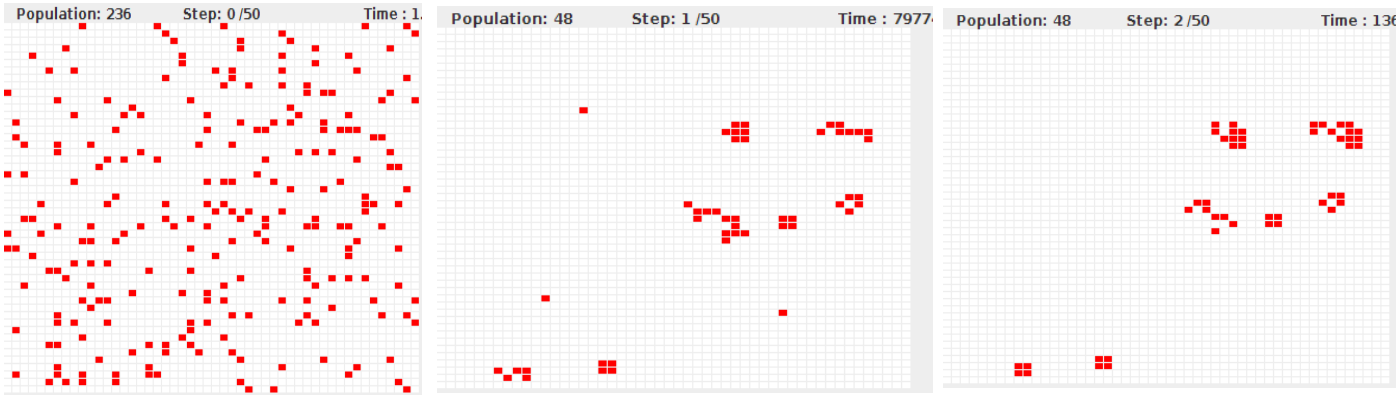


Voici la liste des voisins à vérifié pour connaître la future valeur de la case «ici».

Ainsi les valeurs de « ici » peuvent varié de 0 à 8.

1	2	3
4	ici	5
6	7	8

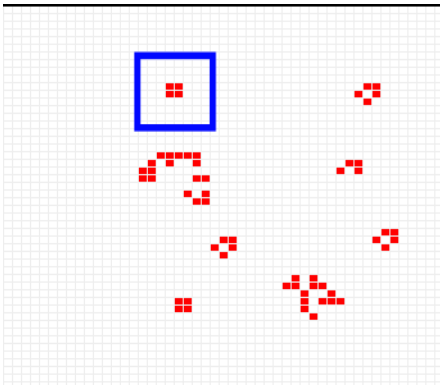
Exemple :

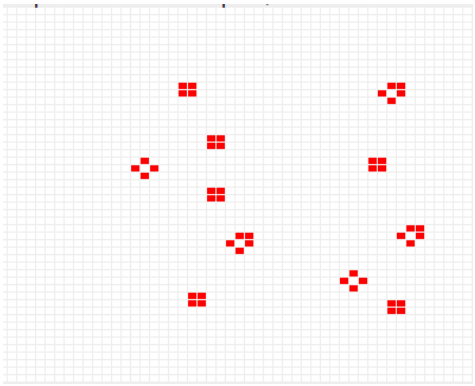


Ci dessus des captures d'écran montrant les 3 premières étapes du jeux de la vie.

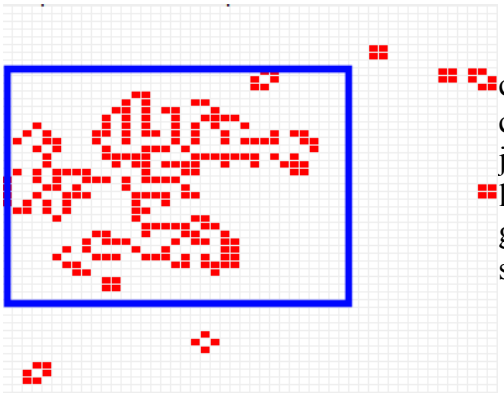
Les phénomènes intéressants

Arrêt de la génération

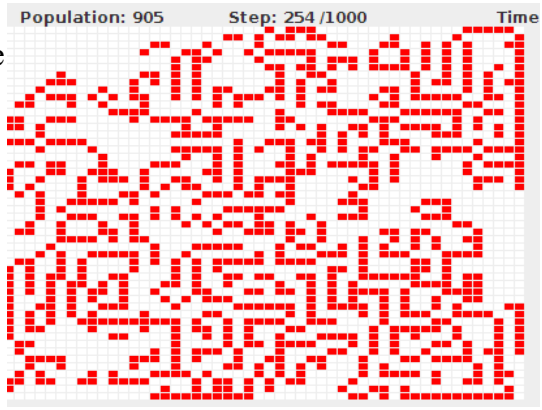




Génération infini



La partie en bleue ne cesse de grandir continuellement jusqu'à remplir l'intégralité de la grille en formant une sorte de labyrinthe.



Apparition de formes

source : http://lslwww.epfl.ch/biowall/VersionF/ApplicationsF/LifeF.html

Algorithme linéaire

Principe

Cette algorithme parcourt la grille dans son intégralité à chaque étape.

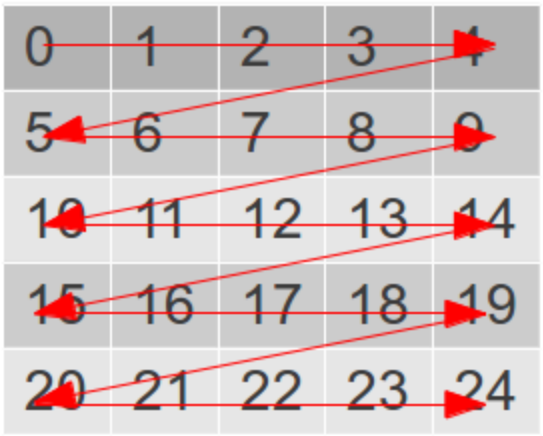
A chaque case analysée, les voisins sont comptés, puis la valeur calculé est sauvegardé dans une nouvelle grille.

Exemple :

0	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29

Ainsi le calcul pour la valeur de la case 0 nécessite de connaître les valeurs des cases 6, 7 et 1.

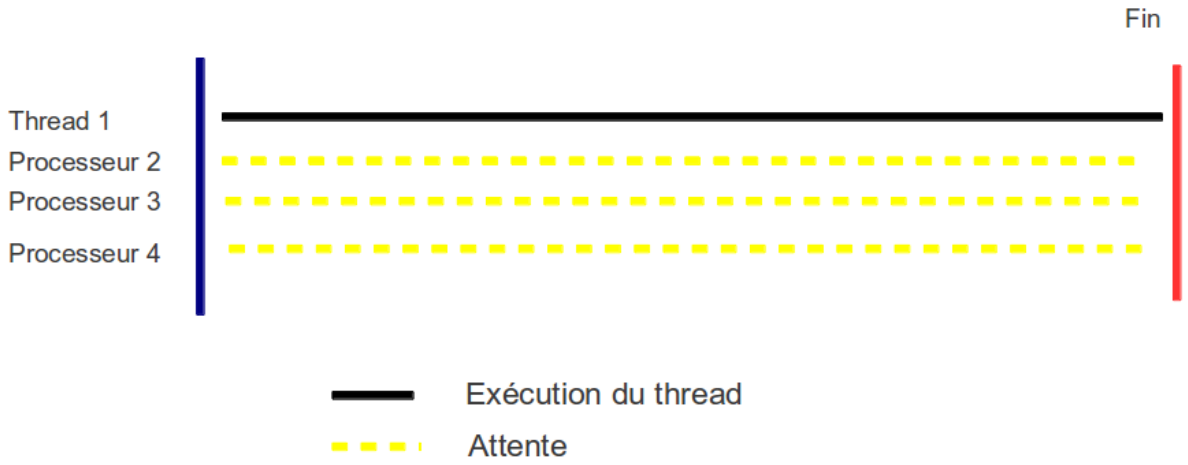
Dans cette exemple il est nécessaire de faire 30 calculs les uns a la suite des autres dans un seul thread pour chaque étape.



Le calcul des cases se fait séquentiellement.

Inconvénient

Les calculs se font séquentiellement et l'utilisation des cela crée un perte de temps car on attend d'être arrivé a la fin pour continuer.



On ne peut pas exploiter tous les processeurs de l'ordinateur.

Un seul thread sera utilisé sur un seul processeur.

Algorithmes avec threads

Un thread par case

Principe

Le but étant de faire calculé la prochaine étape de calcul d'une case par un thread.

Section critique

Il n'y a aucune section critique, en effet il n'y a pas de zone partagée. La grille qui est lue n'est pas modifiée mais une autre grille temporaire est créer, dans laquelle on insère les nouvelles données.

Fonctionnement

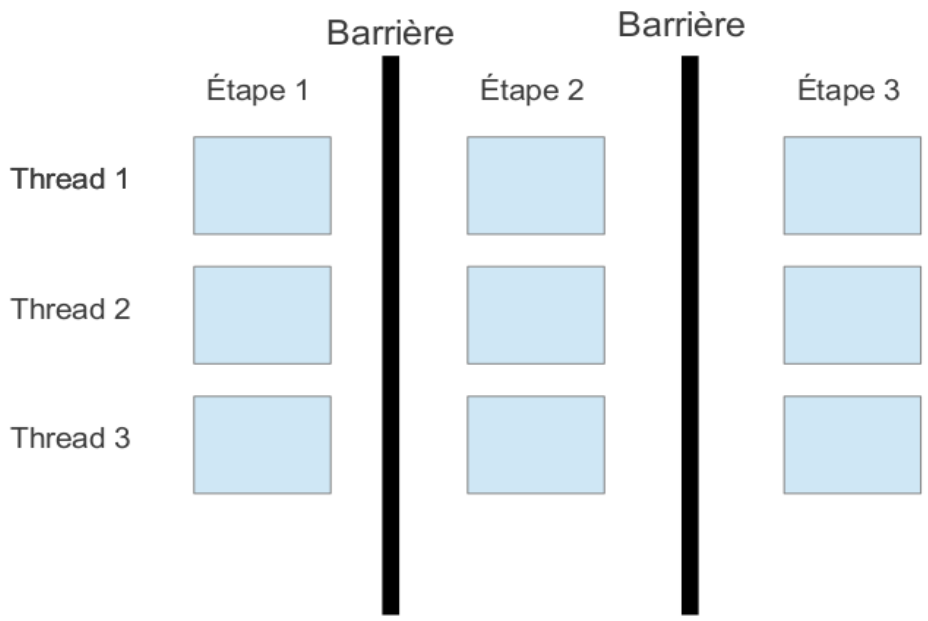
Le problème réside dans le fait que les threads doivent être synchronisés, c'est à dire qu'un thread doit être informé que les valeurs de ses voisins sont à jour et ne correspondent pas aux anciennes valeurs. En effet un thread (une case) serait capable d'être calculé jusqu'à la dernière étape alors que ses cases voisines n'y serait pas encore.

Il est donc nécessaire de « faire attendre » le thread que tous les autres aient calculés leur nouvelle valeur.

Utilisation des barrières

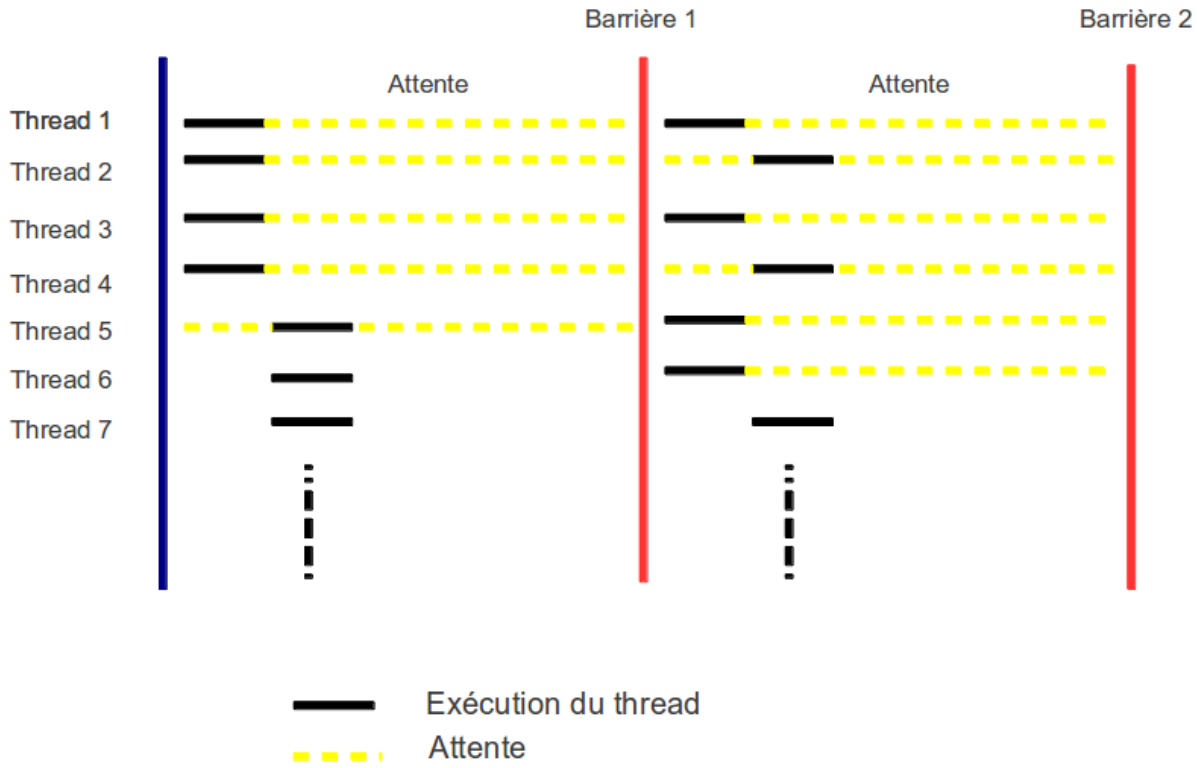
Afin d'informer les threads que tous les calculs ont été effectué, c'est à dire que toutes les cases de la grille ont été calculées, il est nécessaire d'utiliser deux compteurs. Ces deux compteurs sont initialisés à la valeur de la taille de la grille.

Le premier compteur indique que le thread peut commencer le traitement, le second indique qu'il termine le traitement. Ces compteurs forment des barrières que l'on ne peut franchir que lorsque tous les threads ont terminés leur traitement.



Représentation dans une architecture multi-processeur

Les tests ont été effectués sur une architecture 4 processeurs simulés.



Mais il est possible que celons le système d'exploitation, ce système soit tout de même simulé, on obtient alors un pseudo-parralélisme.

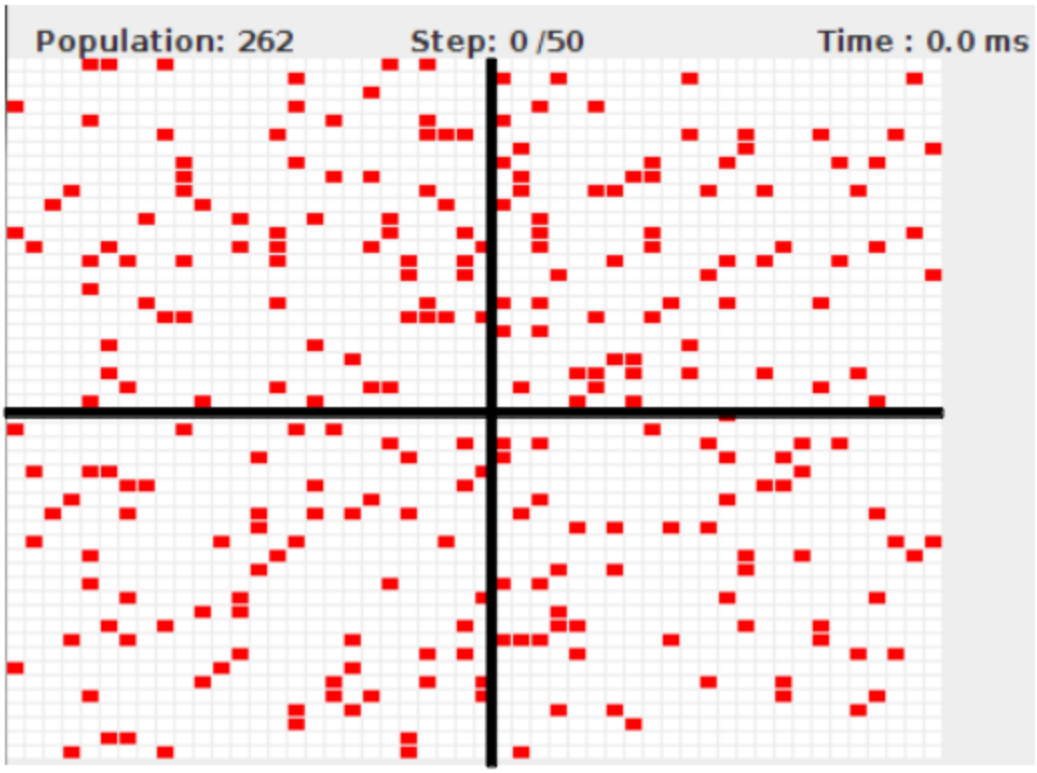
Division de la zone de jeux en 4

Algorithme

La zone de jeux est divisée en 4.

On créer 4 threads qui seront chargé de chaque partie de la zone. Tout ceci est gérer par 4 barrières, une pour chaque zone.

Cette méthode est le mélange entre un calcul séquentiel et un calcul par thread. En fait un thread fait un calcul séquentiel sur une partie de la zone de jeux.



Division de la zone de jeux en N

Il est possible de créer un nombre dynamique de thread qui s'occupera d'un section défini du code.

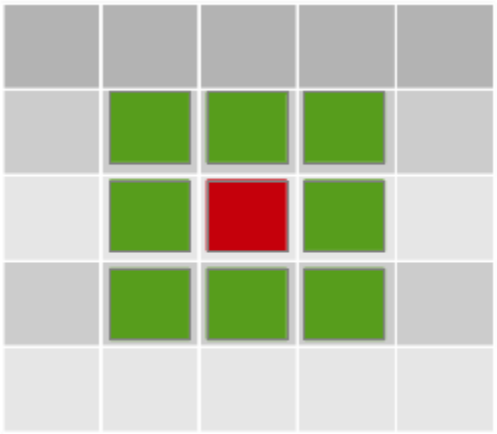
Ainsi si on décide de créer 4 threads, nous nous retrouverons alors dans le cas précédent.

Si on décide de créer autant de thread que de case, alors on se retrouve dans le cas de la barrière défini plus haut.

L'algorithme de synchronisation est celui de la barrière.

Algorithme des voisin

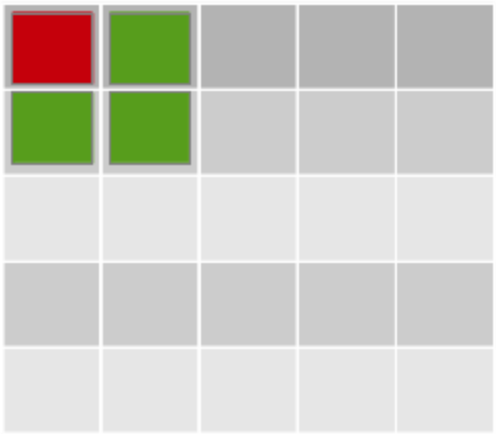
Introduction



Ceci constitue une amélioration de l'algorithme précédent, en effet, pour calculer la valeur de la case rouge , il suffit d'être sûr que les cases vertes (ses voisins), soient calculés. Chaque case est dirigé par un thread.

Ainsi à l'étape N, pour calculer l'étape N+1 de la case rouge, il faut que les valeurs des cases vertes soient connus et qu'il soit possible de dire que la valeur est valable.

Explication par l'exemple (grille 5x5)



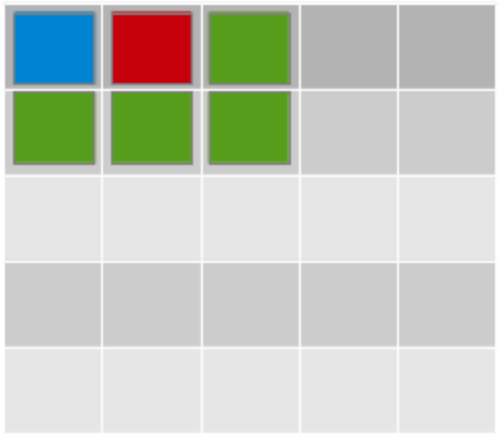
Voici la première itération, on cherche à calculer la valeur de la case rouge.

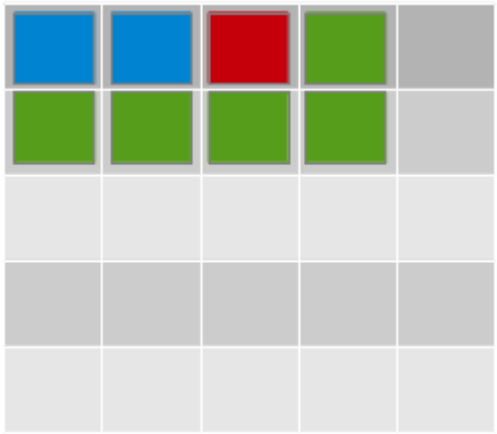
Mais pour calculer sa valeur, il faut que les valeurs des cases vertes soient connus. Pour calculer ces valeurs il faut que les valeurs de ces cases soient aussi connues.

Légende : rouge : case en cour de calcul

vert : case l'étape N à connaître

bleue : case à l'étape N+1





Algorithme producteur/consommateur

Principe

Le but étant de déléguée le calcul de chacune des cases a un thread, la processus principale se chargeras d'agréger ses valeurs pour mettre a jour la nouvelle grille.

Algorithme producteur/consommateur avec 4 threads

Principe

Utilisation de l'algorithme les producteur consommateur mais un thread ne s'occupe plus d'une case mais de plusieurs.

Remarques

Implémentations

Implémentation de la méthode itérative

Pour chaque étape, le calcul de l'état suivant se fait normalement en parcourant toutes les cases de la grille.

Voici le code de la méthode **nextStep()** :

```
 public void nextStep(){

      // Les données sont luent dans une copie de la grille
      Field tmp = new Field(currentField);

      for(int i = 0; i<tmp.getDepth(); i++){
            for(int j = 0; j<tmp.getWidth(); j++){

                  // Compte le nombre de case adjacente vraie
                  int nbadj = tmp.nbAdjacentTrue(i, j);
                  boolean isAlive;

                  if (nbadj == 3 || (nbadj == 2 && tmp.getState(i, j))){
                        isAlive = true;
                  } else {
                        isAlive = false;
                  }

                  // Positionne la case courante à la bonne valeur.
                  currentField.place(isAlive, i, j);
            }
      }
}
```

Tout se passe de manière linéaire sans concurrence.

Implémentation de la barrière pour un thread par case

Utilisation de la classe **CyclicBarrier**

```
import java.util.concurrent.CyclicBarrier;
```

Déclarations des barrières :

```
// Barrière annoncant le début du travail des trheads
final CyclicBarrier barrierStart;

// Barrière attendant la fin du travail des threads
final CyclicBarrier barrierEnd;
```

Ici il est préférable de créer deux barrière pour permettre au premier thread de commencer. Ces barrières sont **final** pour ne pas pouvoir les modifier après création.

```
barrierStart = new CyclicBarrier(rowNumber * lineNumber + 1, null);
barrierEnd = new CyclicBarrier(rowNumber * lineNumber + 1, new
Runnable()
```

Les barrières sont initialisées au nombre de case de la grille, plus un afficheur qui servira à informer la couche présentation de la modification de la grille.

Ensuite création d'un thread pour chaque case. Ces derniers ne sont pas des threads ordinaire mais des **Worker**.

```
for (int i = 0; i < currentField.getDepth(); i++) {
     for (int j = 0; j < currentField.getWidth(); j++) {
          new Thread(new Worker(i, j)).start();
     }
}
```

Voici la définition minimal de la classe **Worker :**

```
class Worker implements Runnable {
     private int i, j;
     private boolean isAlive;
}
```

Cette classe représente une case et donc un thread, chaque thread est alors caractérisé par une position dans la grille, ainsi que l'état à cette position. Cela permet d'avoir un thread contenant un minimum d'information. Ce qui les rend plus léger et un plus grand nombre peut être crée.

Maintenant que les threads sont crées, il faut calculer leur prochaine valeur, cela est fait par la méthode **nextStep()** :

```
// Calculate the next step of the simulation
public void nextStep() {
          // Bloque la barrière
          barrierStart.await();

          // Attend que le travail des workers soit fini
          barrierEnd.await();
}
```

La méthode **nextStep()** est appelée à chaque itération sur le nombre d'étape dans le main.

De ce fait les barrières sont bloquées et attendent que les **Workers** aient fini leur travail.

De leur coté les **Workers** attendent que les barrières s'ouvrent pour continuer leur travail, leur code est le suivant :

```
public void run() {
     while (true) {
               // Attend l'odre de commencer
               barrierStart.await();

               // Effecte le calcul de la prochaine étape
               doWork();

               // attent la fin de tous le threads
               barrierEnd.await();
     }
}
```

Ainsi tant que le nombre de **await()** n'est pas égale au nombre de leur initialisation, la barrière ne s'ouvre pas.

Pour ouvrir la barrière il est donc nécessaire d'effectuer :

Nombre de ligne * nombre de colonne + 1 = Nombre de case + 1

await()

Lorsque tous les **await()** sont fait, la barrière s'ouvre et le thread peut alors effectuer son **doWork()**.

Expérimentations

Méthode itérative

La méthode itérative ne semble souffrir de l'augmentation du nombre de case.

Son temps d'exécution s'accroît mais reste inférieure à 20 secondes (grille 1000x1000).

Nombre maximum de thread

Pour un ordinateur donné, et selon sont état d'exécution, il ne peut créer qu'un nombre limité de thread.

Test 1

Création de 10 000 thread, ce qui représente une grille de 100x100.

La création des threads prend 19 secondes, mais la grille s'affiche finalement.

L'exécution prendra en moyenne 60 secondes pour 100 étapes.

Test 2

Essayons d'en créer 40 000.

Un erreur apparaît :

```
unable to create new native thread
```

Détail de l'erreur :

```
Exception in thread "AWT-EventQueue-0" java.lang.OutOfMemoryError:
unable to create new native thread
     at java.lang.Thread.start0(Native Method)
     at java.lang.Thread.start(Thread.java:640)
     at java.awt.EventQueue.initDispatchThread(EventQueue.java:878)
     at
java.awt.EventDispatchThread.run(EventDispatchThread.java:153)
```

On remarque qu'au maximum on peut en créer **33 050**, visualisé grâce a un compteur.

Résultats graphiques

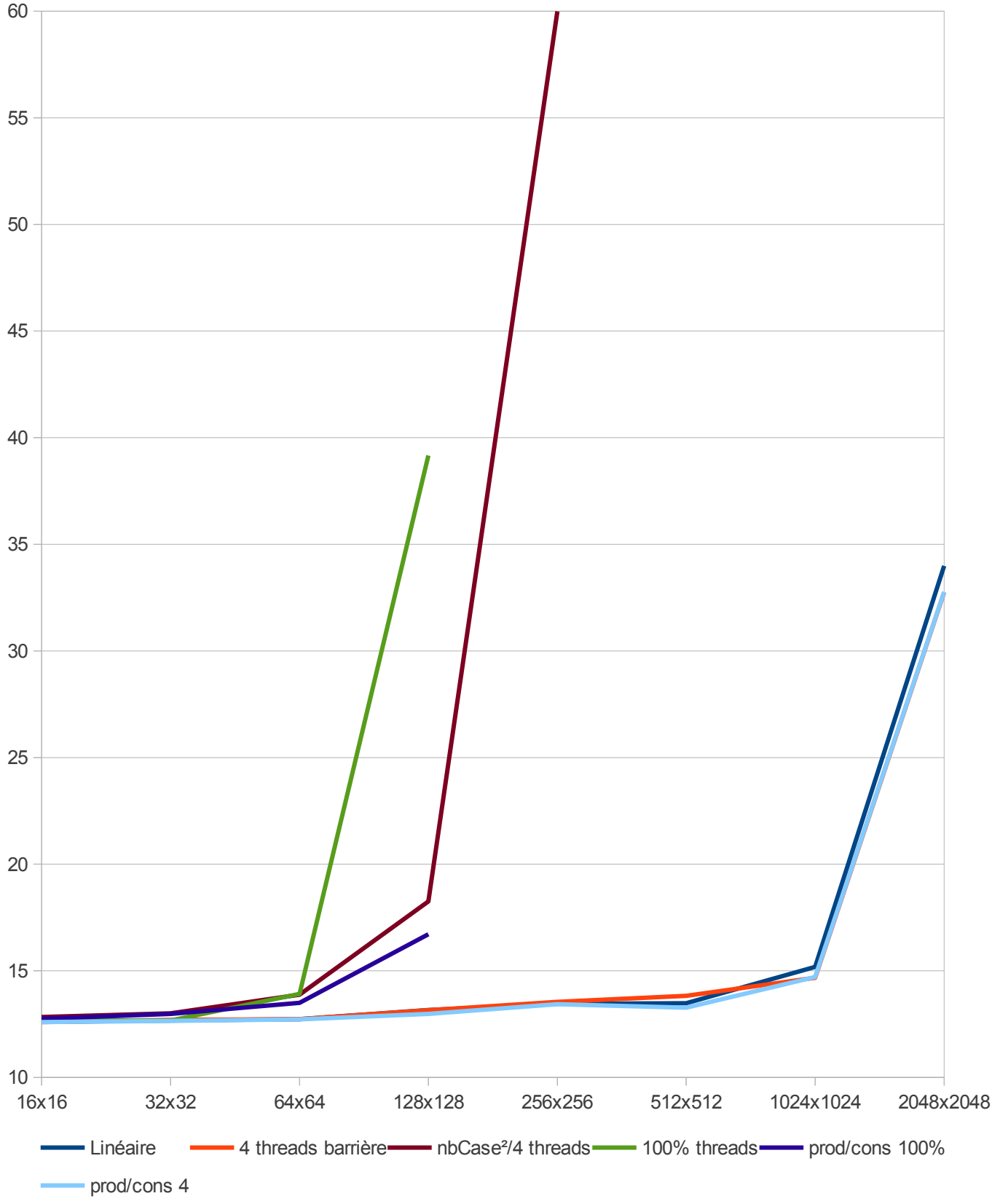


Illustration 2: Graphique de l'évolution du temps (en seconde) d'exécution en fonction de la méthode appliquée pour 50 étapes

Remarques

On remarque que l'algorithme linéaire et contenant 4 threads sont très proche en temps d’exécution, tandis que les algorithmes fortement threadés nécessite des temps beaucoup plus importants.

Au bout d'un grand nombre de calcul, l'algorithme utilisant les 4 threads permet d'avoir des temps de calcul plus performant.

Modélisation FSP

Programmation

Les **Workers** sont représentés de la manière suivante :

Il attendent que la barrière soit ouverte pour faire les calculs et ensuite ils attendent que la barrière s'ouvre de nouveau pour continuer.

```
WORKER = (open -> doWork -> await -> WORKER).
```

La barrière est représentée de cette façon :

```
BARRIERE = (open -> BARRIERE[0]),
BARRIERE[c:0..NBCase] = (
            when (c < NBCase) await -> BARRIERE[c+1]
          | when (c == NBCase) open -> BARRIERE[0]).
```

Une barrière contient un nombre de case, lorsque le nombre de case courante est inférieur au nombre de case, la barrière attend. Sinon elle s'ouvre.

L'ensemble du processus de jeux est représenté par ces lignes :

```
||JEUX = (BARRIERE || [p:0..NBThread-1]:WORKER)
          /{open/[k:0..NBThread-1].open,
          [l:0..NBThread-1].await/await}.
```

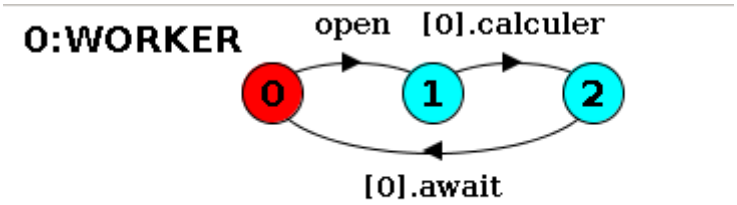
On créer **NBThread** Workers qui sont des threads en parallèle.

Les deux dernières lignes sont très importantes et elle permettent de mettre en relation les **Workers** et la **Barriere**, en effet le **open** de la barrière est renomé en **[0].open , … , [NBThread – 1].open**, de ce fait quand la barrière s'ouvrira, elle ouvrira les open de chacun des processus. De même pour les **await**.

Diagrammes

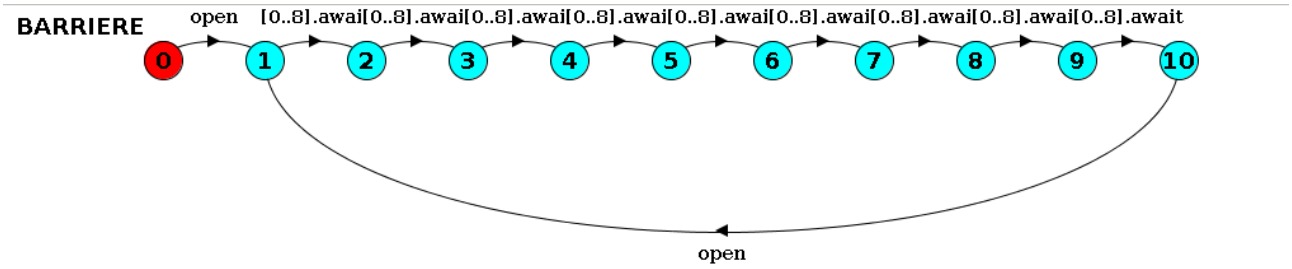
Workers

Voici le travail d'un **Worker** qui ne fait que calculer, mais il doit attendre l'ouverture de la barrière.

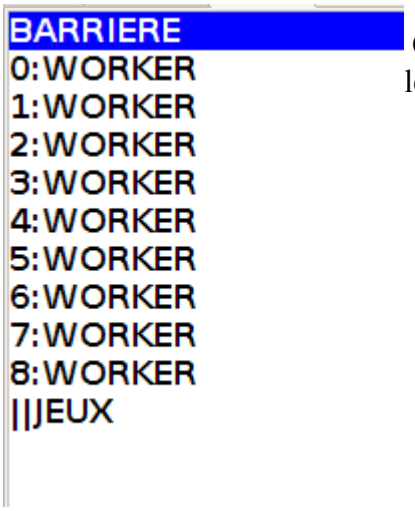


Barrière

La barrière effectue une attente constante que tous les **Workers** aient fini leur **calcul**.



Processus



On remarque que pour un grille de taille 3 par 3, c'est à dire 9 cases, les 9 workers sont bien crées et agissent en parallèles.

Résultats

Safety

La propriété de sécurité est la suivante :

```
property OPEN = (open -> calculer -> await -> OPEN).
```

L'exécution correct du programme est donc de pouvoir ouvrir, calculer puis attendre le prochaine état.

Le **check/safety** permet de vérifier qu'il n'y a pas de `deadlocks`

```
No deadlocks/errors
```

Progress

La propriété progress est la suivante :

```
progress OUVRIR = {open}
```

Le résultat du **check/progress** est le suivant :

```
Progress Check...
-- States: 10000 Transitions: 56620 Memory used: 82258K
-- States: 19684 Transitions: 118100 Memory used: 93677K
No progress violations detected.
Progress Check in: 123ms
```

Aucun violation de la propriété **progress**, cela signifie que l'état **open** sera toujours accessible dans le futur.

Comparaison des méthodes

Méthode itérative

Pour ce genre d'application et pour un grand nombre de case, la méthode itérative est sans aucun doute la méthode la plus rapide.

Méthodes des voisins

Cette méthode est plus efficace pour les système reparties car elle nécessite peut d'information mais effectue de nombreuses communications.

Méthode de la barrière

Les barrières sont apparemment très lourd à créer.

Méthode écrivain-rédacteur

Conclusion

On remarque qu'une barrière de grande taille nuit à la performance de l’exécution, cela est à un algorithme de synchronisation des barrières trop lourd.

Pour aller plus loin...

Utilisation des **parallel.foreach**

Il s'agit d'un algorithme de découpage des taches qui détermine le nombre de thread optimal en fonction des entrée et sorties effectuées et de la charge de calcul.

Cela permet de diminuer par moitié le temps de calcul pour un processeur dualCore sur des temps de calcul importants.

Utilisation :

```
// Utilisation du Parallel.For (avec une lamba expression)
private static void TestParallelFor ()
{
        int nbr = 0;
        Parallel.For(0, 150000, i =>
        {
            // Do something.
            nbr = i * 2;
        });
}
```

Source : http://webman.developpez.com/articles/dotnet/programmationparallele/