

# INTÉGRATION DE RÔLES, DE FLOCKING ET DE LANGUAGE GAMES DANS UN ESSAIM DE ROBOTS POUR UNE TÂCHE D'EXTINCTION DE FEUX

## CONTEXTE ET OBJECTIF

Notre projet intervient dans le domaine des **essaims de robots**. A l'instar des essaims d'abeilles ou de fourmis, ces essaims robotiques rassemblent de nombreux robots mobiles, tels des drones, qui ont souvent des comportements individuels simples, mais qui peuvent se coordonner et coopérer ensemble pour faire émerger des comportements collectifs complexes. Pour que ces essaims **s'adaptent en autonomie** à des **environnements inconnus**, les roboticiens s'inspirent parfois d'autres domaines, comme celui de la biologie avec la communication par phéromones ou le déplacement en nuée d'oiseaux (appelé **flocking**). En 2020, un premier projet tutoré, mené par Erwan Plantec, Lionel Aquilanti et Rafaëlle Belorgey [1], explore une approche innovante tirée du champ de la linguistique : les **Language Games**. En échangeant entre eux des **mots** représentant des concepts de leur environnement, les robots apprennent les comportements à adopter pour accomplir une tâche.

→ Notre projet vise à améliorer leur approche des Language Games afin d'obtenir des comportements encore plus **adaptatifs** et **évolutifs** dans des **environnements inconnus**.



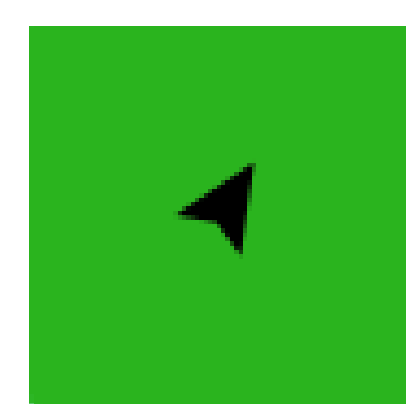
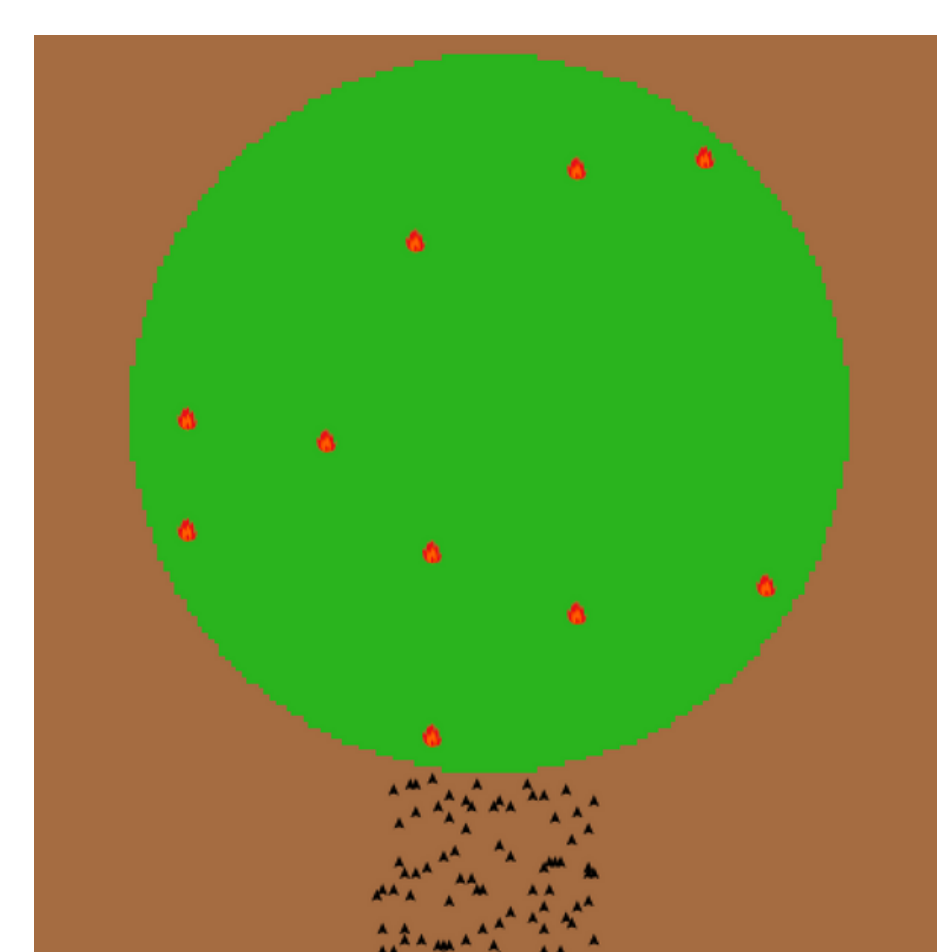
Crédit image : Daniele Rossi, dans Ausonio E, Bagnnerini P, Ghio M. Drone Swarms in Fire Suppression Activities: A Conceptual Framework. Drones. 2021; 5(1):17. <https://doi.org/10.3390/drones5010017>

## TÂCHE ET SOLUTION

Nous avons choisi de placer des drones dans une forêt dans laquelle brûlent des feux à certains endroits. La tâche à accomplir est de **chercher et éteindre tous les feux** le plus vite possible. Un feu ne peut être éteint que s'il y a assez de drones autour. Pour les drones, la tâche est difficile car ils ne savent pas où sont les feux, ni combien ils doivent être au minimum pour éteindre un feu ! Pour les aider, nous leur avons permis de prendre différents **rôles**, de se déplacer en **flocking**, et d'échanger des mots via les **Language Games**. Notre tâche a été **simulée** dans le logiciel Netlogo [2], qui permet de modéliser des systèmes multi-agents tels que les essaims de robots ou de drones.

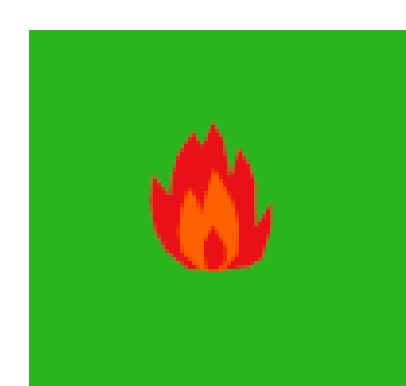
## OÙ EN SOMMES-NOUS EN 2022 ?

La robotique en essaim autonome est encore peu implémentée dans la vie réelle. Les exemples qui existent en-dehors des laboratoires ne sont pas autonomes, comme les spectacles artistiques d'essaims de drones. Il y a encore énormément de recherches et d'expériences à effectuer avant que les drones remplacent les pompiers !

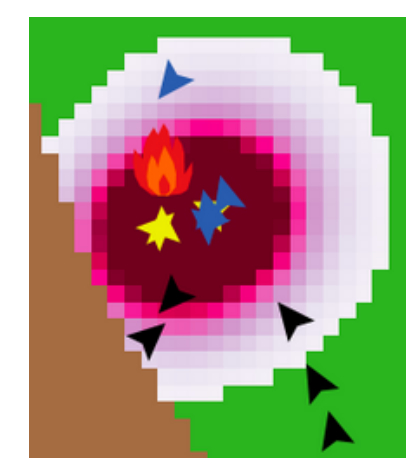
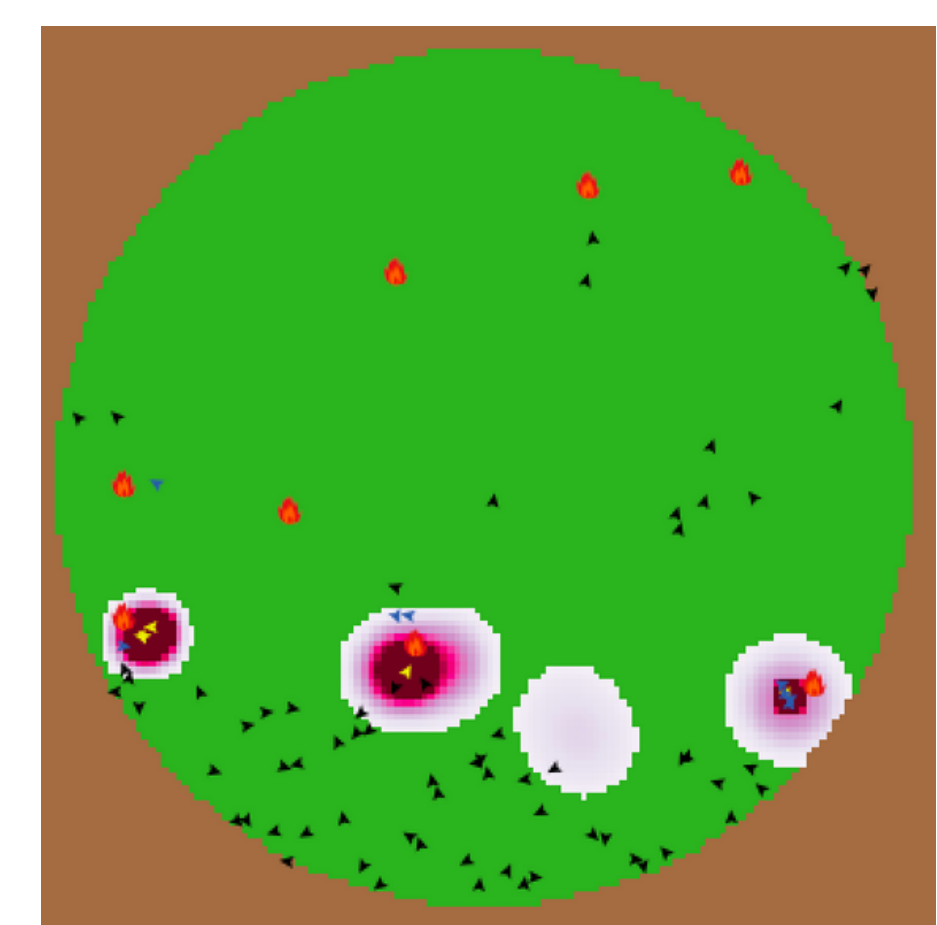


## ÉTAT INITIAL DE LA SIMULATION

Les drones ou "agents" (triangles noirs) commencent au Sud de la forêt (cercle vert).



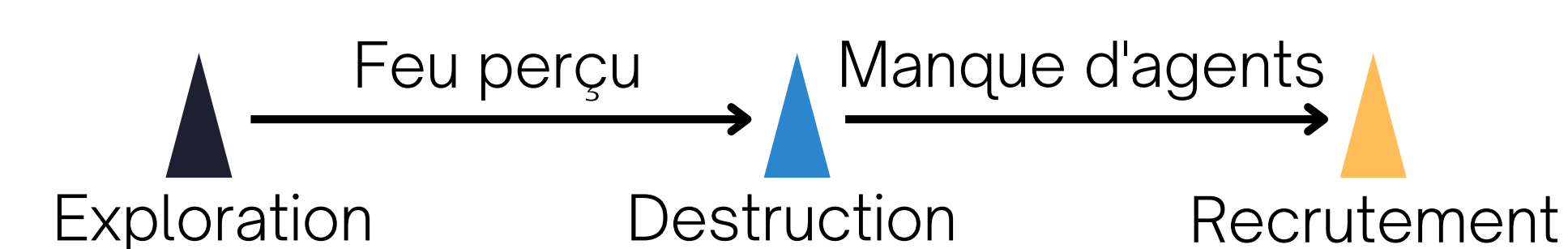
Des feux (en rouge) sont disposés de manière aléatoire dans la forêt. Nous choisissons au début de la simulation le nombre minimal d'agents devant être près d'un feu pour l'éteindre.



## AU COURS DE LA SIMULATION

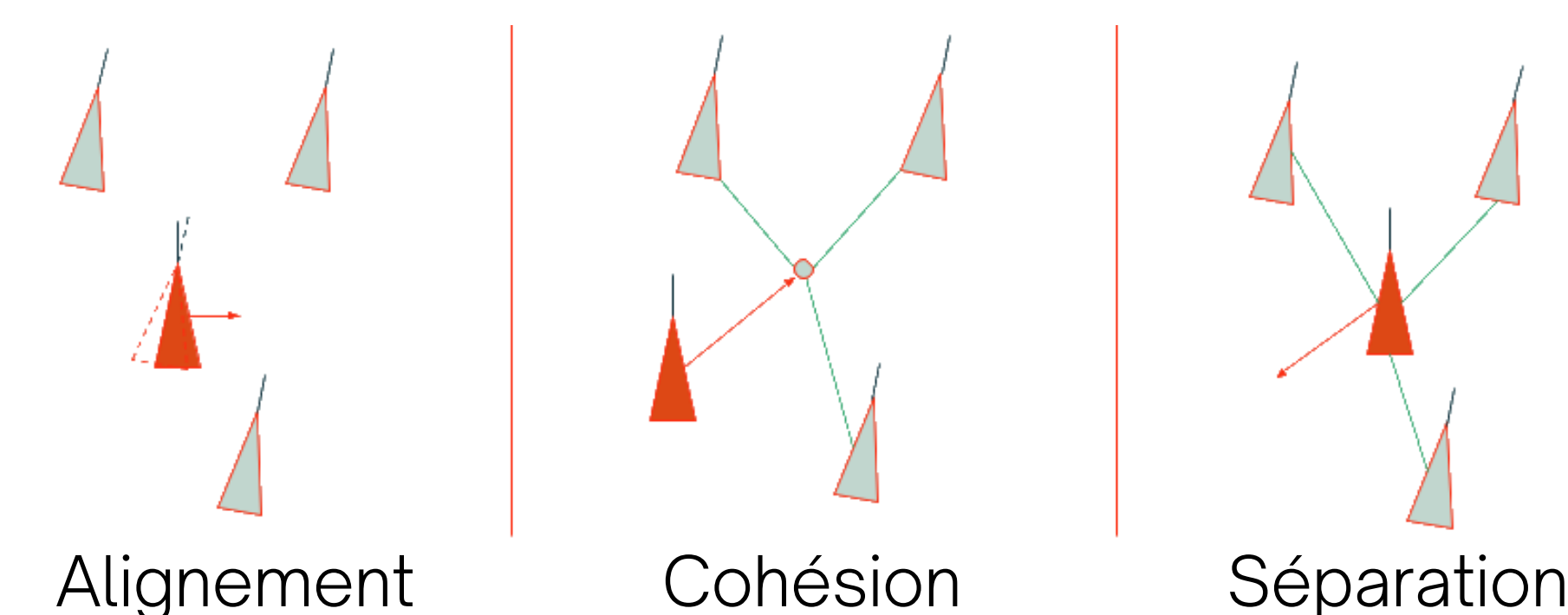
Les agents explorent la forêt, en flocking ou non, jusqu'à trouver un feu. Lorsqu'un agent trouve un feu, il essaie de l'éteindre (l'agent devient bleu). Si l'intensité du feu ne diminue pas, alors il tente de recruter d'autres agents en émettant un signal (cercle de dégradé violet autour des agents jaunes). Lorsqu'il y a suffisamment d'agents autour d'un feu, celui-ci est détruit. Les agents communiquent entre eux leurs mots pour tenter d'apprendre de bons paramètres comportementaux.

## RÔLES



## FLOCKING

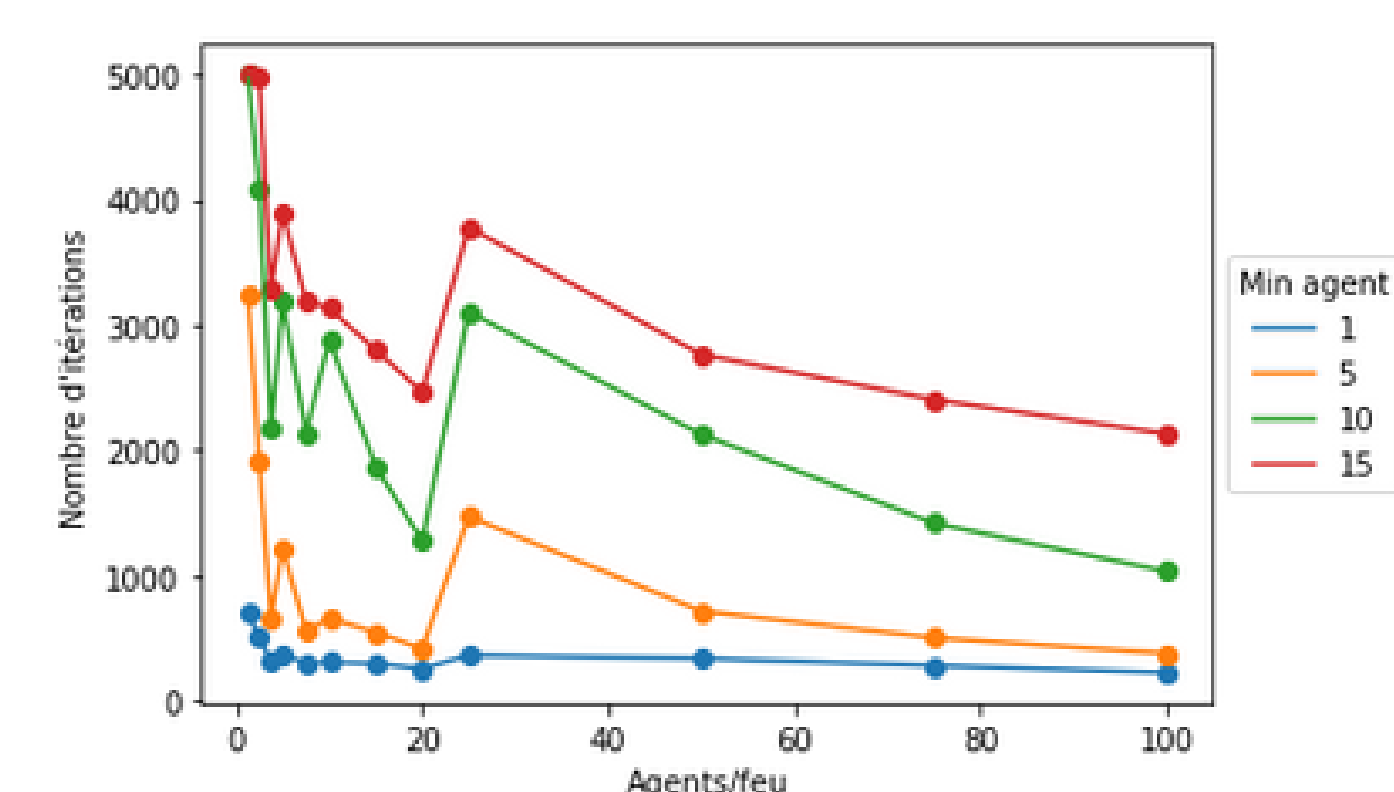
Modèle de Reynolds, 1987 [3] :  
3 règles de flocking



## LANGUAGE GAMES

Steels, 1995 [4]  
Attirance aux feux  
Attirance aux signaux de recrutement  
Estimation du nombre d'agents pour éteindre un feu

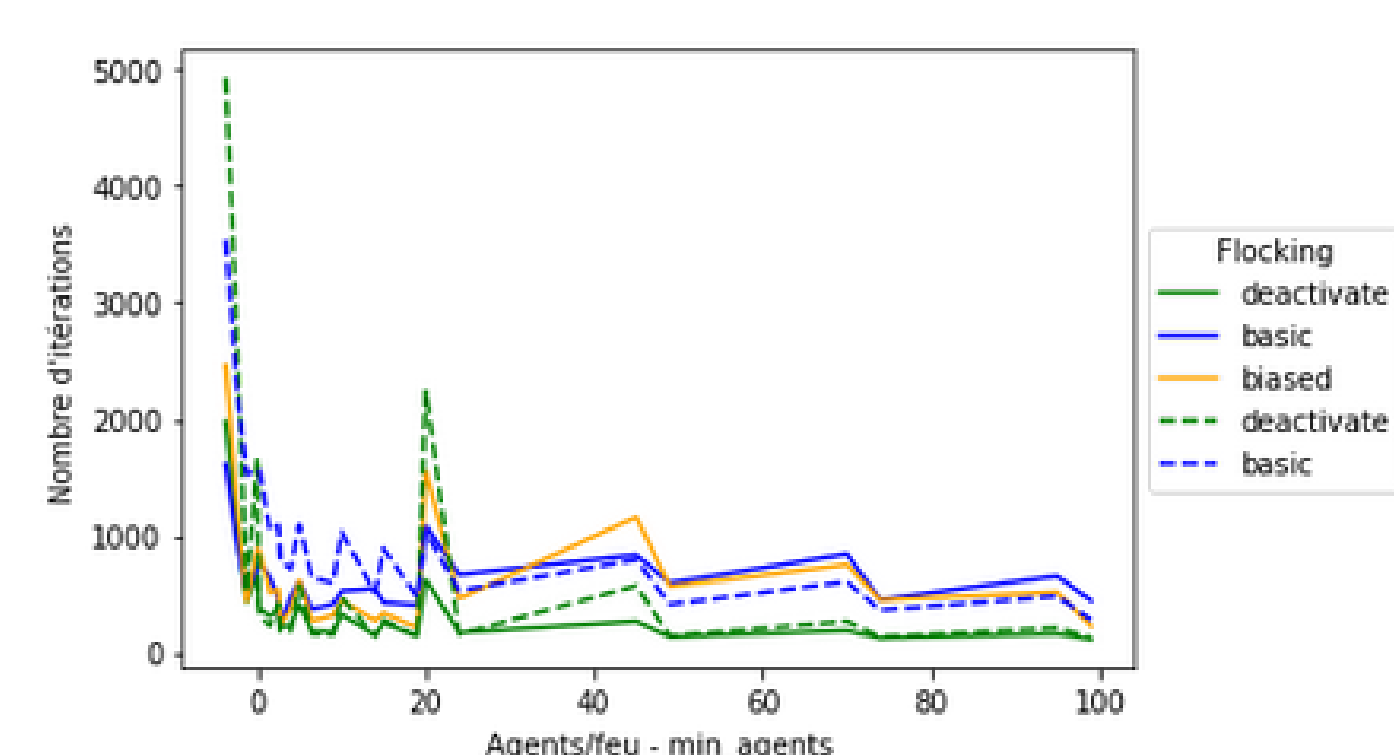
## RÉSULTATS DU TEMPS MIS POUR ÉTEINDRE TOUS LES FEUX



### Selon le nombre d'agents pour éteindre un feu

Plus il faut d'agents pour éteindre un feu (min-agents), plus le temps mis (nombre d'itérations) est grand.

En outre, une petite population mettra plus de temps qu'une grande pour performer la tâche, et ce quelque soient les valeurs des différents paramètres.

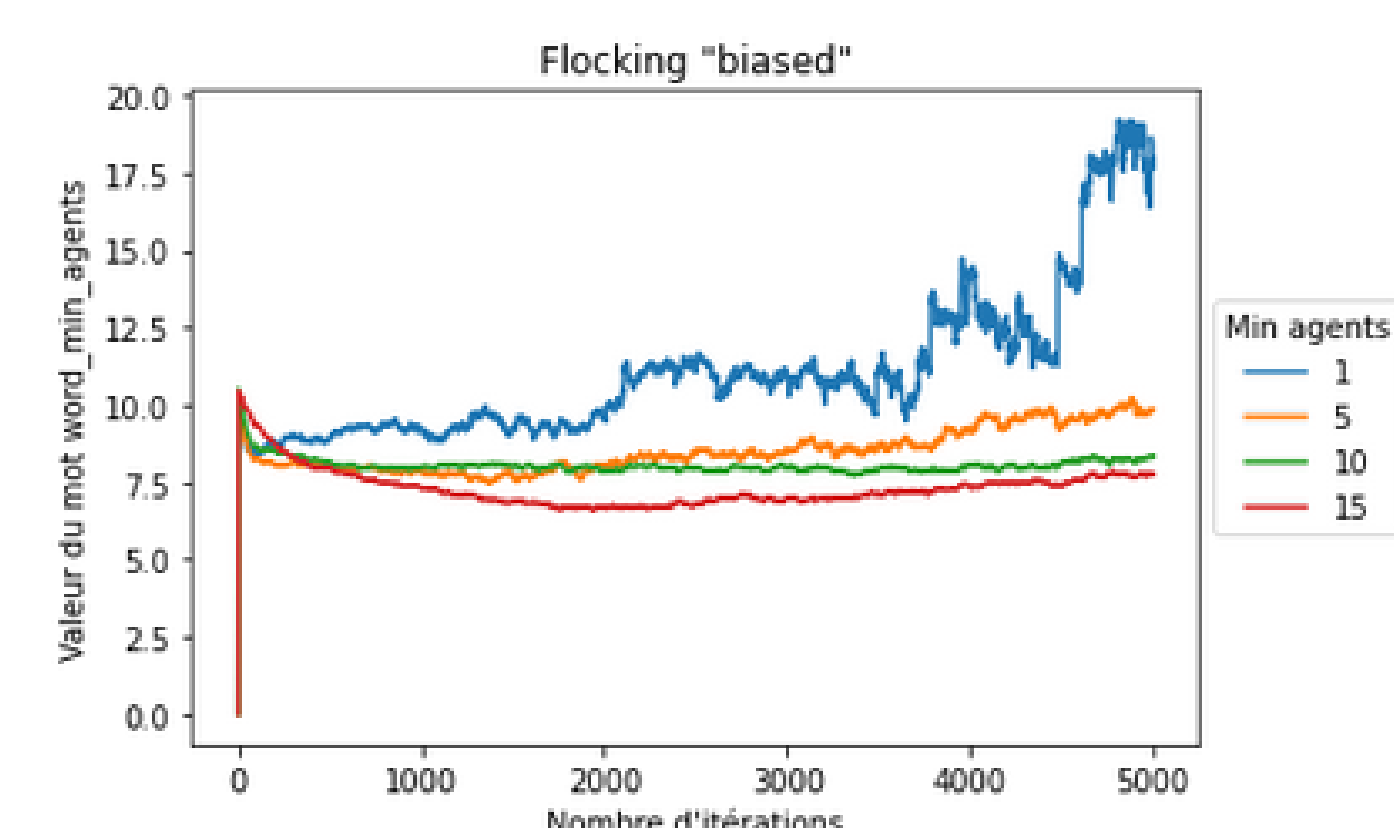


### Selon le type de déplacement, avec (traits) ou sans (tirets) Language Games

De manière générale, les agents sans flocking (traits verts et tirets verts) mettent moins de temps.

En-dessous d'une densité de 20 agents par feu, les agents avec Language Games (traits) sont plus rapides.

## EXTRAIT DE RÉSULTATS DE L'ÉVOLUTION DES MOTS



Dans le cas où le flocking est biaisé par les Language Games, nous espérons que les agents apprennent à adapter leur mot min-agents à la réelle valeur de min-agents. Toutefois, cela n'a pas été le cas. Les résultats sont très étonnants, puisque pour une valeur réelle de min-agents à 1 (courbe bleue), le mot min-agents a tendance à augmenter alors qu'il devrait baisser à 1.

## CONCLUSION

Le modèle de solution que nous avons construit s'est montré peu efficace : cela pourrait être dû à une mauvaise implémentation du flocking ou des mots des *Language Games*.

Les améliorations de ce projet consisteraient par exemple à remplacer le recrutement statique par un recrutement mobile, à tester différentes manières de biaiser le flocking, ou encore à ajouter des probabilités pour passer d'un rôle à un autre. De futurs projets pourraient éventuellement être entièrement consacrés à l'instanciation du modèle dans de vrais robots ou drones.

[1] Erwan Plantec, Lionel Aquilanti et Rafaëlle Belorgey. Vers l'adaptation de comportements par le biais de l'évolution culturelle pour des essaims de robots autonomes. University works. LORIA, UMR 7503, Université de Lorraine, CNRS, Vandoeuvre-lès-Nancy, juill. 2021. url : <https://hal.inria.fr/hal-03280188>.

[2] Wilensky, U. 1999. NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston

[3] Craig W. Reynolds. « Flocks, Herds and Schools : A Distributed Behavioral Model ». In : SIGGRAPH Comput. Graph. 21.4 (août 1987), p. 25-34. issn : 0097-8930. doi : 10.1145/37402.37406.

[4] Luc Steels. « A Self-Organizing Spatial Vocabulary ». In : Artificial Life 2.3 (avr. 1995), p. 319-332. issn : 1064-5462. doi : 10.1162/artl.1995.2.3.319.