

CFPT-INFORMATIQUE

TRAVAUX DE DIPLÔMES 2017

DILEMME DU PRISONNIER

AUTOMATE CELLULAIRE

JULIEN SEEMULLER

Supervisé par :

MME. TERRIER



300×300

T.IS-E2B

5 avril 2017

1 Introduction

1.1 Abstract

The prisoner's dilemma is a well known paradox that demonstrates why two completely rational individuals might act in their own self-interest even if their course of action does not result in the ideal outcome. [1]

A cellular automaton is a set of colored cells placed on a grid that evolves according to rules based on the state of each cell's neighbors. Cellular automata are often used to model phenomena present in the physical world. Depending on their level of accuracy, some can even be used for making predictions in the physical world. [2]

During my final year's project work, I will attempt to modelize the *iterated* prisoner's dilemma (a repeated version of the prisoner's dilemma) using a cellular automaton in C#. The results of my work will try to establish the most reliable strategy to use while "playing" the *iterated* prisoner's dilemma.

1.2 Résumé

Le dilemme du prisonnier est un paradoxe connu démontrant pourquoi deux individus considérés comme "rationnels" peuvent agir dans leur propre intérêt, même si leurs actions ne leur apportent pas forcément un résultat idéal. [1]

Un automate cellulaire est un ensemble de cases colorées se trouvant dans une grille. Ces cellules évoluent en se basant sur des règles définies par l'état des voisins de chaque cellule. Les automates cellulaires sont couramment utilisés comme moyen de modéliser des situations présentes dans le monde réel. Suivant le niveau de précision de ces derniers, il est même envisageable de tirer des conclusions de leurs résultats. [2]

Lors de mon travail de diplôme, j'ai pour but de modéliser le dilemme du prisonnier *répété* en C# à l'aide d'un automate cellulaire. Les résultats de mon travail permettront d'établir la stratégie la plus optimale en "jouant" au dilemme du prisonnier *répété*.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Abstract	1
1.2	Résumé	1
2	Cahier des charges	3
2.1	Sujet	3
2.2	Descriptions	3
2.3	But	4
2.4	Spécifications	5
2.5	Environnement	5
2.6	Livrables	5
2.7	Reddition	5
3	Planification provisionnelle	6
4	Analyse de l'existant	7
4.1	Projet de M. Ramón Alonso-Sanz	7
4.2	Projet de M. Marcelo Alves Pereira	8
4.3	Projet de Mme. Katarzyna Zbieć	8
4.4	Comparaison avec le projet	8
5	Analyse fonctionnelle	9
6	Analyse organique	10
7	Tests	11
8	Conclusion et perspectives	11
9	Sources	12

2 Cahier des charges

2.1 Sujet

Automate cellulaire (voir [Conway's Game of Life](#) [3]) basé sur le dilemme du prisonnier répété (voir [Iterated Prisoner's Dilemma](#) [4]) et permettant de le simuler.

2.2 Descriptions

Le projet étant basé sur des concepts peu courants, il est nécessaire de les détailler.

Automate cellulaire :

Un automate cellulaire est un modèle constitué d'une grille de cellule changeant d'état à chaque temps $t+1$. Une règle est appliquée à toutes les cellules, habituellement basée sur l'état des voisins de chaque cellule, et permet de faire "évoluer" la grille. L'automate cellulaire le plus connu est probablement *Game of Life* imaginé par John Horton Conway en 1970.

Dilemme du prisonnier répété :

Le dilemme du prisonnier répété est une variante du dilemme du prisonnier. Dans ce jeu, des personnes jouent plusieurs fois au dilemme du prisonnier.

Dans le dilemme du prisonnier, deux prisonniers ayant commis un crime mineur sont enfermés dans deux cellules différentes, afin de les empêcher de communiquer. Le policier soupçonne les deux accusés d'avoir commis auparavant un crime plus important et souhaite obtenir des aveux concernant ce dernier. Il se présente donc et discute avec chaque prisonnier séparément en leur offrant à chacun deux choix :

- Dénoncer l'autre prisonnier (trahison)
- Se taire (coopération)

Il présente donc les résultats des choix suivants :

- Si l'un des deux prisonniers dénonce l'autre, il est remis en liberté alors que le second obtient la peine maximale (10 ans)
- Si les deux se dénoncent entre eux, ils seront condamnés à une peine plus légère (5 ans)
- Si les deux refusent de dénoncer l'autre, la peine sera minimale (6 mois), faute d'éléments à charge.

Chaque prisonnier fait donc une *"Matrice des Gains"* [5] pour résoudre ce problème :

	Il se tait	Il me dénonce
Je me tais	$(-1/2 ; -1/2)$	$(-10 ; 0)$
Je le dénonce	$(0 ; -10)$	$(-5 ; -5)$

Chaque prisonnier *devrait* donc comprendre que le choix logique sur une seule itération est de coopérer avec l'autre prisonnier.

2.3 But

Le but du projet est donc de fusionner ces deux concepts et de créer un automate cellulaire permettant de visualiser le dilemme du prisonnier répété. Chaque cellule jouerait une partie du dilemme simultanément avec chacun de ses voisins. Chaque cellule peut adopter une stratégie permettant d'optimiser ses gains. Voici quelques exemples de stratégies :

Random (RAND) : Fait des actions aléatoires, trahit ou coopère avec 50% de chance.
Always Defect (AD) : Trahit avec 100% de chance.
Always Cooperate (AC) : Coopère avec 100% de chance
Grim Trigger (GRIM) : Stratégie "AC", mais change sa stratégie vers "AD" après trahison.
etcetera... [6]

Beaucoup de stratégies peuvent être implémentées pour rendre le jeu intéressant à étudier. Pour cela, des graphiques seront implémentés permettant de récupérer et d'observer les résultats de l'application en temps réel. Les cellules du plateau seront aussi colorées selon leur stratégie ou encore l'historique de leur actions (ex : tendance à trahir → rouge et tendance à coopérer → vert).

Voici en exemple, le dilemme du prisonnier sous forme d'automate cellulaire :

						θ						p						θ						p					
						$T=1$						$T=2$						$T=2$						$T=2$					
A	B	A	B	A	B	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	16	16	0	0	0	0	0	0	16	13	16	13	16	16
B	A	B	A	B	A	0	0	0	0	0	0	16	16	13	16	16	16	0	π	0	π	0	0	13	20	7	20	13	16
A	B	A	B	A	B	0	0	π	0	0	0	16	13	20	13	16	16	0	0	π	0	0	0	16	7	20	7	16	16
B	A	B	A	B	A	0	0	0	0	0	0	16	16	13	16	16	16	0	π	0	π	0	0	13	20	7	20	13	16
A	B	A	B	A	B	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	16	16	0	0	0	0	0	0	16	13	16	13	16	16
B	A	B	A	B	A	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	16	16	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	16	16

FIGURE 1 – Automate cellulaire du dilemme du prisonnier
 source [7]

2.4 Spécifications

Le projet sera conforme aux spécifications suivantes :

Automate cellulaire paramétrable :

- Nombre de cellules paramétrables.
- Stratégies utilisées et proportions de ces dernières sur le plateau paramétrables.
- Matrice des gains [5] paramétrable.

Exploitation des résultats :

- Cellules colorées selon leur stratégie ou historique d'actions.
- Divers graphiques (ex : nombre de cellules traîtres par générations)
- Possibilité d'utilisation de [LiveCharts](#) [8]

2.5 Environnement

Le projet prendra place dans l'environnement suivant :

- Ordinateur sous **Windows 7**
- Environnement de développement adapté pour **C#**.

2.6 Livrables

Les documents suivant seront remis à la fin du projet :

- Journal de bord (PDF).
- Rapport technique (PDF).
- Fichier ZIP contenant les sources.

2.7 Reddition

Voici les dates importantes du projet :

22 Janvier 2017 : Reddition du cahier des charges.

5 Avril 2017 : Début du travail

à définir : Rendu du poster.

à définir : Reddition intermédiaire de la documentation.

12 Juin 2017 : Reddition finale du projet.

19-20 Juin 2017 : Présentation orale du projet.

3 Planification provisionnelle

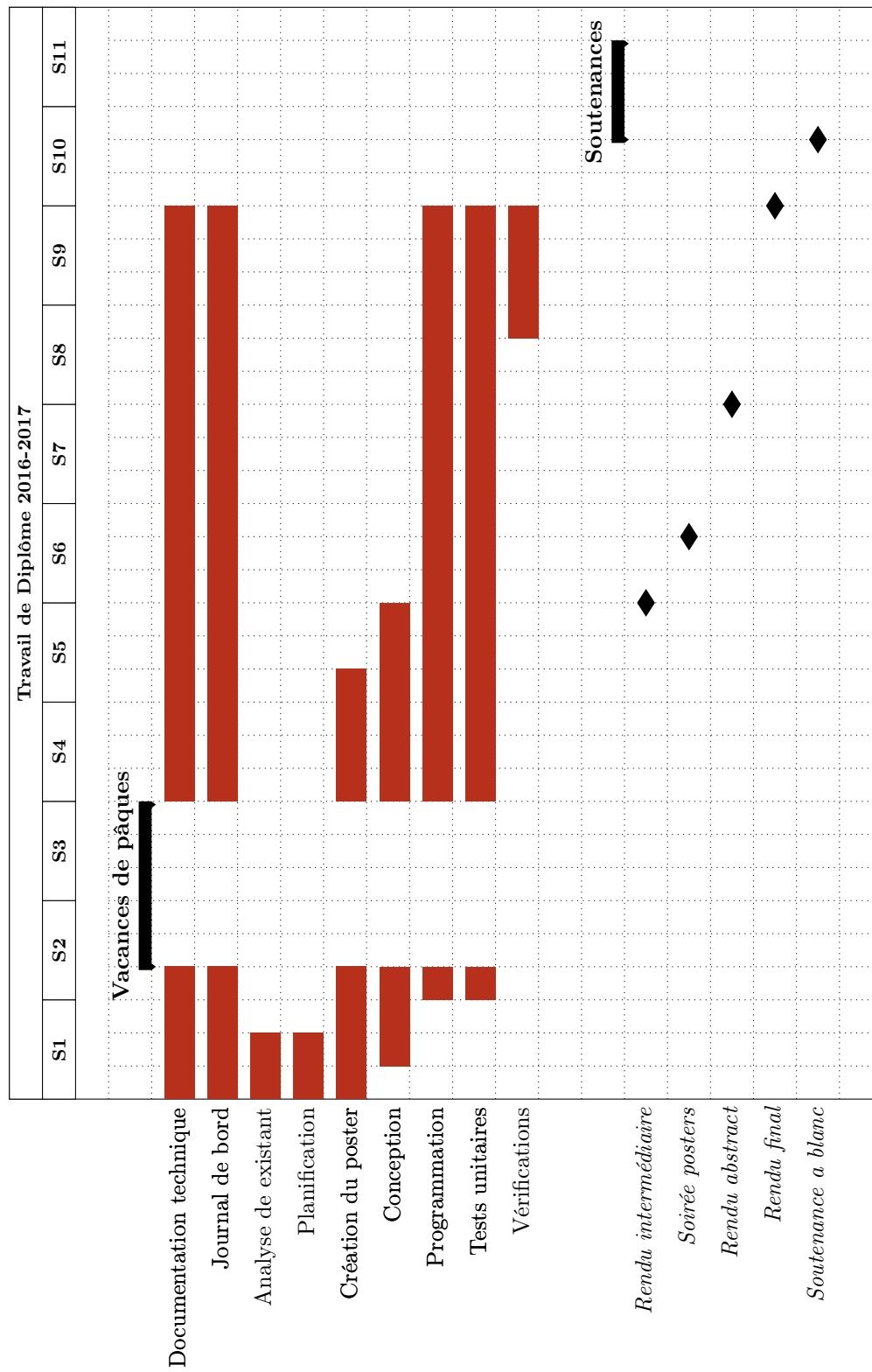


FIGURE 2 – Diagramme de Gantt

4 Analyse de l'existant

Il est nécessaire d'analyser et de comparer différents travaux avant de commencer le développement de notre application. Pour effectuer cette analyse, trois concepts d'automates cellulaires basés sur le dilemme du prisonnier ont été sélectionnés :

- "*A quantum prisoner's dilemma cellular automaton*" de M. Ramón Alonso-Sanz. [9]
- "*Prisoner's dilemma in one-dimensional cellular automata*" de M. Marcelo Alves Pereira [10]
- "*The prisoner's dilemma and the game of life*" de Mme. Katarzyna Zbieć [11]

4.1 Projet de M. Ramón Alonso-Sanz

Le projet de M. Ramón Alonso-Sanz intitulé "*A quantum prisoner's dilemma cellular automaton*" reprends le dilemme du prisonnier de base, mais y ajoute quelques subtilités :

Le plateau est structuré sous la forme d'un échiquier, chaque cellule a donc quatre alliés et quatre rivaux, comparé à la forme habituelle, qui est d'utiliser les huit voisins de chaque cellules. Les cellules possèdent des stratégies dites "quantiques" et adaptent aussi leurs stratégies à celle de leurs voisins. Les voisins ayant les meilleures performances sont imités par les autres cellules à l'aide d'une méthode nommé *imitation-of-the best*. Chaque cellule joue aussi avec elle même en plus de ses rivaux. Ceci permet de prendre en compte ses propres résultats en faisant la moyenne des résultats obtenus entre les parties.

Un mécanisme de mémoire est aussi présent dans le programme de M.Ramon Alonso-Sanz. Ce dernier est de type "Markovien" (voir "chaînes de markov"), un historique complet n'est pas stocké mais les résultats et les choix précédents affectent les choix futurs de chaque cellules.

On compare aussi les stratégies dites "quantiques" aux stratégies classiques pour évaluer l'efficacité de ces dernières. Voici a quoi ressemble le projet de M. Ramón Alonso-Sanz :

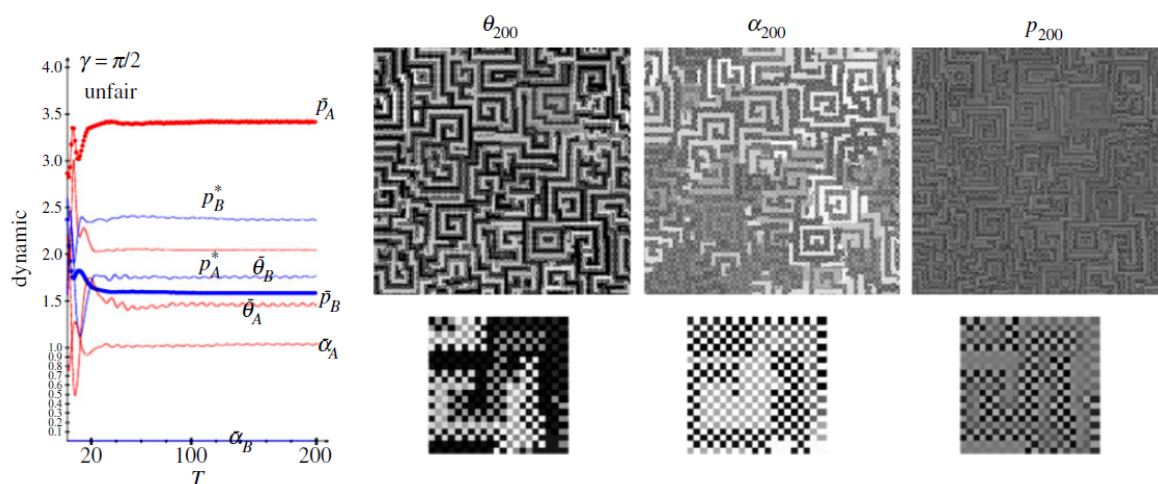


FIGURE 3 – Comparaison de stratégies quantiques (p_A) et classiques (p_B)

4.2 Projet de M. Marcelo Alves Pereira

4.3 Projet de Mme. Katarzyna Zbieć

L'approche de Mme. Katarzyna Zbieć est différente des deux projets précédents. Elle vise à combiner le jeu de la vie de Conway et le dilemme du prisonnier. Les différents principes du jeu de la vie (cellules, états, plateau, etc...) et du dilemme du prisonnier (stratégies, matrice de gains, etc...) sont expliqués en détail et par la suite comparés.

Malheureusement, aucun exemple graphique n'est fourni avec le document. Cependant, ce projet reste le plus proche à celui qui sera développé lors de ce travail de diplôme.

Voici un tableau tiré du document de Mme. Katarzyna Zbieć ainsi que sa traduction française. Ces derniers font ressortir les ressemblances entre la structure du jeu de la vie et celle du dilemme du prisonnier :

the Prisoner's Dilemma	the Game of Life
the future of any player depends on the strategy of his/her neighbours	the future of any cell is determined by the state of its neighbours
the players are changing their own strategies in the way determined by the strategies of their enemies	the cells are changing colours in the way determined by the colours of their neighbours
the player can choose one of the two options: to cooperate or to defect	the cell has one of two states: live or dead
strategies	rules

FIGURE 4 – Comparaison entre le jeu de la vie et le dilemme du prisonnier

Le Jeu de la Vie	Le Dilemme du Prisonnier
Le futur de chaque joueur dépend de la stratégie de ses voisins	Le futur de chaque cellule est déterminé par l'état de ses voisins
Les joueurs changent leurs stratégies en se basant sur la stratégie de leurs ennemis	Les cellules changent de couleur en accordance avec celles de leurs voisins
Le joueur peut choisir deux options : coopérer ou trahir	La cellule a deux états : vivant ou mort
stratégies	règles

TABLE 1 – Version traduite du tableau des différences entre le *DP* et *JdlV*

4.4 Comparaison avec le projet

5 Analyse fonctionnelle

6 Analyse organique

7 Tests

8 Conclusion et perspectives

9 Sources

Références

- [1] INVESTOPEDIA. *Prisoner's Dilemma*.
URL : <http://www.investopedia.com/terms/p/prisoners-dilemma.asp>.
- [2] Eric WEISSTEIN. *Cellular Automaton*.
URL : <http://mathworld.wolfram.com/CellularAutomaton.html>.
- [3] WIKIPEDIA. *Jeu de la vie*.
URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Conway's%5C_Game%5C_of%5C_Life.
- [4] WIKIPEDIA. *Dilemme du prisonnier*.
URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner's%5C_dilemma.
- [5] WIKIPEDIA. *Matrice des gains*.
URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Matrice%5C_des%5C_gains.
- [6] Wayne DAVIS. *Stratégies iterated prisoners dilemma*.
URL : <http://www.iterated-prisoners-dilemma.net/prisoners-dilemma-strategies.shtml>.
- [7] Ramón ALONSO-SANZ. *Dilemme du prisonnier, automate cellulaire*.
URL : <http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/470/2164/20130793>.
- [8] LIVECHARTS. *Homepage*.
URL : <https://lvcharts.net/>.
- [9] Alonso-Sanz RAMÓN. *A Quantum Prisoner's Dilemma Cellular Automaton*.
URL : <http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/royprsa/470/2164/20130793.full.pdf>.
- [10] Alves Pereira MARCELO. *Prisoner's Dilemma in One-Dimensional Cellular Automata*.
URL : <https://arxiv.org/pdf/0708.3520.pdf>.
- [11] Zbieć KATARZYNA. *The Prisoner's Dilemma and The Game of Life*.
URL : logika.uwb.edu.pl/studies/download.php?volid=19&artid=kz.

Table des figures

1	Automate cellulaire du dilemme du prisonnier	4
2	Diagramme de Gantt	6
3	Comparaison de stratégies quantiques (p_A) et classiques (p_B)	7
4	Comparaison entre le jeu de la vie et le dilemme du prisonnier	8

Liste des tableaux

1	Version traduite du tableau des différences entre le DP et $JdlV$	8
---	---	---