IUT de Paris - Rives de Seine
Université Paris Cité

Dimanche 29 octobre 2023

Compte Rendu Projet Java Période A

Mini-projet

Gobigan MATHIALAHAN
Pierre CHEVILY
Groupe : 202 & 205

Table des matières

Introduction

L'objectif du projet est de réaliser une application Java illustrant un algorithme d'Union-Find.

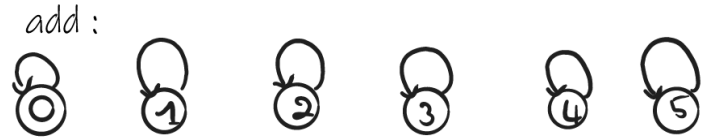
Nous avions un code à notre disposition, celui d'un TD de l'année dernière. Le but de ce dernier était de créer une structure de données illustrant un monde parfait dans lequel des personnes qui se rencontrent doivent déterminer si elles sont déjà amies ou non. De plus, les devises « les amis de mes amis sont mes amis » et « mes amis sont mes amis pour la vie » régissent ce monde. Autrement dit, une personne A amie avec une personne B le sera à jamais, et héritera des amis de B.

L'algorithme principal consiste à interroger la base de données de notre programme afin de savoir si 2 personnes sont amies ou non. Si elles ne le sont pas, elles pourront le devenir en créant un lien d'amitié entre elles.

Le code source nous étant déjà fourni (sous forme de pseudo-algorithme), l'objectif principal était de trouver la meilleure application pour réaliser ce projet en termes de complexité temporelle et mémorielle.

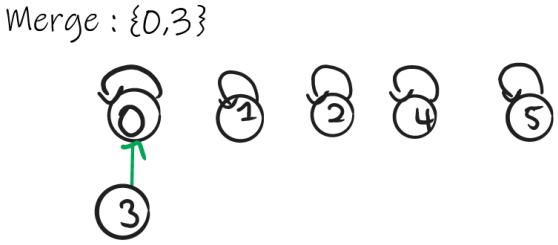
Comment fonctionne l'algorithme d'Union-Find ?

Pour expliquer l'algorithme, prenons un exemple :



Node	0	1	2	3	4	5
Parent	0	1	2	3	4	5
Rank	0	0	0	0	0	0

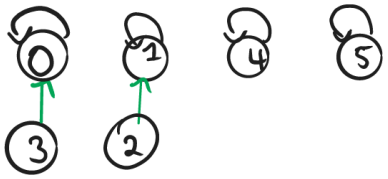
Dans ce tableau, la ligne « Node » correspond à la personne en elle-même. La ligne « Parent » symbolise le représentant du groupe d'amis de cette personne. La ligne « Rank » indique le nombre de fils que la personne possède, soit le nombre d'amis « directs » qu'elle a. Ici, comme il n'y a pas de lien d'amitié entre 2 personnes différentes, les représentants des groupes d'amis sont les personnes elles-mêmes et il n'y a aucun fils.



Node	0	1	2	3	4	5
Parent	0	1	2	**0**	4	5
Rank	**1**	0	0	0	0	0

Ici, nous réalisons l'opération « Merge », qui consiste donc à rassembler 2 groupes d'amis. On voit donc que **3** pointe désormais sur **0**, et que **0** possède maintenant 1 fils. Le représentant du groupe d'amis de **3** est dorénavant **0**.

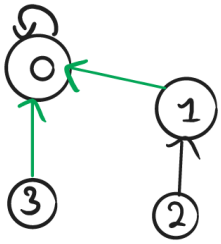
Merge : {1,2}



node	0	1	2	3	4	5
Parent	0	1	1	0	4	5
Rank	1	1	0	0	0	0

2 et **3** sont désormais amis. Cela va entraîner la même opération que vu précédemment. **1** va donc avoir 1 fils, et **2** pointera vers **1**, qui est son représentant.

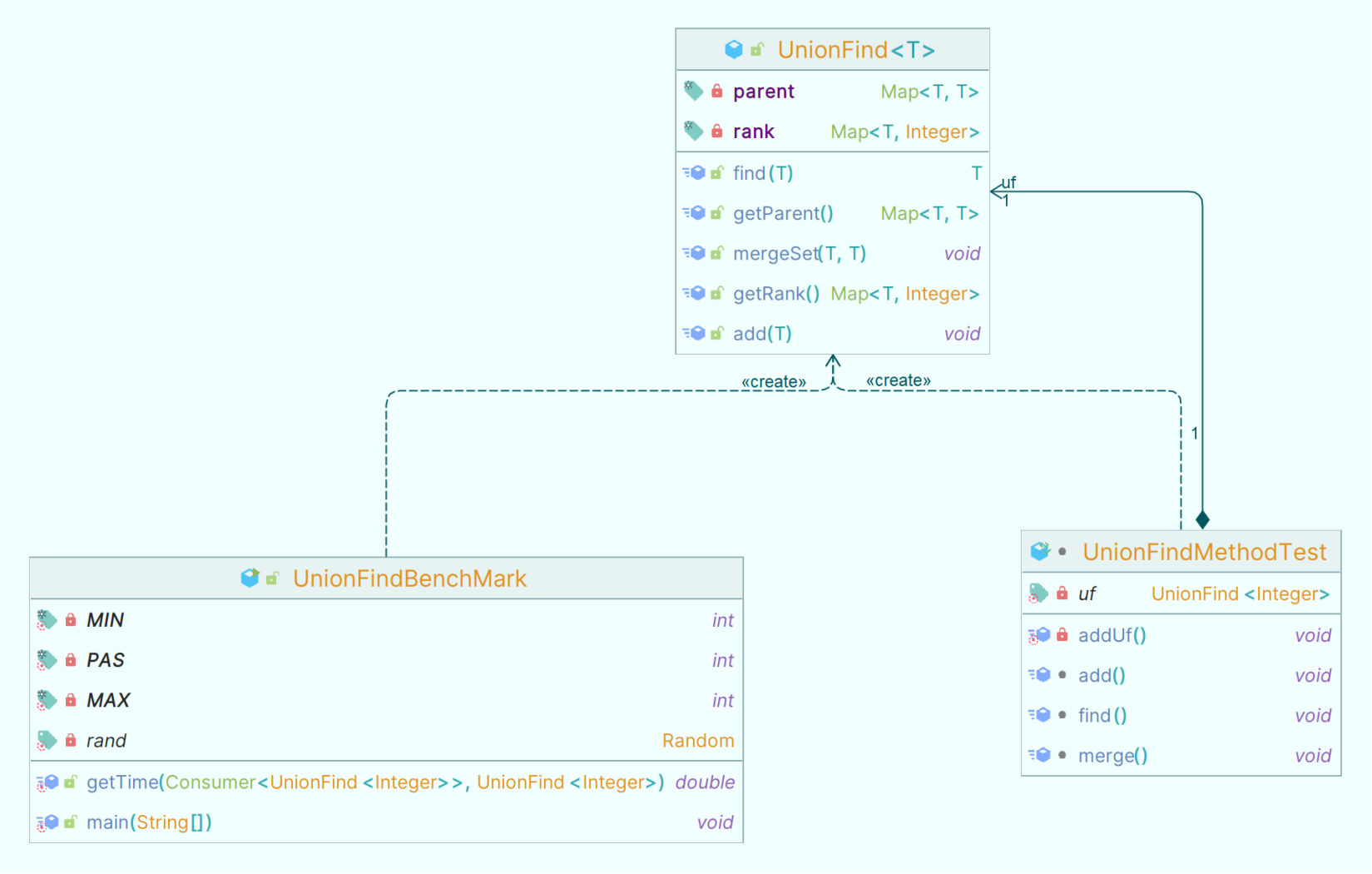
Merge : {3,1}



node	0	1	2	3	4	5
Parent	0	1	1	0	4	5
Rank	2	1	0	0	0	0

Enfin, si on réalise l'opération « Merge(3,1) », le représentant du groupe d'amis de **3**, soit **0**, deviendra aussi celui du groupe d'amis de **1**. Comme **1** possédait d'ores et déjà 1 fils, **0** aura dorénavant 2 fils.

Diagramme de Classes



Présentation du jeu de tests

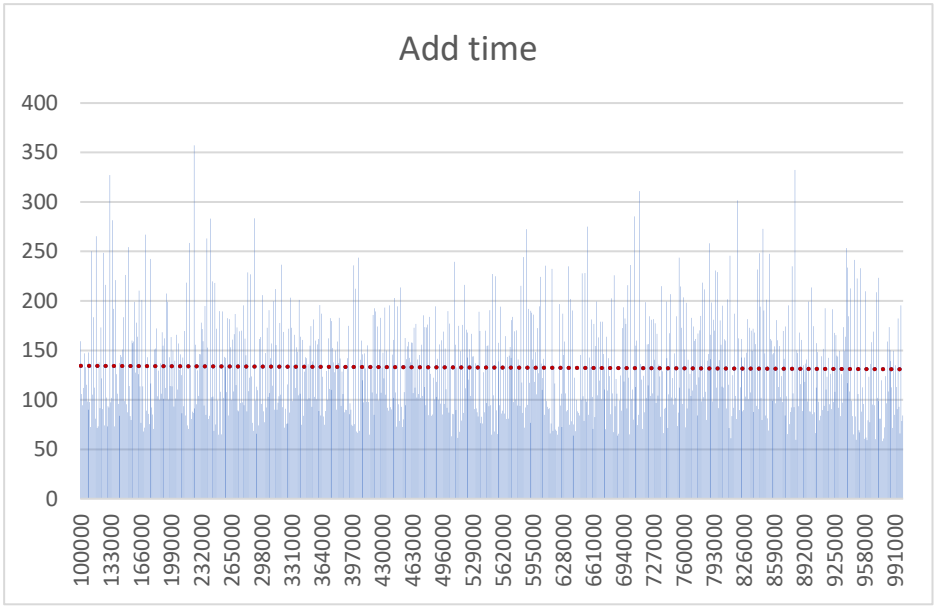
Le fichier UnionFindBenchmark.java fournit un fichier nommé output.txt où sont indiquées les performances de chaque fonction. Toutes les mesures sont en millisecondes.

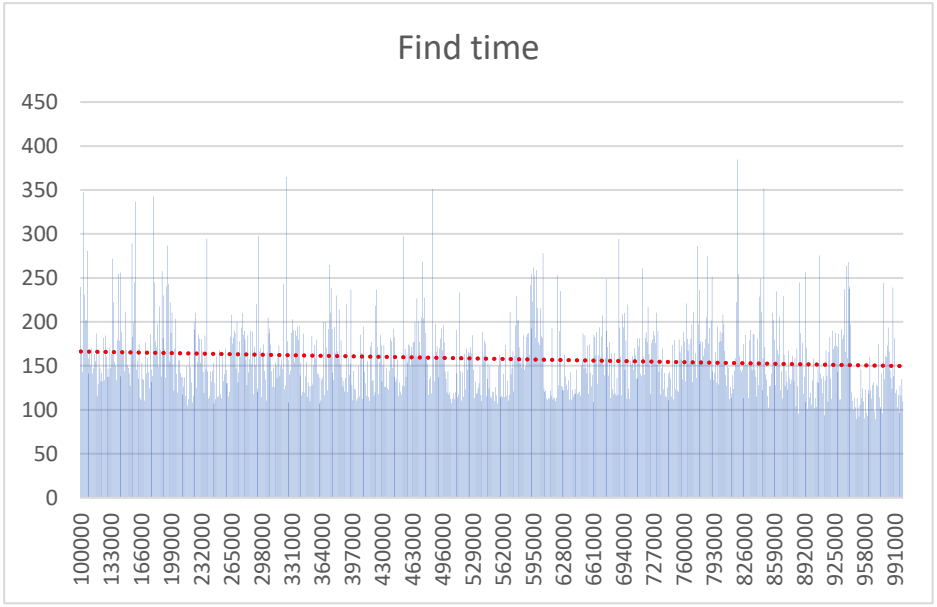
- La colonne « Friends » indique le nombre d'amis qui sera utilisé pour l'opération correspondante.
- La colonne « Add time » représente le temps que met l'algorithme pour ajouter Friends amis.
- « Find time » correspond au temps nécessaire au programme pour évaluer si deux personnes sont amies ou non.
- La colonne « Merge time », quant à elle, indique le nombre de millisecondes qu'a pris l'algorithme pour créer un nouveau lien d'amitié entre deux personnes.

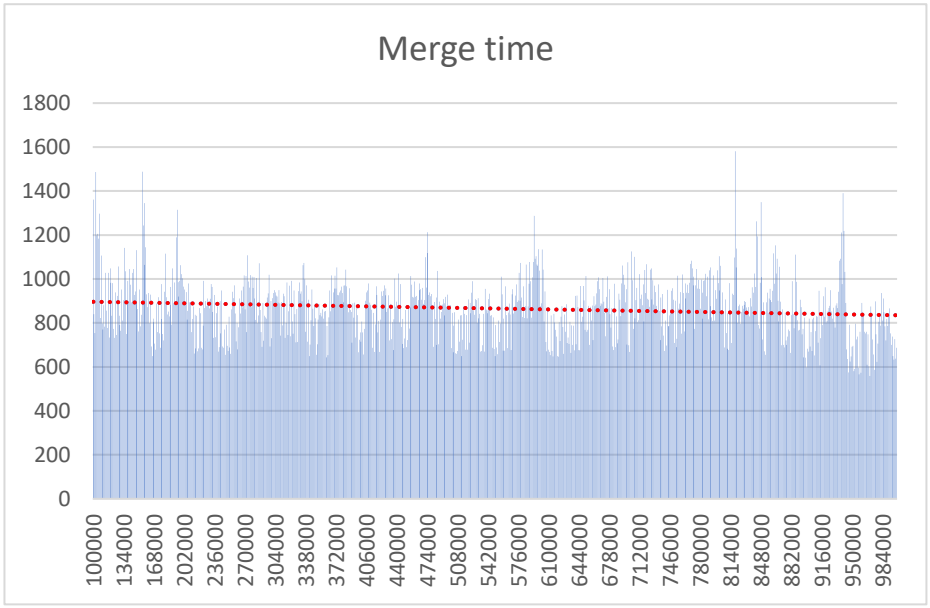
Pour réaliser les graphiques de la complexité temporelle, nous avons utilisé le logiciel Excel. Nous avons converti les données d'output.txt au format Excel. Puis, pour chaque fonction, nous avons réalisé un histogramme, ainsi qu'une courbe, en rouge, représentant la complexité de la fonction. Pour chaque fonction, vous aurez le nombre d'amis en colonne et le nombre de millisecondes en ligne.

Ci-joint, la complexité de chaque fonction :

- « Add »
  - Meilleur des cas : O(1)
  - Pire des cas : O(1)
  - Moyenne : O(1)
- « Find »
  - Meilleur des cas : O(1)
  - Pire des cas : O(n)
  - Moyenne : O(log(n))
- « Merge »
  - Meilleur des cas : O(1)
  - Pire des cas : O(n)
  - Moyenne : O(log(n))


Add time
400
350
300
250
200
150
100
50
0
100000
133000
166000
199000
232000
265000
298000
331000
364000
397000
430000
463000
496000
529000
562000
595000
628000
661000
694000
727000
760000
793000
826000
859000
892000
925000
958000
991000


Find time
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
100000
133000
166000
199000
232000
265000
298000
331000
364000
397000
430000
463000
496000
529000
562000
595000
628000
661000
694000
727000
760000
793000
826000
859000
892000
925000
958000
991000


Merge time
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
100000
134000
168000
202000
236000
270000
304000
338000
372000
406000
440000
474000
508000
542000
576000
610000
644000
678000
712000
746000
780000
814000
848000
882000
916000
950000
984000

Conclusion

Ce projet a été enrichissant. Il nous a permis de progresser sur la manière de visualiser des projets. En effet, auparavant, nous ne tenions pas vraiment compte de la complexité, mais elle a été primordiale sur celui-ci.

L'étape la plus longue pour nous a été le choix de la structure de données. Nous hésitions avec une ***LinkedList***, une ***ArrayList*** et une ***HashMap***. C'est finalement cette dernière que nous avons retenue. Effectivement, la ***LinkedList*** ne nous a pas semblé très avantageuse, car elle n'offrait pas des performances à la hauteur de la difficulté qu'elle requiert pour l'utiliser. Pour ce qui est de ***l'ArrayList***, nous avons préféré la ***HashMap***, car nous avons jugé plus compréhensible l'utilisation d'un dictionnaire. En effet, nous nous sentions plus à l'aise avec ce type de données, outre le fait que la ***HashMap*** soit plus flexible qu'une ***ArrayList***.

En dehors de ce choix, nous n'avons pas éprouvé de difficultés particulières. En revanche, nous avons appris à rediriger la sortie standard vers un fichier .txt, en Java ainsi qu'à utiliser des types génériques.

Pour ce qui est des tests, nous avons fait le choix de fournir un grand jeu de tests, afin de bien mesurer les performances. C'est pourquoi le programme sera long à exécuter. Sur nos machines, le test a duré environ 15 minutes.

Code de l'application

UnionFind

```java
package UnionFind;

import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

public class UnionFind<T>{
    private final Map<T,T> parent;
    private final Map<T,Integer> rank;

    public UnionFind() {
        parent = new HashMap<>();
        rank = new HashMap<>();
    }
    public Map<T,T> getParent() {
        return this.parent;
    }
    public Map<T,Integer> getRank() {
        return this.rank;
    }

    /**
     * Permet de créer un Set
     * @param element : l'élément à ajouter
     * Complexité temporelle : O(1) → On ajoute simplement un élément donc la
complexité est constante
     * Complexité en espace : O(1) → On ajoute simplement un élément donc la
complexité est constante
     */
    public void add(T element) {
        if (!parent.containsKey(element)) {
            parent.put(element,element);
            rank.put(element,0);
        }
    }

    /**
     * Permet de trouver le représentant d'un groupe d'amis
     * @param element : la personne dont on souhaite trouver le représentant
     * @return le représentant du groupe d'amis
     * Complexité temporelle : O(log(n)) → On parcourt l'arbre jusqu'à trouver le
représentant
     * Complexité en espace : O(1) → On ajoute simplement un élément donc la
complexité est constante
     */
    public T find(T element) {
        if (!parent.get(element).equals(element)) { // Si ce n'est pas le
représentant
            parent.put(element,find(parent.get(element)));
        }
        return parent.get(element);
    }

    /**
     * Permet de fusionner deux groupes d'amis
     * @param element1 : le premier groupe
     * @param element2 : le second groupe
     * Complexité temporelle : O(log(n)) → On parcourt l'arbre jusqu'à trouver le
représentant
     *                  puis on compare les rangs
     * Complexité en espace : O(1) → On ajoute simplement un élément donc la
complexité est constante
     */
    public void mergeSet(T element1, T element2) {
```

```
        T parent = find(element1);
        T parent2 = find(element2);
        if (!parent.equals(parent2)) {
            if (rank.get(parent) < rank.get(parent2)) {
                this.parent.put(parent,parent2);
            }
            else if (rank.get(parent) > rank.get(parent2)) {
                this.parent.put(parent2,parent);
            }
            else {
                this.parent.put(parent2,parent);
                this.rank.put(parent,rank.get(parent)+1);
            }
        }
    }
}
```

UnionFindMethodTest

```
package Test;

import java.util.HashMap;
import java.util.Map;
import UnionFind.UnionFind;
import static org.junit.jupiter.api.Assertions.*;

class UnionFindMethodTest {
    private static UnionFind<Integer> uf = new UnionFind<Integer>();
    private static void addUf() {
        for (int i = 0; i<=5; i++) uf.add(i);
    }

    @org.junit.jupiter.api.Test
    void add() {
        addUf();
        Map<Integer,Integer> expectedParent = new HashMap<>();
        expectedParent.put(0,0);
        expectedParent.put(1,1);
        expectedParent.put(2,2);
        expectedParent.put(3,3);
        expectedParent.put(4,4);
        expectedParent.put(5,5);

        assertEquals(uf.getParent(), expectedParent);
    }

    @org.junit.jupiter.api.Test
    void find() {
        addUf();
        uf.mergeSet(0,2);
        assertEquals(0,uf.find(0));
        assertEquals(1,uf.find(1));
        assertEquals(0,uf.find(2));
        assertEquals(3,uf.find(3));
        assertEquals(4,uf.find(4));
        assertEquals(5,uf.find(5));
    }

    @org.junit.jupiter.api.Test
    void merge(){
        addUf();
        uf.mergeSet(0,2);
        uf.mergeSet(3,5);
        uf.mergeSet(0,3);
        Map<Integer,Integer> expectedRank = new HashMap<>();
        expectedRank.put(0,2);
        expectedRank.put(1,0);
        expectedRank.put(2,0);
        expectedRank.put(3,1);
        expectedRank.put(4,0);
        expectedRank.put(5,0);

        assertEquals(uf.getRank(),expectedRank);
    }

    @org.junit.jupiter.api.Test
    void remove(){
        addUf();
        uf.mergeSet(0,2);
        uf.mergeSet(3,5);
        uf.mergeSet(0,3);

        Map<Integer,Integer> expectedRank = new HashMap<>();
        expectedRank.put(0,1);
        expectedRank.put(1,0);
```

```
            expectedRank.put(2,0);
            expectedRank.put(3,0);
            expectedRank.put(4,0);
            expectedRank.put(5,0);

            assertEquals(uf.getRank(),expectedRank);
        }
}
```

UnionFindBenchMark

```
package UnionFind;

import java.io.FileOutputStream;
import java.io.PrintStream;
import java.util.Arrays;
import java.util.List;
import java.util.Random;
import java.util.function.Consumer;

public class UnionFindBenchMark {
    private final static int MIN = 100_000, MAX = 1_000_000, PAS = 1000;
    private static Random rand = new Random();
    public static double getTime(Consumer<UnionFind<Integer>> function,
UnionFind<Integer> uf) {
        long d = System.nanoTime();
        function.accept(uf);
        return (System.nanoTime() - d) / 1E6;
    }
    public static void main(String[] args) {
        try {
            // On redirige la sortie standard vers un fichier
            PrintStream out = new PrintStream(new FileOutputStream("output.txt"));
            System.setOut(out);

            List<Consumer<UnionFind<Integer>>> functions = Arrays.asList (
                    uf -> {
                        for (int i = 0; i < MAX; i++) {
                            uf.add(i);
                        }
                    },
                    uf -> {
                        for (int i = 0; i < MAX; i++) {
                            uf.find(rand.nextInt(MAX)); // Random find
                        }
                    },
                    uf -> {
                        for (int i = 1; i < MAX; i++) {
                            int randomElement1 = rand.nextInt(MAX);
                            int randomElement2 = rand.nextInt(MAX);
                            uf.mergeSet(randomElement1, randomElement2); // Random
merge
                        }
                    }
            );

            System.out.print("Friends;Add time;Find time;Merge time\n");
            long startTime = System.nanoTime();
            for (int n = MIN; n <= MAX; n += PAS) {
                System.out.print(n);
                UnionFind<Integer> unionFind = new UnionFind<Integer>();
                for (int i = 0; i < functions.size(); i++) {
                    Consumer<UnionFind<Integer>> f = functions.get(i);
                    double time = getTime(f, unionFind);
                    System.out.print(";" + time);
                }
                System.out.println();
            }

            out.close(); // On arrête la redirection vers le fichier
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}
```