

Les Robots reproducteurs

Année 2015 - 2016

Elèves : CISNEROS Paulo (1èreM), FULEIHAN Rayna (1èreM), IVESDAL Camilla (1èreM), MAKKI Zina (1èreM), MOREAU Thomas(1èreS), OLLIVE Robin (1èreS) , PORTAS-PITTET Fabien (1èreS)

Établissements : Institut Florimont, Petit-Lancy (Suisse) et Lycée de la Versoie, Thonon-les-Bains (France)

Enseignant-e-s : Sabrina Biglione – Murièle Jacquier – Gilles Lamboley

Chercheurs : Mounir Benheddi (Université de Genève) – Catriona MacLean (Université de Grenoble)

Présentation du sujet

On place des robots (représentés par des cases vertes) sur une grille de taille infinie, les cases vides (sans robot), elles, sont blanches. Ces robots évoluent, c'est-à-dire naissent (apparaissent), meurent (disparaissent) ou survivent (restent inchangés), tour après tour, selon des règles définies avant de commencer, et immuables d'un tour à l'autre. Ces évolutions dépendent du nombre de voisins vivants que comporte une case, compris entre 0 et 8, les diagonales étant comptées.

Règles :

1. Si une case vide a 3 robots voisins, un robot naît sur cette case.

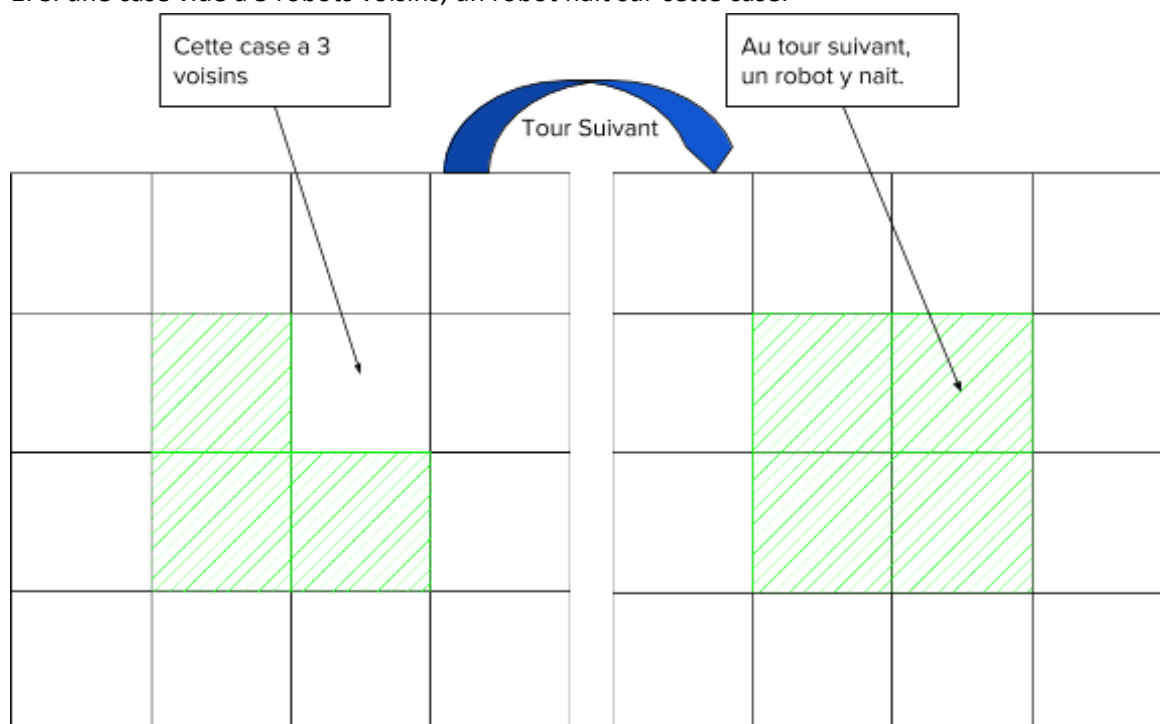


Figure n° 1 : Règle 1

2. En revanche, si un robot a moins de 2 robots voisins, il meurt et la case devient donc vide (elle devient blanche).

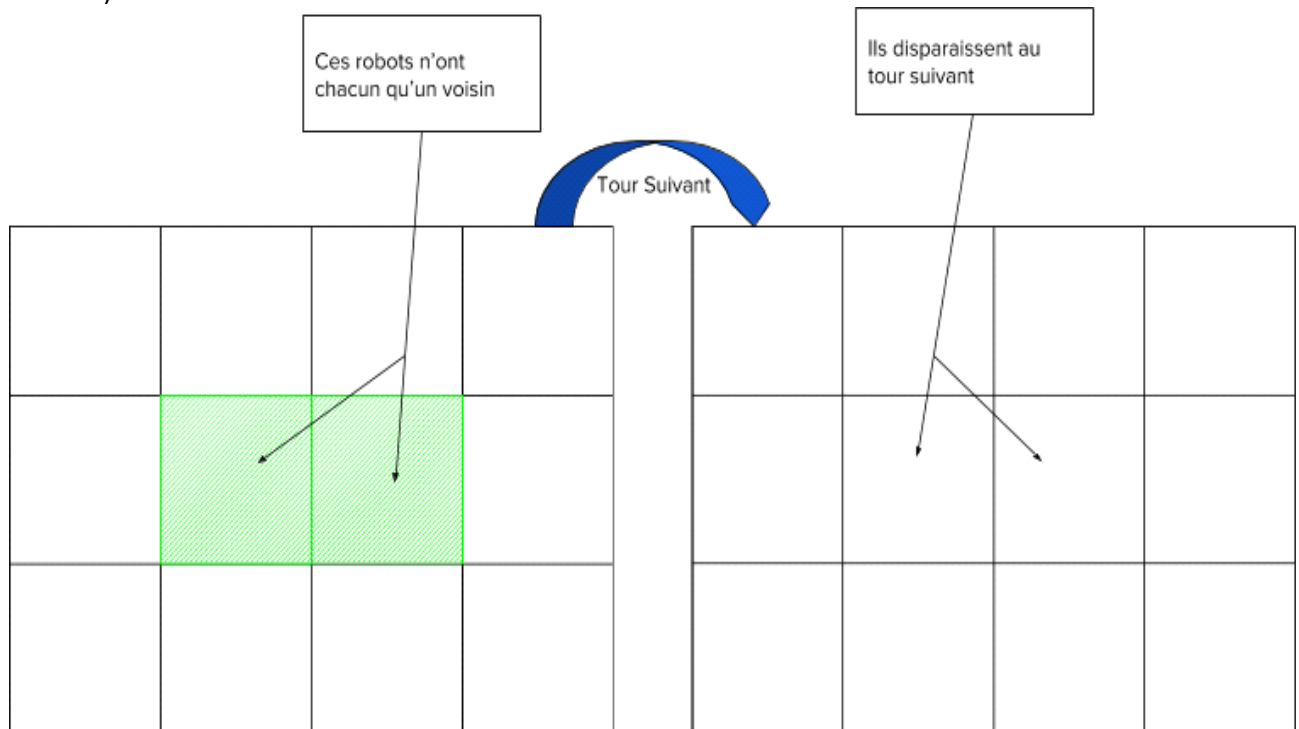


Figure n° 2 : Règle 2

3. De plus, si un robot a 4 robots voisins ou plus, il meurt également, comme par surpopulation.

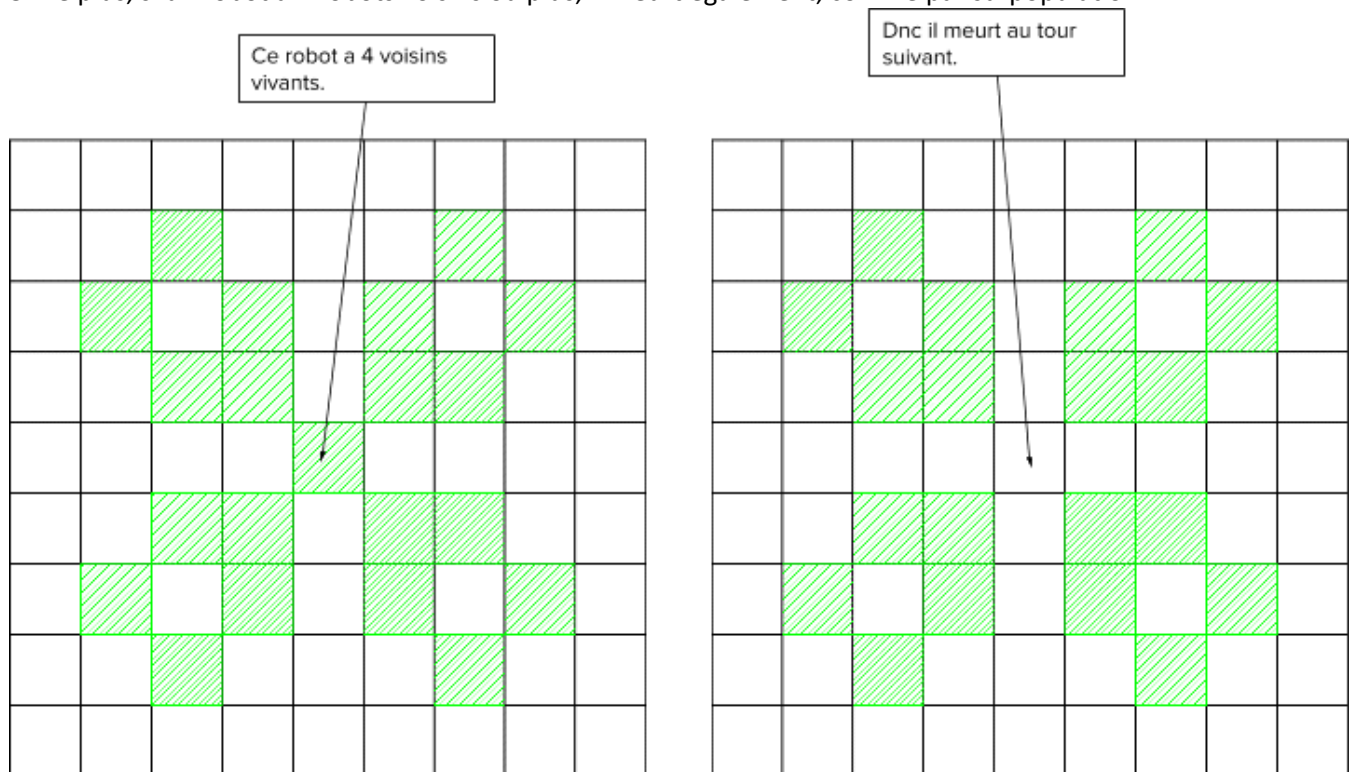
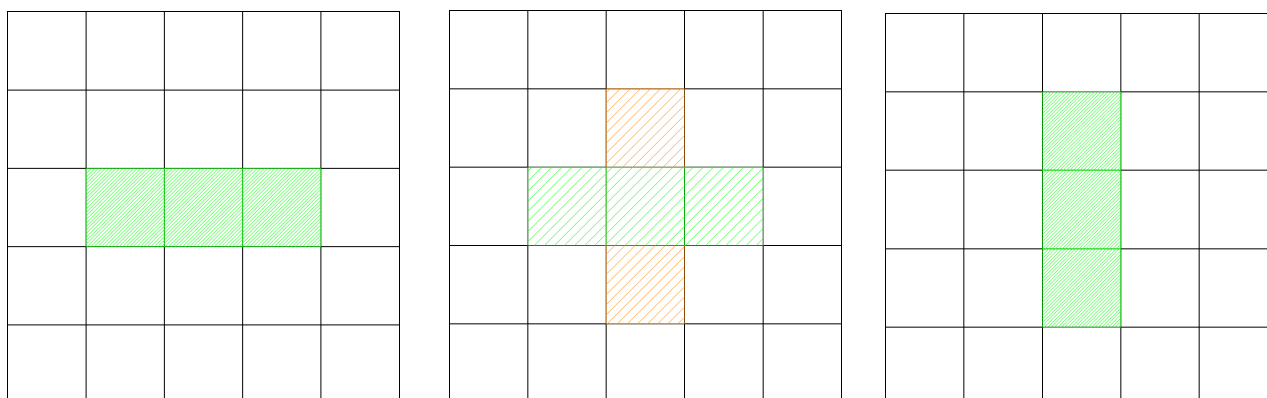


Figure n°3 : Règle 3

4. Dans les autres cas, la case reste la même qu'au tour précédent.



Les changements d'état d'un tour n'affectent pas les autres du même tour. On prend une "photo" de la grille au début du tour et on effectue les changements selon celle-ci.

Figure n° 4 : Les nouvelles modifications auront une influence seulement au tour suivant.

Définitions

Structure : ensemble de robots pouvant interagir entre eux, c'est-à-dire séparés de moins de deux cases.

Forme : arrangement de robots sur la grille. Peut être constitué de plusieurs structures.

Robot : synonyme de case vivante, représenté en vert.

Conjectures et résultats obtenus

A partir de ces règles, nous nous sommes fixés plusieurs objectifs :

- Trouver et répertorier des formes qui ont des comportements particuliers.
- Analyser le comportement des formes de taille importante.
- Trouver s'il existe une limite quant à la taille des formes stables.
- Modifier les règles de base, et observer le comportement des formes au comportement particulier avec ces nouvelles règles.

1) Démarche

Au cours des premières séances, nous avons d'abord recherché des formes à la main, par tâtonnement, en simulant sur du papier millimétré chaque tour. Cette méthode créait beaucoup d'erreurs, et d'oublis, et était particulièrement fastidieuse.

Pour simplifier la recherche, nous avons créé un programme qui simulait les évolutions des robots de façon rapide et précise. Des ajouts nous ont facilité la tâche, comme une option permettant l'affichage du nombre de voisins de chaque case, une avance rapide des tours et un menu permettant de changer les règles de base.

La version finale du programme est disponible à l'adresse suivante (nécessite Java) : <http://bit.ly/robotsreprod>

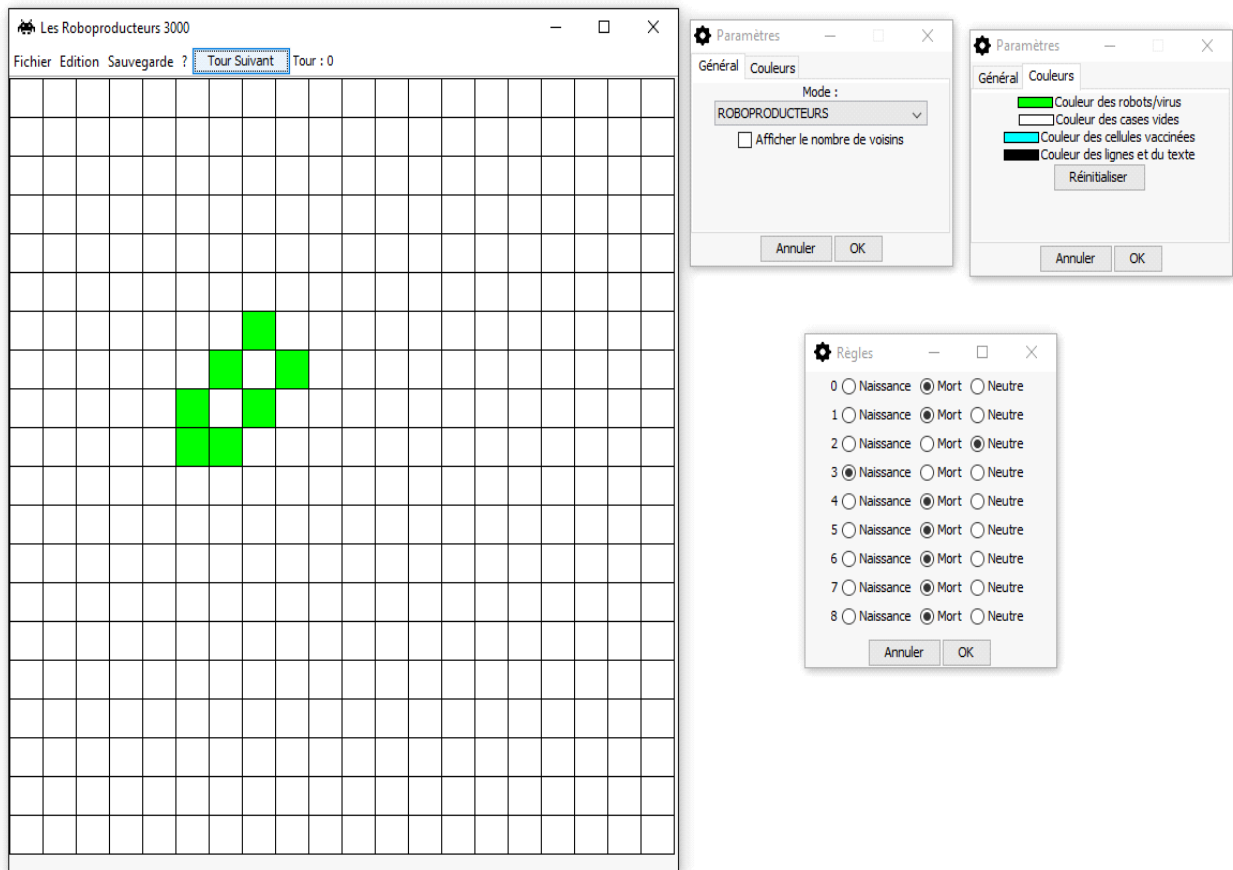


Figure n°5 : Programme de simulation

2) Objectif 1: Répertoire des formes avec des comportements particuliers

Nous avons, tout d'abord, défini et classé ces comportements particuliers en trois catégories :

- les formes stables
- les formes oscillantes
- les formes mobiles

a) les formes stables

Elles restent figées, ne changent pas d'un tour à l'autre.

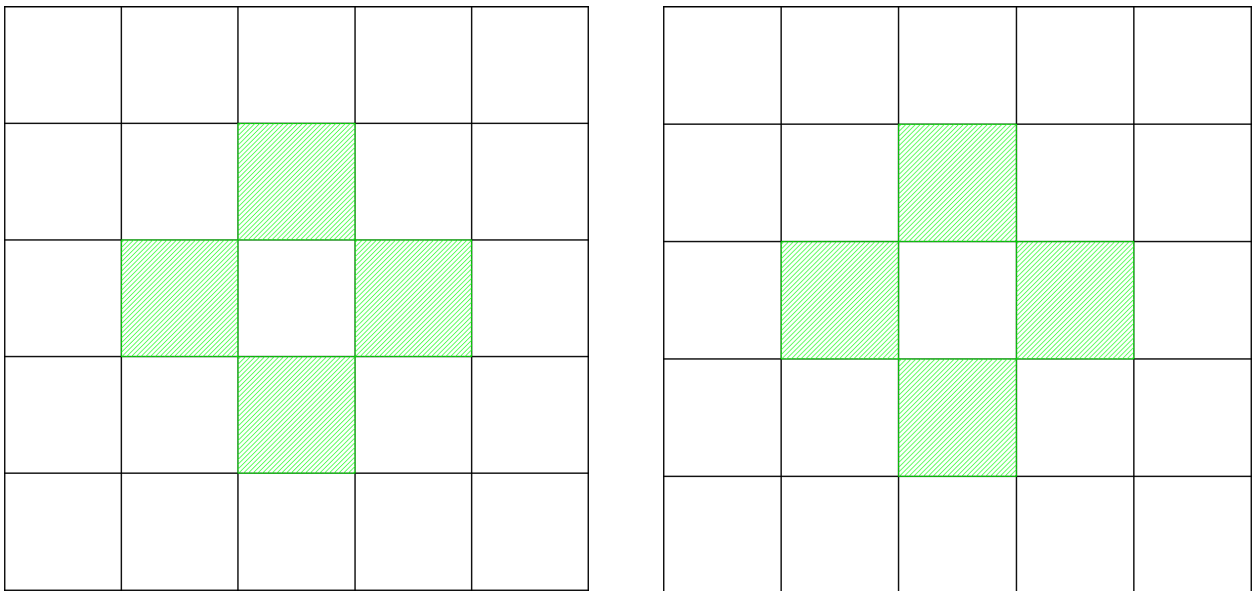


Figure n°6 : exemple de forme stable

Pour être stable, chaque case de la forme doit respecter les règles suivantes, v étant le nombre de robots voisins d'une case :

- Pour une case vide : $v \neq 3$
- Pour une case avec robot : $v \in \{2, 3\}$

Au début, il nous a semblé que toute forme stable était symétrique selon un point, mais un contre-exemple a très vite prouvé que cela était faux :

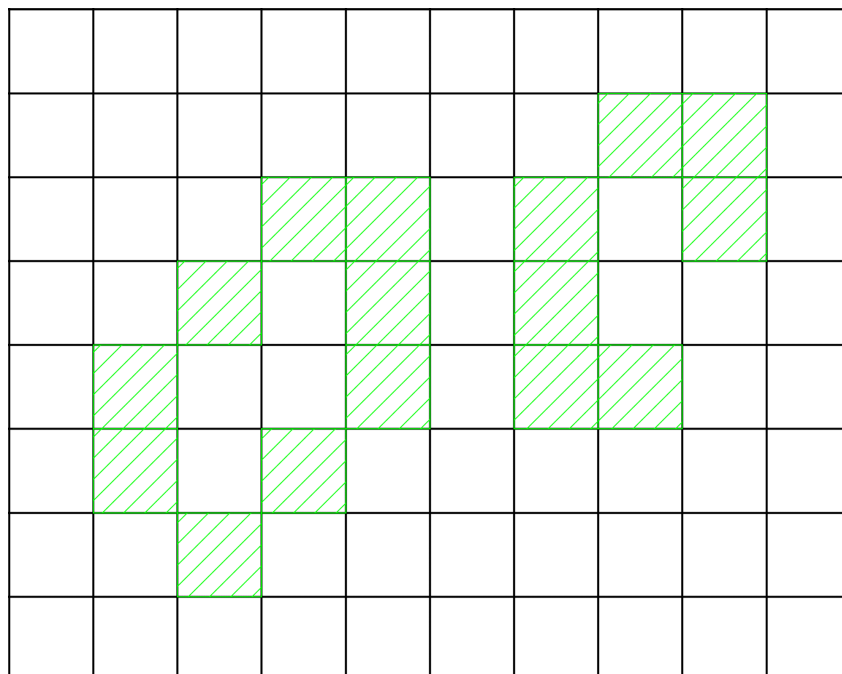


Figure n°7 : Exemple de forme stable sans symétrie centrale

b) Les formes oscillantes

Elles clignotent, on retrouve la même forme après un certain nombre de tours.

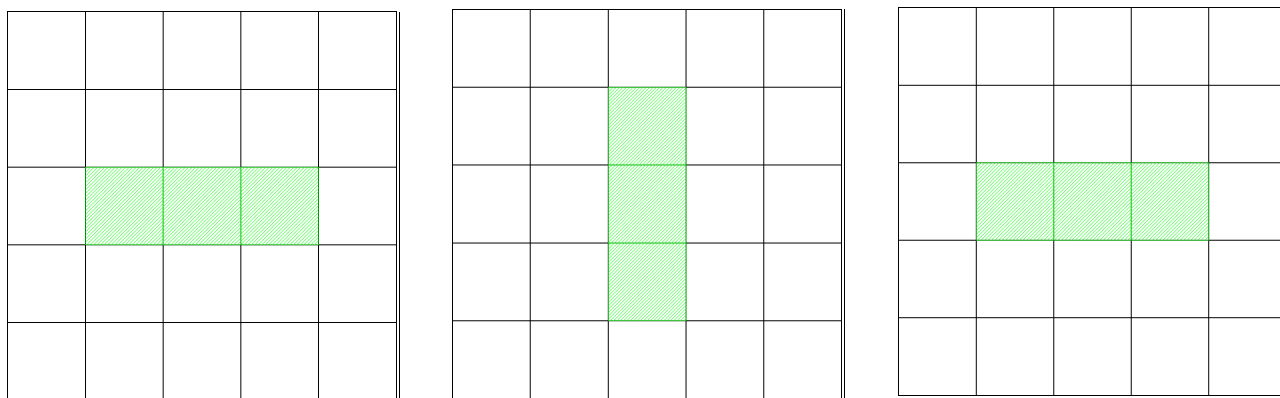


Figure n°8 : Exemple de forme oscillante de période 2

On appelle le nombre de tours nécessaires pour revenir à la forme originale, la période de la forme oscillante.

On peut créer une forme oscillante de période donnée, en “assemblant” différentes formes oscillantes (on les place côte à côte) : la période de la forme composée est alors obtenue par la multiplication des périodes des 2 formes initiales.

Exemple : On veut une forme oscillant en six tours.

On connaît une forme avec une période de trois tours, et de deux tours.

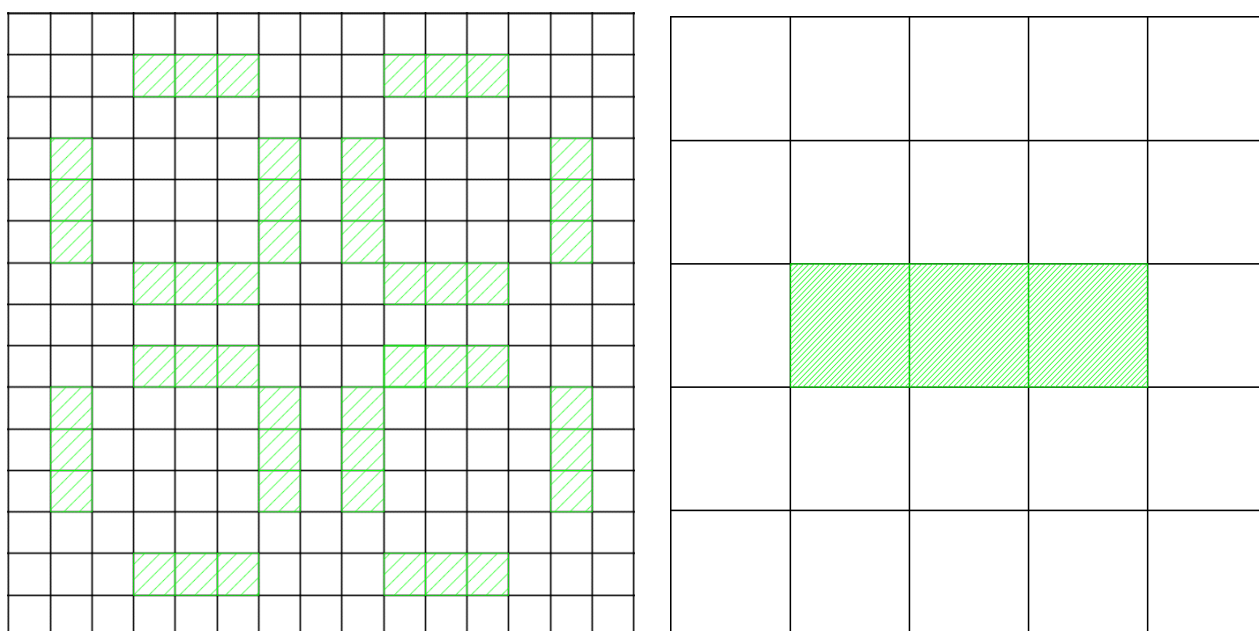


Figure n°9 : à gauche, forme oscillante de période 3 - à droite, forme oscillante de période 2

On peut donc créer la forme suivante (figure 10), pour avoir une forme oscillant en six tours :

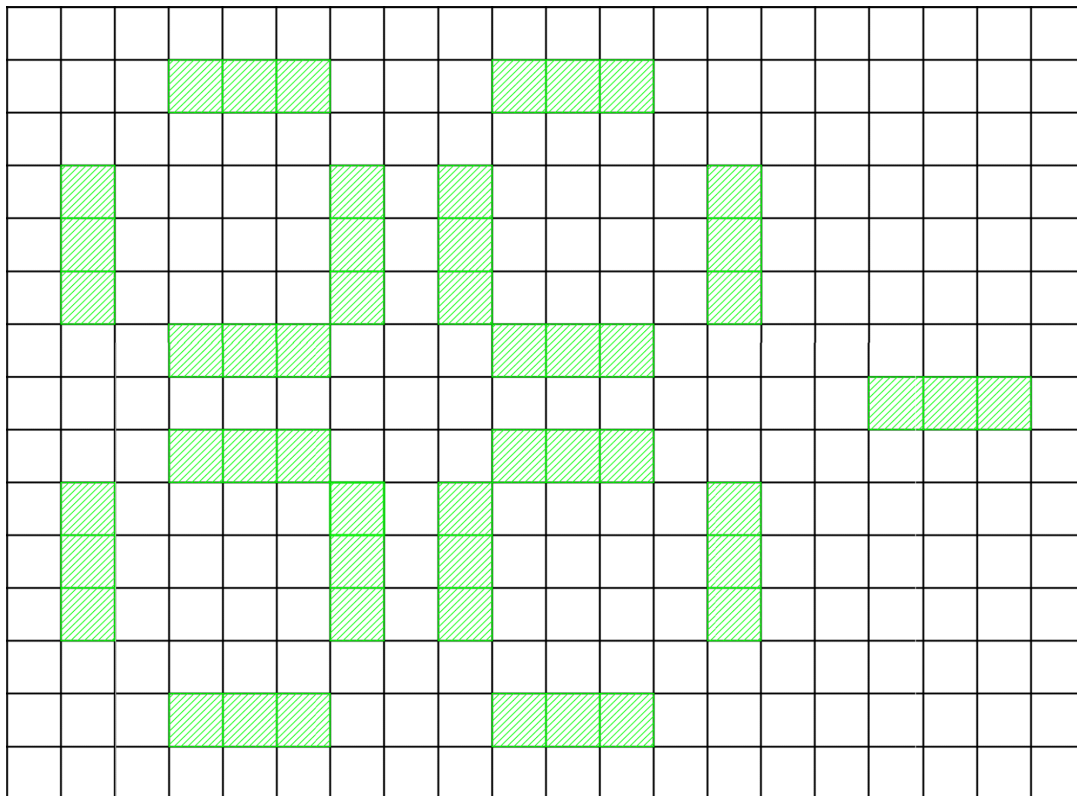


Figure n°10 : Exemple de forme oscillante de période 6

Cependant, quelques exceptions s'appliquent à cette méthode :

- La période désirée ne peut pas être un nombre premier
- Les formes mises côte à côte doivent avoir des périodes différentes [\(1\)](#)

c) Les formes mobiles

Elles se déplacent, on retrouve la même configuration de robots après un certain nombre de tours, mais déplacés dans une direction.

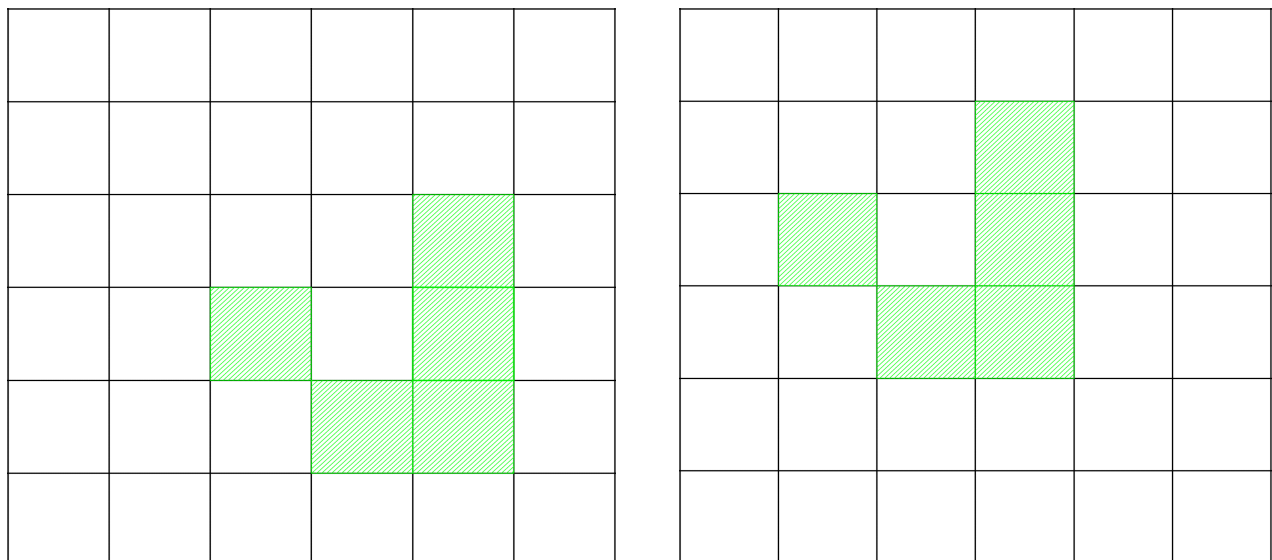


Figure n°11 : Exemple de formes mobiles

Ce comportement particulier est le plus complexe et semble être le plus rare, en conséquence, nous n'en avons trouvé qu'un exemple.

3) Objectif 2 : Analyser le comportement de formes de taille importante

On définit une forme de taille importante comme une forme ne pouvant pas rentrer dans un carré d'environ 5 x 5.

Pour ce type de forme, il existe deux possibilités après qu'elles aient fini d'évoluer :

- soit elles disparaissent complètement.
- soit elles se décomposent en plusieurs petites formes élémentaires stables, oscillantes, ou même mobiles.

4) Objectif 3 : Trouver s'il existe une limite quant à la taille des formes stables.

Pour trouver la limite de taille des formes stables, des tests de modification (agrandissement tout en gardant les conditions pour que la forme reste stable) sur les formes stables que nous avons déjà trouvées ont été effectués.

Nous avons remarqué, en partant d'une forme stable simple comme celle ci-dessous (figure n°12), que si nous la répétons dans une seule direction, il est alors possible de créer une forme stable de taille potentiellement infinie.

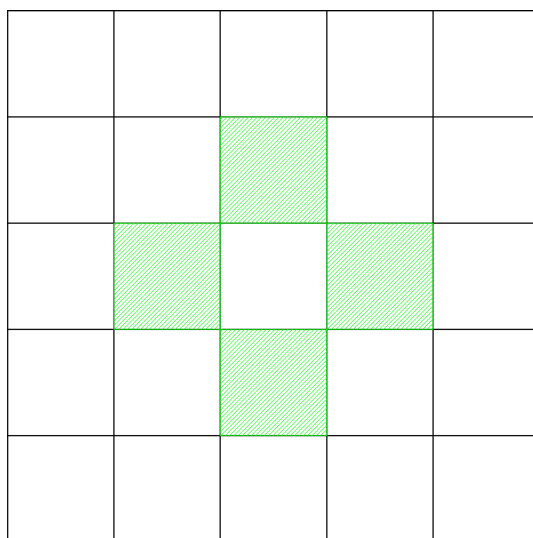


Figure n° 12 : Exemple de forme stable simple

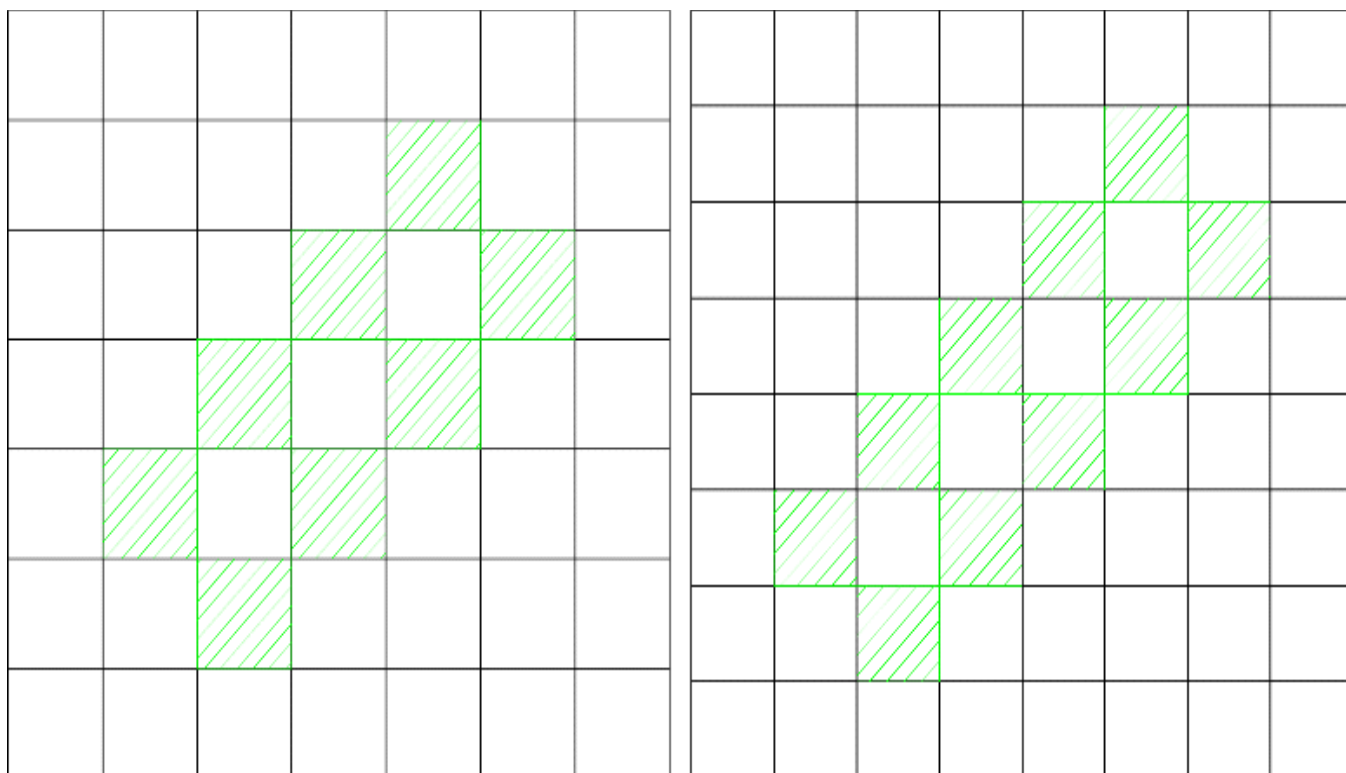


Figure n°13 : Exemples de formes stables de grandes tailles obtenues par répétition de la forme stable simple de la figure n°12.

5) Objectif 4 : Modifier les règles de base, et observer des formes au comportement particulier avec ces nouvelles règles.

Représentation des règles :

Les règles seront représentées par un tableau, qui assignera à un nombre de robots voisins, un effet sur la case. Les effets sont les suivants :

- **Mort** : Si la case contient un robot, le robot meurt, sinon, la case reste vide.
- **Neutre** : L'état de la case ne change pas.
- **Naissance** : Un robot naît sur cette case.

Voici, par exemple, la représentation en tableau des règles de base :

Nombre de voisins	Effet
0	Mort
1	Mort
2	Neutre
3	Naissance
4	Mort
5	Mort
6	Mort
7	Mort
8	Mort

Règle stable:

On remarque que plus l'on diminue le nombre de robots vivants nécessaire pour qu'une cellule vivante le reste, plus le nombre de formes stables possible va augmenter, et des formes croissant à l'infini apparaîtront. Ainsi, plus le nombre de voisins est proche de zéro, plus le caractère sera fort. Par exemple si on le met à 0, 1, 2 et 3 il y aura plus de formes stables que si on le met à 6, 7, 8, 9.

Exemple :

Nombre de voisins	Effet
0	Mort
1	Neutre
2	Neutre
3	Neutre
4	Neutre
5	Mort
6	Mort
7	Mort
8	Naissance

Règle éphémère:

On remarque que plus l'on diminue le nombre robots vivants nécessaire pour qu'une cellule vivante meure, plus le nombre de formes stables possible va diminuer, et les formes auront alors une durée de vie très faible, d'où le nom.

Nombre de voisins	Effet
0	Mort
1	Mort
2	Mort
3	Mort
4	Mort
5	Mort
6	Mort
7	Neutre
8	Naissance

Conclusion

Suite au Congrès, une nouvelle technique pour créer des formes stables infiniment grandes nous a été proposée, elle consiste à créer des ponts entre des formes, en suivant des conditions très strictes, respectant les conditions de stabilité (figure 14). Les recherches sur cet élément n'ont pas pu être très poussées et il serait intéressant de le faire.

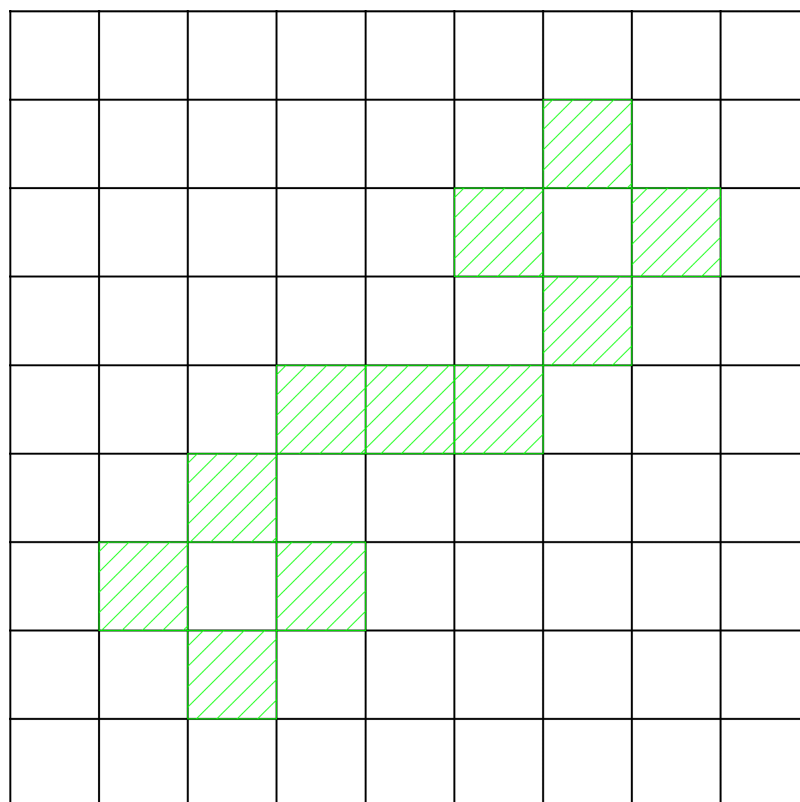


Figure n°14 : Exemple de forme stable de grande taille obtenue avec un pont

D'autre part, nous constatons que nos règles de base sont un parfait équilibre entre une règle stable et éphémère, elle permet l'existence de plusieurs types de formes sans pour autant avoir de formes qui croissent à l'infini.

Lien de la base de formes intéressantes (les fichiers .rbp peuvent être ouverts dans le programme) :
<https://drive.google.com/open?id=0B2jG2gob9slPTFhTdW1ic28zZEU>

Note d'édition

(1) Le lecteur très attentif aura remarqué qu'en assemblant deux structures de périodes x et y , on obtient une forme de période $\text{ppcm}(x,y)$, le plus petit commun multiple de x et y .