



République Algérienne Démocratique et Populaire

N° d'ordre :

N° de série :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

UNIVERSITÉ ECHAHID HAMMA LAKHDAR EL OUED

FACULTE DES SCIENCES EXACTES

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine: Mathématiques et Informatique

Filière: Informatique

Spécialité: Systèmes informatiques

Présenté par:

- Medileh Mounir

- Mittou Mohammed Elhadi

- Laouid Wafa

Thème

***Flocage des oiseaux avec obstacles
en utilisant NetLogo***

Sous la supervision de:

Miss. Guettas Chourouk

Année universitaire 2015 – 2016

Remerciement

*En premier lieu, nous remercions « Allah »
de nous avoir donné la patience, la santé et le courage
pour arriver jusqu'à là.*

Nous remercions

*Miss Guettas Chourouk pour son encadrement, sa disponibilité, son suivi,
ses conseils et ses critiques constructives.*

Nous remercions aussi

*Tous les professeurs dans le département de l'informatique
pour leur soutien durant les années des études universitaires*

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

« قل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون »

صدق الله العظيم

إلهي لا تطيب الليل إلا بشكرك ولا تطيب النهار إلا بطاعتك .. ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة

إلا برويتك

الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبى الرحمة ونور العالمين ..

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى ملاكي الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتقاني .. إلى بسم الحياة وسر الوجود

إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الجباب

أمي الحبيبة

يا من أحمل اسمك بكل فخر، يا من أفقذك منذ الصغر، يا من تنعش قلبي لذكرك، يا من أودعتني الله أهديك هذا البحث

أبي العزيز

إلى من هم أقرب إلى من روعي، إلى من شاركني حضن الأم وبهم استمد عزتي وإصراري

إخوتي وأخواتي

إلى رفيقة دربي إلى الله، شريكة مشوارى إلى الجنة، طاهرة الروح .. رقيقة المشاعر .. عذبة الوجدان

خطيبتي الغالية

إلى أصدقائي الذين تسكن صوره وأصواتهم أجمل اللحظات والأيام التي عشتها

إلى كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل .. شكري الجزيل وامتناني

محمد الهاوي

Dedications

To my Father and MOTHER

To my Brothers and Sisters

To my beloved Wife and daughters AYDA & ISRA

To All my friends

Specially

Johan, Kaizo, Kensei, Sniper, Jacob, Dok, Zaki

HES, YouniRex, Aissa T., Doha B,

Tarek H. and Amel B.

To my coworkers for their support

Specially Mr. Mehda D.

MNR

Dédicaces

A ma famille, mes frères, mes sœurs

Mes amis et tous les gens qui me supporté

Wafa

Abstract

Our work is an attempt to simulate individual and collective behavior of flocks of birds to avoid collision with obstacles and give a closer overview to reality. We made changes to an existing model with use of the software NetLogo, by adding mobile obstacles represented by predatory birds, in addition to fixed and unexpected obstacles added during the simulation (trees). The purpose of these additions is to simulate the movement of birds and compare the way of avoiding obstacles with natural movement in real life. This study allowed us to take a simplified overview of the behaviors of the flock, which is also useful in many fields, like self-controlled aircrafts, video games and movies, and also the researchers in other scientist fields (biology...).

Keywords: Flocking, birds, Behavior simulation, avoiding obstacles, NetLogo.

Résumé

Notre travail est une tentative de simuler le comportement individuel et collectif des troupes d'oiseaux pour éviter la collision avec des obstacles et donner une vision plus proche de la réalité. Nous avons modifié un modèle existant avec l'utilisation du logiciel NetLogo, en ajoutant des obstacles mobiles représentés par les oiseaux prédateurs, en plus des obstacles fixes et imprévus ajoutés au cours de la simulation (arbres). L'objectif de ces ajouts est de simuler le mouvement des oiseaux et de comparer leur façon d'éviter les obstacles avec le mouvement naturel dans la vie réelle. Cette étude nous a permis de prendre une vision simplifiée des comportements du troupeau, qui est également utile dans de nombreux domaines, comme les avions autocontrôlés, les jeux vidéo et les films, ainsi que les chercheurs dans d'autres domaines scientifiques (biologie ...).

Mots-clés : Flocking, oiseaux, simulation de comportement, évitements d'obstacles, NetLogo.

ملخص:

تتمثل دراستنا في محاولة لمحاكاة السلوك الفردي والجماعي لسرب من الطيور في تفادي الارتطام بالعوائق واعطاء نظرة عامة اشبه ما تكون اقرب الى الواقع. حيث قمنا بعمل تعديلات على نموذج سابق باستعمال برنامج (NetLogo)، وذلك بإضافة عوائق متحركة متمثلة في طيور مفترسة، وحواجز ثابتة غير متوقعة يتم إضافتها أثناء المحاكاة (أشجار). الهدف من هذه الإضافات هو محاكاة حركة الطيور وطريقة تجنبها للعوائق والتحقق من مشابهتها للواقع. مكنتنا هذه الدراسة من أخذ نظرة مبسطة عن سلوكيات السرب، والتي تقيد أيضا في مجالات عديدة سواء في الطائرات الذاتية التحكم، ألعاب الفيديو والأفلام، أو لدى الباحثين في مجال البيولوجيا أو المجالات العلمية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: أسراب الطيور، محاكاة السلوك، تجنب العوائق، NetLogo.

Table des matières

Introduction générale	2
Chapitre I - Introduction au comportement de flockage	
1. Introduction	5
2. C'est quoi un comportement ?	5
3. Types de comportement	5
3.1. Le comportement coopératif	5
3.2. Le comportement collectif	5
4. Le troupeau (flock)	6
5. Flocking	6
6. Règles de flockage	7
7. Le mesurage	7
8. Applications de flockage	7
9. Flockage avec évitement d'obstacle	8
10. Historique des approches de Flockage	8
11. Conclusion	9
Chapitre II - La méthode proposée	
1. Introduction	11
2. Les mouvements des troupeaux	11
2.1. Séparation	12
2.2. Alignement	13
2.3. Cohésion	14
3. Evitement des obstacles	15
4. Evitement des prédateur	16
5. La chasse aux boids (comportement des prédateurs)	17
6. Conclusion	18
Chapitre III - Implémentation et simulation	
1. Introduction	20
2. NetLogo	20
2.1. Les composants de NetLogo	21
2.1.1. Environnement	21
2.1.2. Patches	21
2.1.3. Turtles/breeds	21
3. L'objectif de la simulation	22

4. L'environnement de la simulation	23
5. Les mouvements des Boids	26
6. Les mouvements des prédateurs	27
7. Sélection des paramètres	28
8. Test de simulation	28
8.1. Test de floccage	29
8.2. Test d'évitement des obstacles fixes et imprévus	31
8.3. Test d'évitement des obstacles fixes (depuis le démarrage)	33
8.4. Test d'évitement des obstacles mobile (prédateurs)	35
9. Conclusion	37
Conclusion générale	39
Bibliographie	41

La liste des Figures

Figure 2.1. Séparation	12
Figure 2.2. Alignement	13
Figure 2.3. Cohésion	14
Figure 2.4. Evitement d'un obstacle	15
Figure 2.5. Evitement d'un prédateur	16
Figure 2.6. La chasse aux boids	17
Figure 3.1. Interface de NetLogo Ver.5.2.1	20
Figure 3.2. Objectif de LA simulation	22
Figure 3.3. L'environnement de la simulation	23
Figure 3.4. Monde sans frontière	23
Figure 3.5. Type des Agents	24
Figure 3.6. Interface du programme – Coté gauche des paramètres	25
Figure 3.7. Proie ciblée	27
Figure 3.8. Interface du programme – Coté droite des paramètres	28
Figure 3.9. Les Boids en 0 ticks (sans obstacles) (0 flock)	29
Figure 3.10. Flocks des Boids après 1136 ticks (sans obstacles) (16 flocks)	30
Figure 3.11. Flocks des Boids après 1218 ticks (sans obstacles) (11 flocks)	30
Figure 3.12. Avant l'évitement des obstacles en 1519 ticks	31
Figure 3.13. Pendant l'évitement des obstacles en 1520 ticks	31
Figure 3.14. Pendant l'évitement des obstacles en 1524 ticks	32
Figure 3.15. Pendant l'évitement des obstacles en 1530 ticks	32
Figure 3.16. Evitement des obstacles depuis le démarrage - en 0 ticks	33
Figure 3.17. Evitement des obstacles depuis le démarrage – en 101 ticks	34
Figure 3.18. Evitement des obstacles depuis le démarrage – en 1001 ticks	34
Figure 3.19. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) - en 558 ticks	35
Figure 3.20. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) – en 558 ticks	36
Figure 3.21. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) – en 561 ticks	36

Introduction générale

Introduction générale

Dans une certaine époque, quand les scientifiques ont essayé d'étudier un phénomène naturel ou un comportement d'un animal, ils iraient à la nature, et passer des jours et des semaines en suivant et étudiant leurs sujets; Si un homme ordinaire a essayé de voler avec un avion, il lui fallait de trouver un vrai avion et un bon entraîneur pour le faire. Si quelqu'un voulait conduire un char, il devrait être militaire.

Mais après l'apparition de l'ordinateur, toute personne avec un ordinateur et un logiciel de simulation peut faire le tout, marcher sur la lune, conduire des voitures, des camions, des avions, des bateaux ou même simuler des réactions chimiques ou nucléaires.

La simulation par ordinateur a ouvert une large porte pour toutes les personnes, et pas seulement aux scientifiques pour tester ou expérimenter des choses et des phénomènes qu'ils ne rêvaient jamais de les faire.

L'un des systèmes naturels les plus difficiles à étudier et à comprendre est le comportement du flocage des oiseaux. Dans notre projet nous utilisons un environnement virtuel pour le simuler. Cette simulation du comportement de flocage des oiseaux n'est pas seulement pour des raisons biologiques, mais pour la compréhension de ce comportement qui pourrait nous aider à créer des drones autopilotés et des avions qui pourraient voler et éviter tout ce qu'il y a sur leurs chemins.

Dans cette étude, nous allons utiliser un logiciel de simulation NetLogo, pour essayer de résoudre les problèmes suivants:

- Comment représenter l'environnement de la simulation?
- Comment simuler le comportement de flocage?
- Comment faire pour que les oiseaux évitent les obstacles, statiques et dynamiques?
- Est-ce que les résultats de la simulation seront proches de la réalité?

Nous essayons par notre étude d'atteindre l'objectif de réaliser une simulation permettant aux oiseaux de naviguer dans un environnement tout en évitant la collision avec des objets statiques, dynamiques et éventuellement tous les obstacles imprévisibles.

Pour répondre à ces questions, nous allons utiliser un modèle existant sur NetLogo qui imite le comportement de flocage des oiseaux avec évitement des obstacles statique, et nous allons ajouter des fonctionnalités pour simuler ce comportement avec des obstacles dynamique et imprévisibles.

Le travail qui a conduit à l'accomplissement de ceci est organisé à travers ce mémoire comme suit :

Le premier chapitre explique le comportement individuel et collectif, ainsi que les règles et les techniques de flockage. Le deuxième chapitre définit les concepts de base, les algorithmes et des descriptions détaillées du comportement de flockage. Le troisième chapitre porte sur la mise en œuvre des algorithmes utilisés et les essais de simulation et ses résultats. Une conclusion générale vient pour clôturer ce travail ainsi pour donner une synthèse de tout ce qui a été fait ou acquis, et en ouvrant une parenthèse de perspectives sur ce qu'on projette de faire dans le futur, que ce soit le proche avenir ou à long terme.

Chapitre I

*Introduction au comportement
de flocage*

1. Introduction

Le flocage est le phénomène dont lequel les individus automoteurs utilisent seulement l'information environnementale limitée et des règles simples, pour s'organiser en un mouvement ordonné.

Notre travail consiste à étudier le comportement de flocage des oiseaux et la façon d'évitement des obstacles. Dans ce chapitre, nous allons expliquer les concepts associés au comportement de flocage.

2. C'est quoi un comportement ?

Le comportement est l'ordre d'actions et manières faites par des individus, des organismes, des systèmes ou des entités artificielles en conjonction avec eux-mêmes ou leur environnement, ce qui comprend les autres systèmes ou organismes autour que l'environnement physique inanimé. Le comportement est la réponse du système ou de l'organisme à divers stimuli ou des intrants, que ce soit interne ou externe, consciente ou inconsciente, ouverte ou cachée, et volontaire ou involontaire.

Le terme « comportement » désigne les actions d'un être vivant. Il a été introduit en psychologie française en 1908 par Henri Piéron comme équivalent français de l'anglais-américain "*behavior*". On l'utilise notamment en éthologie (humaine et animale) ou en psychologie scientifique. Il peut aussi être pris comme équivalent de conduite dans l'approche psychanalytique. [ACA]

3. Types de comportement:

3.1. Le comportement coopératif:

C'est l'interaction de deux ou plusieurs personnes ou organisations dirigé vers un but commun qui est mutuellement bénéfique. Un acte ou une instance de travail ou d'agir en ensemble pour un but ou intérêt commun, c'est-à-dire, une action commune. [NAT]

3.2. Le comportement collectif:

L'auto-organisation sans la présence d'un chef est une caractéristique commune dans le comportement collectif de certains animaux: insectes (sauterelles, fourmis, ...), poissons, oiseaux... La variété et le comportement étonnant des modèles globaux formé par des groupes des individus est source d'inspiration ainsi que attrayant les scientifiques pour des explications

plus profondes. Les raisons biologiques du groupement comprennent, entre autres: la protection contre un prédateur, les migrations pour reproduction, les économies d'énergie en raison de voler ou de nager dans un ensemble, et la recherche de nourriture. Il est bien connu que les effets tels que les traces de phéromone pour les fourmis peuvent produire un comportement très sophistiqué qui peut être très efficace, comme dans ce cas, à trouver de la nourriture, et est le résultat du comportement individuel de chaque fourmi, sans organisation décidée par toute fourmi particulier. [CAN09]

4. Le troupeau (flock) :

Un troupeau (flock) est un groupe d'oiseaux conduits en comportement flochage en vol, ou en la recherche de nourriture. Le terme est apparenté au troupeau parmi les mammifères. Les avantages de l'agrégation dans les troupes sont variés et les troupes feront explicitement à des fins spécifiques. Flochage a aussi des coûts, en particulier pour les oiseaux socialement subordonnés, qui sont victimes d'intimidation par les oiseaux plus dominants; les oiseaux peuvent également sacrifier l'efficacité alimentaire dans un troupeau afin d'obtenir d'autres avantages. Les principaux avantages sont la sécurité et l'augmentation de l'efficacité de la recherche de nourriture. La défense contre les prédateurs est particulièrement importante dans les habitats fermés tels que les forêts où la prédation est souvent par embuscade, ce qui a conduit au développement de volée mixte d'alimentation. Ces troupes multi-espèces sont généralement composés de petits nombres de nombreuses espèces, ce qui augmente les avantages du nombre, mais aussi de plus en plus la concurrence potentielle pour les ressources. [WIK16a]

5. Flocking

Le flochage (flocking) est une forme de comportement collectif d'un grand nombre des agents interagissant avec un objectif de groupe commun en utilisant les connaissances environnementales limitées et des règles simples. Pendant de nombreuses années, les scientifiques de plutôt différents domaines tels que le comportement des animaux, la physique, la biophysique, la sociologie et de l'informatique ont été enchantés par la magie de flochage, la scolarisation et l'essaimage de groupes d'animaux sociaux.

L'étude du comportement de flochage a été lancée par des scientifiques en biologie qui avaient été fascinés par la prise de décision collective des animaux tels que les fourmis et les abeilles, qui ont souvent besoin de prendre des décisions collectives à se déplacer ensemble à une ressource spécifique, comme une source de nourriture ou de site de nidification. Bien que l'intelligence des agents individuels soit considérée comme insignifiante, la capacité d'accomplir des tâches

complexes dans le groupe et le mécanisme derrière leur comportement collectif a toujours été un enjeu important pour les scientifiques, en particulier les chercheurs robotiques. [NAS11]

6. Règles de flockage:

Les modèles de base de comportement de flockage sont contrôlés par trois règles simples:

1. **Séparation** : un oiseau va tourner pour éviter un autre oiseau trop près.
2. **Alignement** : un oiseau tend à faire tourner de sorte qu'il se déplace dans la même direction que les oiseaux proches de lui.
3. **Cohésion** : un oiseau se déplace vers autres oiseaux à proximité.

Avec ces trois règles simples, le troupeau se déplace d'une manière extrêmement réaliste, créant un mouvement complexe et l'interaction qui serait autrement extrêmement difficile de créer. [REY01]

7. Le mesurage:

Les mesures de flockage d'oiseaux ont été faites en utilisant des caméras à haute vitesse, et une analyse de l'ordinateur a été faite pour tester les règles simples de flockage mentionné ci-dessus. Il se trouve qu'ils détiennent généralement vrai dans le cas de flockage des oiseaux, mais la règle d'attraction à longue portée (cohésion) applique aux plus proches 5-10 voisins de l'oiseau de flockage et elle est indépendante de la distance des voisins de l'oiseau. En outre, il y a une anisotropie en ce qui concerne cette tendance cohérente, avec une plus grande cohésion étant exposée vers les voisins des côtés de l'oiseau, plutôt que devant ou derrière. Cela est sans doute cause du champ de vision de l'oiseau qui vole être dirigé vers les côtés plutôt que directement vers l'avant ou vers l'arrière. [WIK16b]

8. Applications de flockage:

A Cologne, en Allemagne, deux biologistes de l'Université de Leeds ont démontré un comportement de troupeau comme chez les humains. Un groupe de personnes a présenté un modèle de comportement très semblable à celui d'un troupeau, où, si 5% du troupeau allait changer la direction que les autres suivraient. Quand une personne a été désignée comme un prédateur et tout le monde était à l'éviter, le troupeau se comportait très bien comme un banc de poissons. [NAU15]

Le flockage a été également considéré comme un moyen de contrôler le comportement des véhicules aériens télépilotés.

Le flockage est une technologie commune dans les écrans de veille, et il a trouvé son utilisation dans l'animation. Le flockage a été utilisé dans de nombreux films pour générer des foules qui se déplacent de façon plus réaliste. *Le retour de Batman* de Tim Burton (1992) en vedette le flockage des chauves-souris, et *Le Roi Lion* de Disney (1994) comprenaient une bousculade gnous.

Le comportement de flockage a été utilisé pour d'autres applications intéressantes. Il a été appliqué pour programmer automatiquement les stations de radio Internet multi-canal. Il a également été utilisé pour la visualisation de l'information et pour les tâches d'optimisation.

9. Flockage avec évitement d'obstacle:

L'évitement d'obstacle est de savoir comment le troupeau réagit à un obstacle, il peut être des obstacles créés par les humains (bâtiments, avions ...), ou des obstacles naturels (montagnes, les arbres, d'autres animaux ...).

Les oiseaux peuvent voler par l'expérience connaissant la position d'anciens obstacles, mais parfois certaines choses inattendues apparaissent dans le chemin, comme des prédateurs essayant de chasser, ou un avion volant à proximité.

Dans ce cas, les oiseaux vont essayer de l'éviter; parfois certains oiseaux se blessent ou se déplacent vers l'obstacle directement, à cause de l'apparaissant imprévu de ces choses.

10. Historique des approches de Flockage:

Il existe plusieurs approches pour le déplacement dans des formations et l'évitement des obstacles, tandis que la combinaison des deux est moins étudiée.

En 1986, Craig W. Reynolds [REY01] à créer un modèle informatique coordonné des mouvements des animaux tels que les troupeaux d'oiseaux et les bancs de poissons. Ce modèle était basé sur la géométrie des trois dimensions (3D), comme la technologie utilisé dans les animations créées par l'ordinateur. Les objets utilisés dans la simulation de flockage sont appelés des *Boids* qui ont la forme d'un oiseau.

Le modèle a été basé sur trois simples comportements de direction qui décrivent comment un *Boid* individuel va manœuvrer en basant sur les positions et les vitesses des voisins les plus proches du groupe.

Cette approche a ouvert la porte à d'autres scientifiques et chercheurs pour essayer de comprendre et d'appliquer le concept de flockage dans différents domaines, comme nous l'avons déjà mentionné.

11. Conclusion

Ceci n'était qu'un bref sur les comportements individuels et collectifs des oiseaux, en détaillant certains de ces comportements et leur rôle dans l'évitement des obstacles (humains ou naturels) en utilisant des règles et des techniques de vol telles que la séparation et l'alignement et la cohésion.

Dans le chapitre suivant nous allons donner une vue générale et détaillée sur notre modèle et les algorithmes utilisés.

Chapitre II

La méthode proposée

1. Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons discuter la méthode qui sera utilisée pour simuler le comportement de flockage avec évitement d'obstacles d'un troupeau d'oiseaux.

Nous allons utiliser un modèle de flockage existant en NetLogo; il a été créé par Uri Wilensky en 1998 [WIL98] comme une tentative pour imiter le flockage des oiseaux. Notre travail consiste à modifier ce modèle et de simuler l'évitement d'obstacles. Ce modèle a été créé sur la base du travail de Craig W. Reynolds. [REY01]

Ce modèle n'avait aucune fonctionnalité d'évitement d'obstacle. Cette fonctionnalité a été ajoutée par Christina Bergey [BER], les obstacles seront créés au début de la simulation.

Pour simuler un comportement de la vie réelle, nous allons ajouter deux fonctionnalités:

- Évitement des obstacles ajoutés au cours de la simulation.
- Évitement (se échappe de) des prédateurs.

2. Les mouvements des troupes:

Les Boids doivent coordonner avec leurs voisins, pour rester proche les uns des autres en évitant la collision. Dans la vie réelle, les mouvements du troupeau avaient évolué pour survivre contre les prédateurs et trouver des ressources alimentaires sauvages et les migrations.

Le Boid va essayer de trouver des compagnons dans son rayon de vision, et forment un troupeau, et chaque Boid doit suivre le voisin le plus proche dans le groupe et essayer de respecter les règles de flockage.

2.1. Séparation:

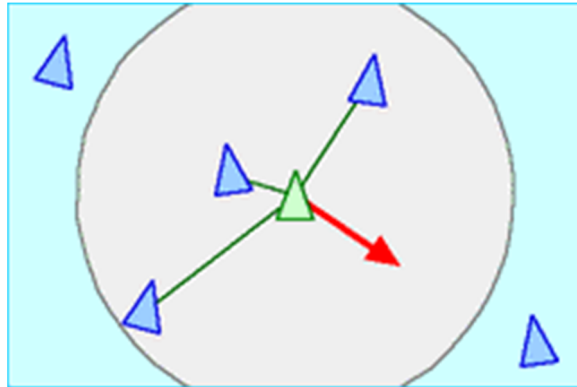


Figure 2.1. Séparation [REY01]

La séparation est le braquage pour éviter l'encombrement local des compagnons de groupe. Si un comportement flockage doit être convaincant, il faut aussi éviter les collisions entre les boids. Cette règle tente à diriger le boid loin de collisions possibles. Il est important de noter que la distance à laquelle les boids commencent à éviter l'un des autres doit être inférieure à la distance à laquelle les boids attirent (en raison de la règle de cohésion). Sinon aucuns troupeaux ne seraient formés.

Algorithme:

Donnée: boid.

Résultat: modification de chemin du boid.

but $\leftarrow$ (0,0);

voisins $\leftarrow$ TrouverDesVoisins(boid);

pour chaque nBoid **dans** voisins **faire**

 but $\leftarrow$ but + positionDe(boid) - positionDe(nBoid);

fin pour

but $\leftarrow$ but / voisins.taille ();

allerVer(but, boid);

2.2. Alignement:

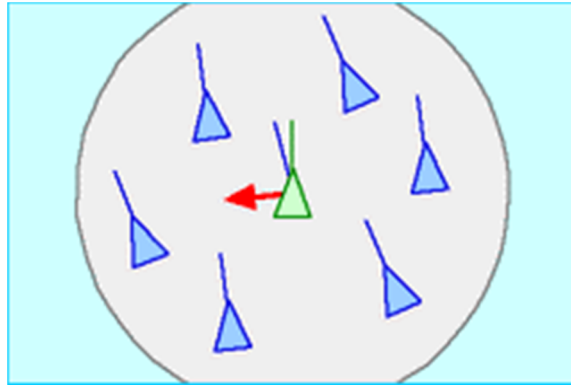


Figure 2.2. Alignement [REY01]

Faire orienter vers la rubrique moyenne agitée des oiseaux locale. Cette règle essaie de rendre les boids imitent ses cours et ses vitesses. Si cette règle n'a pas été utilisée les boids seraient rebondir beaucoup et ne font pas les beaux motifs flockage qui peuvent être vus dans de vrais troupeaux.

Algorithme:

Donnée: boid.

Résultat: modification de chemin du boid.

$dChemin \leftarrow 0;$

$voisins \leftarrow \text{TrouverDesVoisins}(\text{boid});$

pour chaque $nBoid$ **dans** voisins **faire**

$dChemin \leftarrow dChemin + \text{obtenirChemin}(nBoid) - \text{obtenirChemin}(\text{boid});$

end

$dChemin \leftarrow dChemin / \text{voisins.taille}();$

$\text{boid.AjouterChemin}(dChemin);$

2.3. Cohésion:

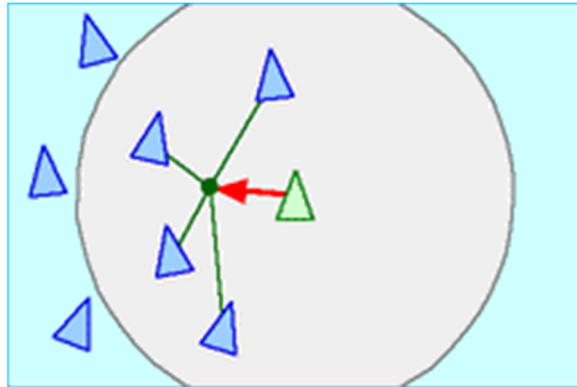


Figure 2.3. Cohésion [REY01]

Se déplacer vers la position moyenne des compagnons de groupe local. La cohésion est la règle qui garde le troupeau ensemble, sans cette règle, il n'y aurait pas de flocage du tout.

Algorithme:

Donnée: boid.

Résultat: modification de chemin du boid.

but $\leftarrow$ (0,0);

voisins $\leftarrow$ TrouverDesVoisins(boid);

pour chaque nBoid **dans** voisins **faire**

 but $\leftarrow$ but + positionDe(nBoid);

fin pour

but $\leftarrow$ but / voisins.taille ();

allerVer(but, boid);

3. Evitement des obstacles

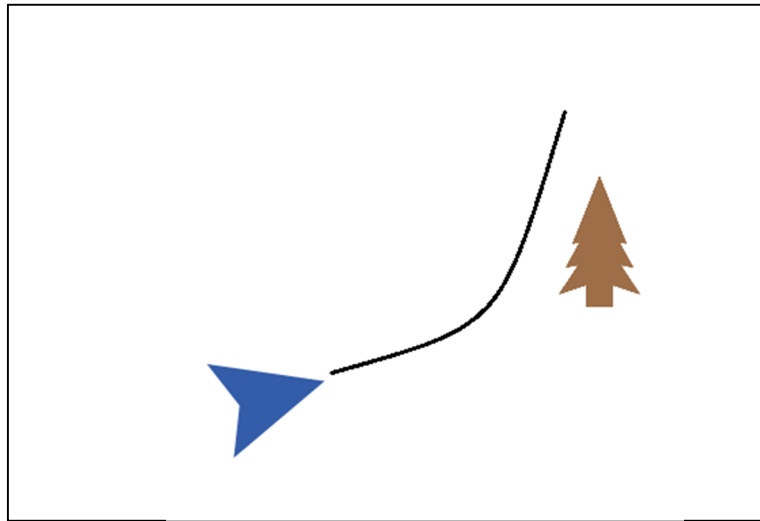


Figure 2.4. Evitement d'un obstacle

Quand un Boid rencontre un obstacle dans sa champ de vision, il doit l'éviter en se déplaçant et en respectant les règles de flockage; mais parfois un boid laissera le troupeau accidentellement en essayant d'éviter un obstacle, dans ce cas, il va essayer de trouver un autre troupeau pour être avec.

Algorithme:

Données: boid , obstacle.

Résultat: modification de chemin du boid.

plusProcheObstacle $\leftarrow$ trouver plusProcheObstacle (obstacles) dans champDeVision;

pour chaque *nObstacle* **dans** plusProcheObstacle **faire**

 DirectionVerObstacle $\leftarrow$ positionDe(*nObstacle*);

 angle $\leftarrow$ 0 ;

si directionDe(Boid) > DirectionVerObstacle **Alors**

 angle $\leftarrow$ DirectionVerObstacle – 90

si non

 angle $\leftarrow$ DirectionVerObstacle + 90 ;

fin si

Boid.tourne(angle)

Fin pour

4. Evitement des prédateur

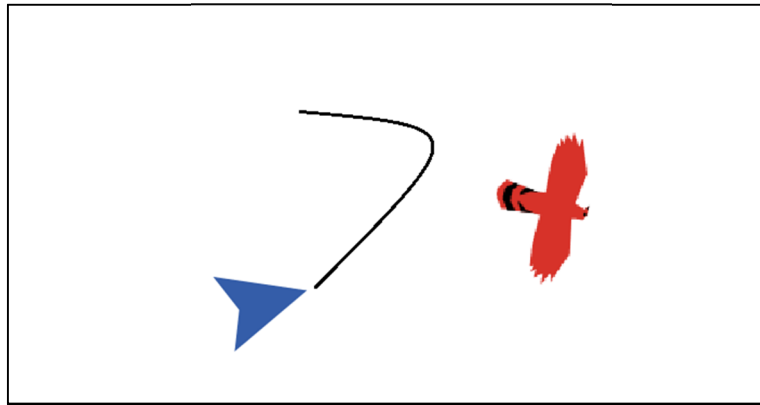


Figure 2.5. Evitement d'un prédateur

Quand un Boid rencontre un prédateur dans son champ de vision, il doit l'éviter en se détournant et en augmentant la vitesse du vol jusqu'à ce qu'il arrive à la distance de sécurité, et puis il revient à la vitesse normale.

La distance de sécurité est définie par le champ de vision du prédateur. Le Boid sera en sécurité et arrêter d'échapper quand il sort du champ de vision du prédateur.

Mais dans le processus d'échapper du prédateur, toutes les règles de flocking ne seront pas respectés, parce que dans la vie réelle quand les oiseaux rencontrent une menace, ils suivent l'instinct de survie d'animal.

Algorithme:

Données: boid , prédateur.

Résultat: modification de chemin du boid.

PlusProchePrédateur $\leftarrow$ trouver PlusProchePrédateur(Prédateurs) dans ChampDeVision;

pour chaque nPrédateur *dans* PlusProchePrédateur **faire**

 DirectionVerPrédateur $\leftarrow$ positionDe(nPrédateur);

 angle $\leftarrow$ 0 ;

si directionDe(Boid) > DirectionVerPrédateur **Alors**

 angle $\leftarrow$ DirectionVerPrédateur – 100

si non angle $\leftarrow$ DirectionVerPrédateur + 100 ;

fin si

Boid.tourne(angle)

Fin pour

5. La chasse aux Boids (comportement des prédateurs)

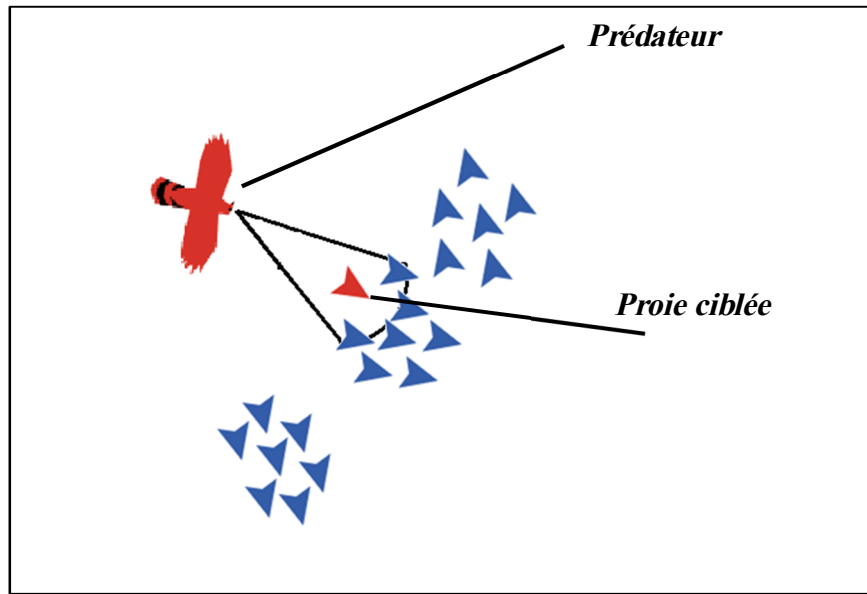


Figure 2.6. La chasse aux boids

Dans la vie, les prédateurs vivent individuellement, et non dans des troupes comme les autres oiseaux, et ils chassent quand ils ont faim ou dans le but de nourrir leurs oisillons.

Quand un prédateur a faim et voit une proie dans son champ de vision, il va essayer de la chasser en commençant à suivre la proie. La chasse ne sera pas arrêtée jusqu'à ce que le prédateur capture la proie, ou la proie s'échappe.

Une fois la proie s'échappe, ou bien elle a été capturée, le prédateur va essayer de capturer une autre proie ; et si le prédateur réussit à la chasse, il ne chasse pas jusqu'à ce qu'il se sente faim à nouveau.

Algorithme:

Données: prédateur , boid.

Résultat: modification de chemin du prédateur.

si Prédateur.faim = vrai **alors**

 plusProcheProie $\leftarrow$ obtenir plusProcheProie(Boids) dans champDeVision;

pour chaque nProie dans plusProcheProie **faire**

 DirectionVerProie $\leftarrow$ positionDe(nProie);

fin pour

 directionDe(Prédateur) $\leftarrow$ (DirectionVerProie)

fin si

6. Conclusion

Après avoir défini les concepts de bases, nos algorithmes et une description détaillée du comportement voulu, nous allons présenter dans le chapitre suivant l'implémentation de notre modèle, les tests de la simulation, et l'analyse des résultats obtenus.

Chapitre III

Implémentation et simulation

1. Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons décrit les comportements existants dans le modèle de Uri Wilensky en 1998 [WIL98] et les comportements ajoutés dans notre modèle pour réaliser un évitement d'obstacle dans le cas d'existence de prédateurs.

Dans ce qui suit, nous allons implémenter les algorithmes ajoutés sous la plateforme NetLogo afin de simuler et analyser l'efficacité de ces algorithmes.

2. NetLogo:

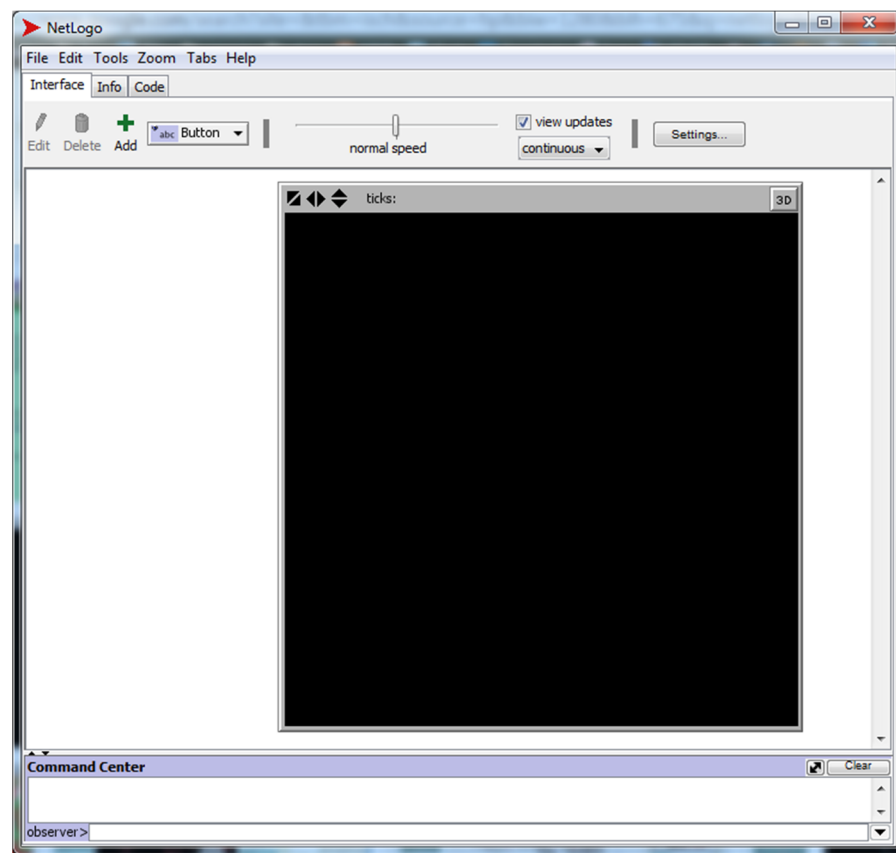


Figure 3.1. Interface de NetLogo Ver.5.2.1

NetLogo est un langage de programmation et un environnement de modélisation pour le développement des systèmes multi-agents. Il a été développé par l'université Northwestern et financé par la fondation nationale de science « National Science Foundation ». NetLogo a été conçu et rédigé par Uri Wilensky, directeur de l'université de Northwestern. Il est utilisé dans l'enseignement et dans le domaine professionnel sans qu'il soit nécessaire d'avoir des connaissances en programmation pour modéliser des phénomènes liés.

De même, il est particulièrement adapté pour la modélisation des systèmes complexes dans le temps. De nombreux modèles (biologie, physique, chimie, psychologie, économie, etc.) y sont présents et l'utilisateur a la possibilité d'y en ajouter ou d'en modifier.

2.1. Les composants de NetLogo:

2.1.1. Environnement

Interface: englobe les commandes et l'environnement. On peut trouver les commandes sous forme d'un bouton, glisseur (slider), commutateur (switch), etc. les boutons servent à exécuter les commandes ou les procédures, le glisseur permet de changer la valeur de la variable globale et le commutateur change la valeur d'une variable globale boolienne.

Information : est utilisée pour expliquer le rôle du programme.

Procédures : contient la fonction principale du programme (main program). Le langage de programmation est très proche du langage humaine ce qui rend la programmation facile et explicite, mais avec quelques notions orientées agent, tels que *ask turtles*, *turtles-own*, etc

2.1.2. Patches

Ils sont les éléments fondamentaux de l'environnement netlogo et constituent la matrice de l'environnement, on peut les considérer comme des "pixels". Par conséquent, on peut accéder à chaque Patch en s'adressant directement à ses coordonnées (x et y), on peut aussi leur demander de faire certaines tâches, telles que le changement de couleur (*set pcolor*) et le changement des variables déclarées au début du programme dans la section *patches-own*.

2.1.3. Turtles/breeds

La plateforme considère ces espèces comme des agents mobile, ils peuvent se déplacer, tourner, changer de couleur, etc. les tortues peuvent avoir des différentes variables déclarées dans la section des *turtles-own*. Les *breeds* sont un autre type de tortues (autres races). Par conséquent, nous pouvons créer d'autres types d'agents à l'aide de la commande *breeds* par exemple:

breeds [predators predator], tels que *predators* est le nom pluriel, et *predator* est le nom d'un seul breed.

3. L'objectif de la simulation:

L'objectif principal de la simulation est de faire les Boids éviter les obstacles qui se rencontreront sur leur chemin, statique (arbres) ou dynamiques (prédateurs), puis les Boids continuent le flockage en respectant les règles de flockage.

Si un Boid entre en collision avec un obstacle ou avait être attraper par un prédateur, il va mourir et il va être retiré du monde de la simulation.

L'objectif secondaire est de faire les prédateurs tentent d'attraper les Boids qui sont dans leur champ de vision et essayer d'éviter les obstacles aussi, si un prédateur entre en collision avec un obstacle, il va mourir et il va être retiré du monde de la simulation.

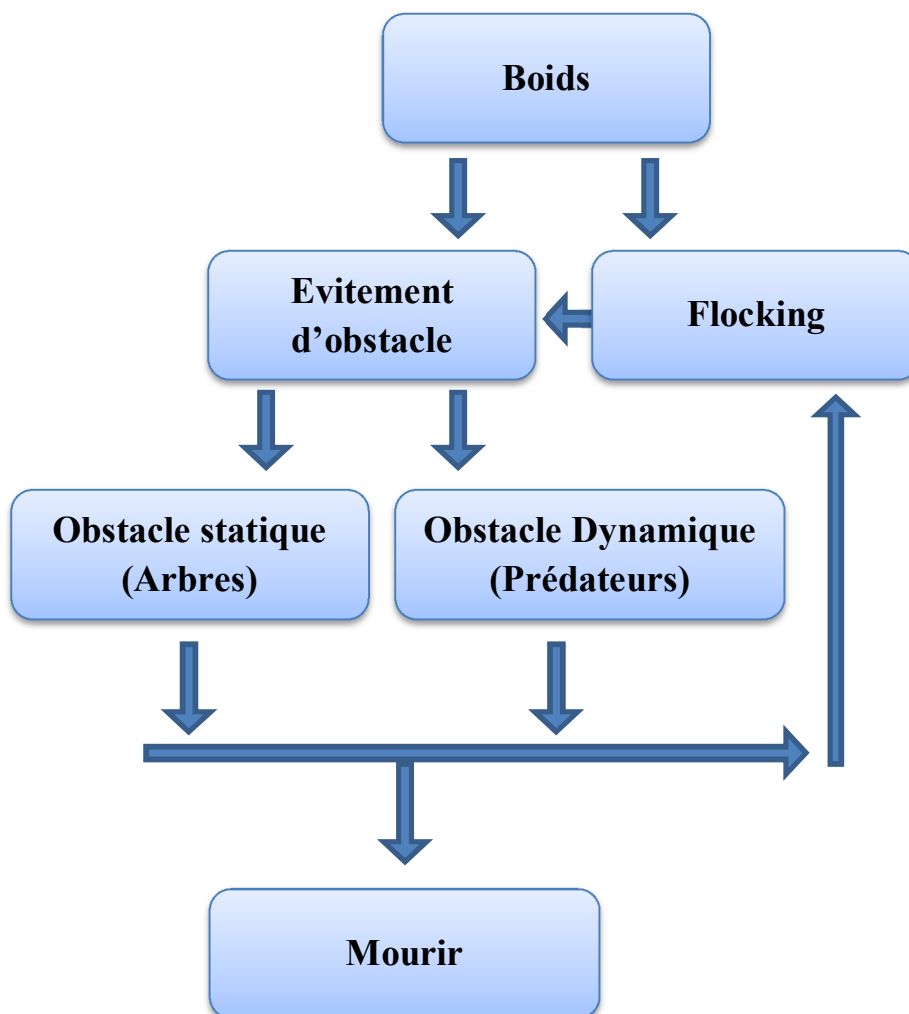


Figure 3.2. Objectif de la simulation

4. L'environnement de la simulation:

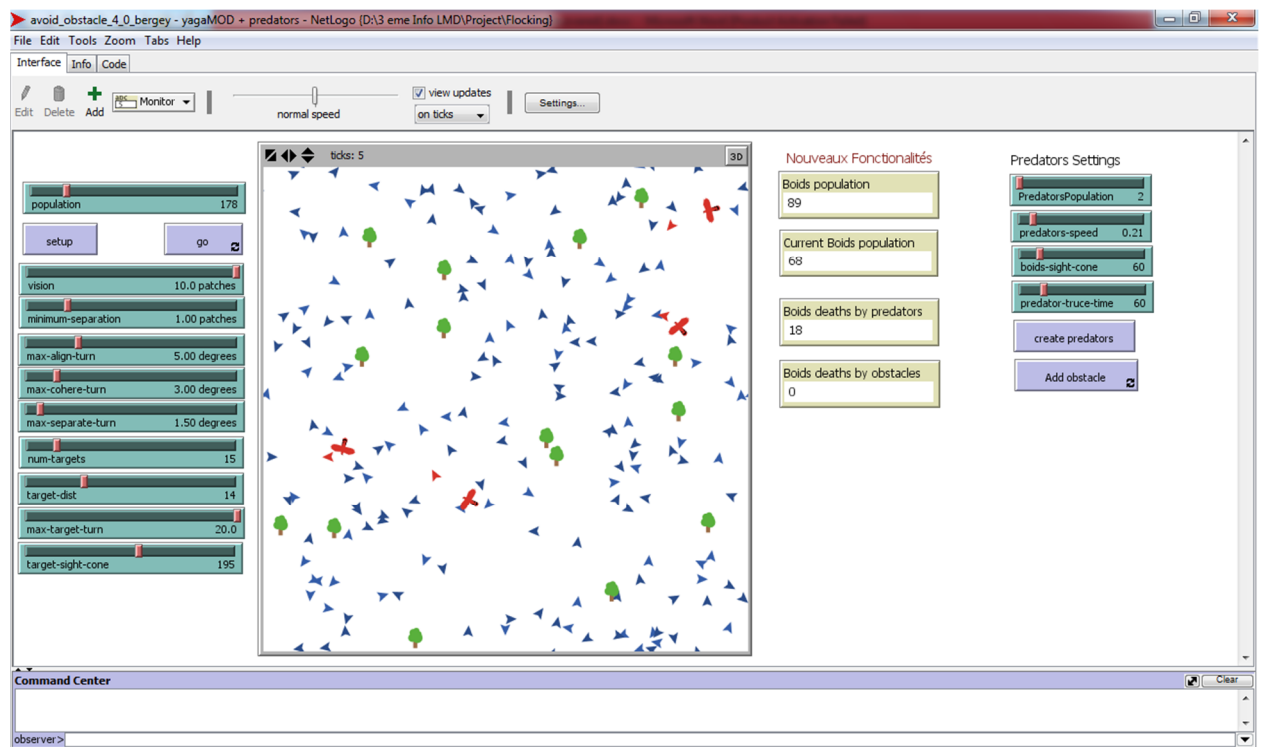


Figure 3.3. L'environnement de la simulation

Le monde de la simulation est une plateforme 2D sans frontières, quand un agent (Boid ou Prédateurs) atteint à la fin de l'écran, il apparaît de l'autre côté de l'écran (**Figure 3.3**)

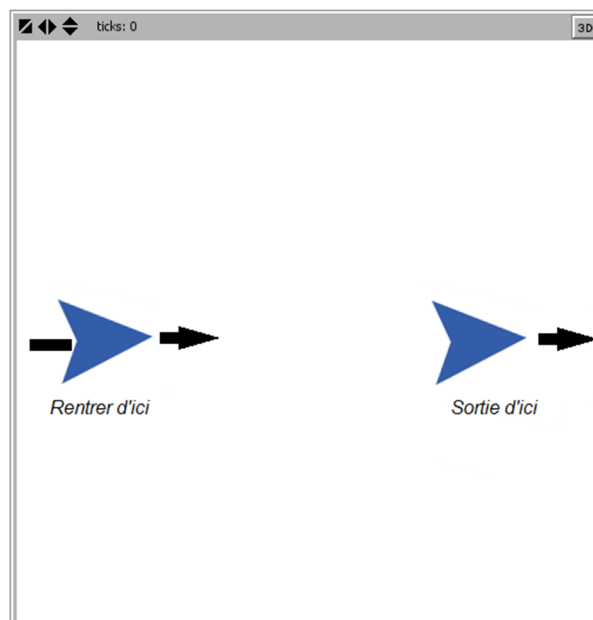


Figure 3.4. Monde sans frontière

Ce monde contient trois races de tortues:

Boids, prédateurs et obstacles, comme illustré dans l'image ci-dessous:

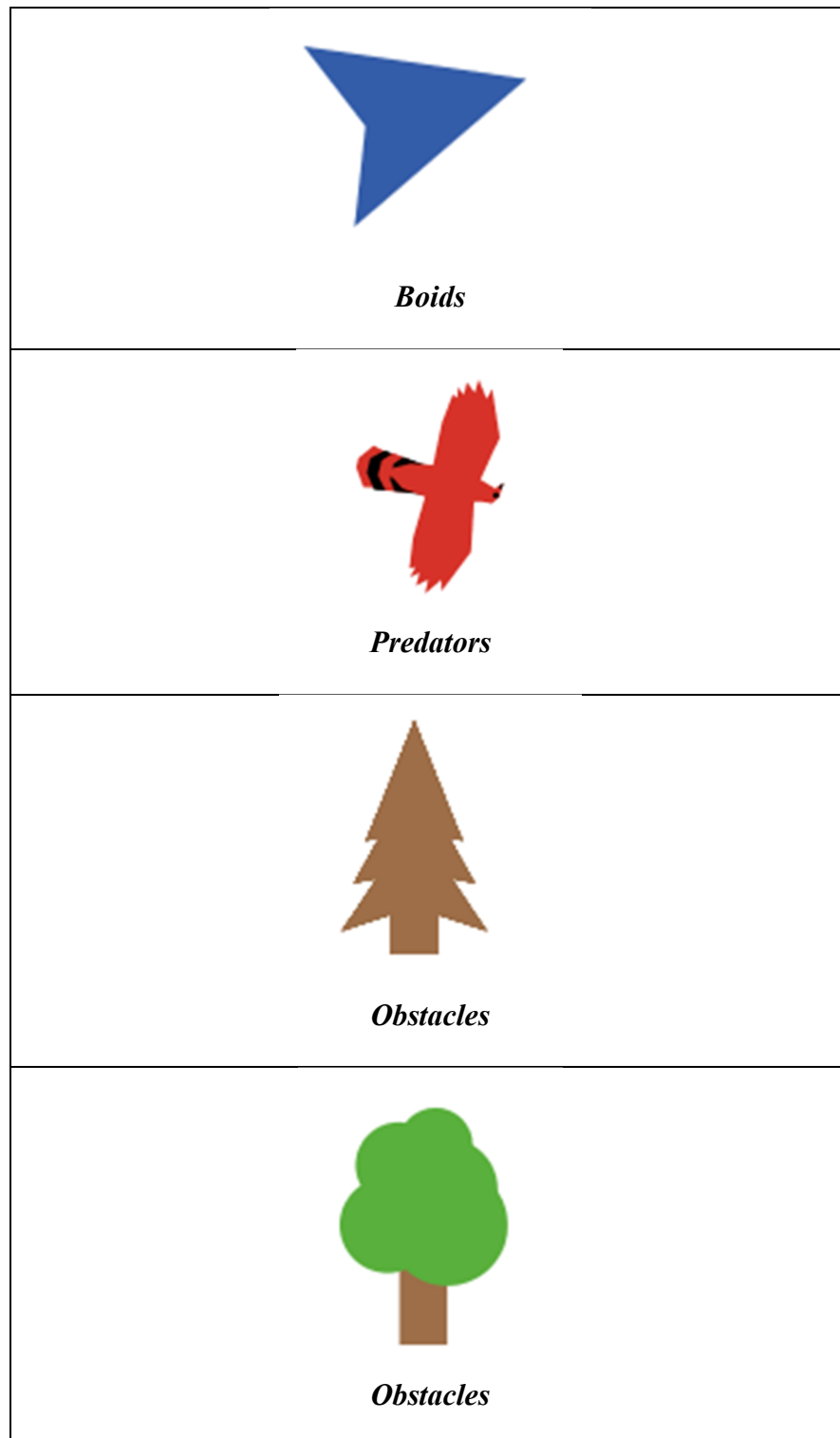


Figure 3.5. Type des Agents

Pour lancer la simulation, nous allons utiliser deux procédures: *to setup* and *to go*;

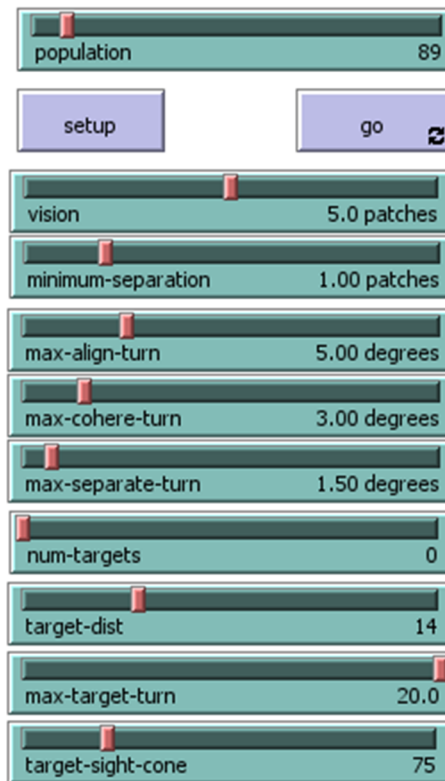


Figure 3.6. Interface du programme – Coté gauche des paramètres

La procédure *to setup* va créer les Boids et les obstacles, et définir la couleur de l'environnement.

Tout d'abord, nous déterminons le nombre de la population des Boids et réglons le curseur de la **POPULATION** pour cette valeur. Appuyons sur **SETUP** pour créer les Boids, et appuyons sur **GO** pour qu'ils commencent à voler.

Nous pouvons modifier les paramètres des curseurs pour produire raisonnablement un bon comportement de flocage.

Il y a trois curseurs **TURN-ANGLE** qui contrôlent l'angle maximum qu'un oiseau peut tourner à la suite de chaque règle.

VISION: C'est est la distance que chaque oiseau peut voir à 360 degrés autour de lui.

Il y a aussi autres paramètres:

- Nombres des obstacles,
- Distance entre l'agent mobile et l'obstacle,
- Champs de vision pour voir les obstacles,
- Distance entre l'obstacle et le Boid,
- L'angle maximum pour tourner autour un obstacle.

La procédure *to setup*:

to setup

```
__clear-all-and-reset-ticks
create-targets num-targets [
  setxy random-xcor random-ycor
  set size 3
  set shape "tree"
  set color green ]
create-boids population [
  set color blue - random 2
  set size 2
  setxy random-xcor random-ycor ]
ask patches [ set pcolor white ]
```

end

5. Les mouvements des Boids:

Les Boids ont leurs attributs :

flockmates ;; les voisins proches (membres de troupeau)

nearest-neighbor ;; le plus proche des voisins (*flockmates*)

Nous utilisons ces attributs dans la procédure *to flock* pour identifier les troupeaux compagnons pour former un troupeau, et pour aider à respecter les règles de flocage en trouvant le plus proche voisin, voici la procédure :

to flock

```
find-flockmates
if any? Flockmates [ find-nearest-neighbor
  ifelse distance nearest-neighbor < minimum-separation
    [ separate ]
    [ align
      cohere ] ]
```

end

6. Les mouvements des prédateurs

Comme nous avons mentionné dans le chapitre précédent, les prédateurs ne commenceront la chasse s'ils ont faim. Si un prédateur a faim, il va obtenir la couleur rouge, sinon, il obtiendra la couleur grise.

Chaque prédateur va essayer de chasser un Boid. Il marquera le Boid le plus proche comme une proie. Ensuite, la proie la plus proche sera marquée par la couleur rouge, et le prédateur va commencer à chasser la proie.

Dans le processus de la chasse, le prédateur suivra seulement la proie marquée, mais si une autre proie est dans la même *PATCHE* que le prédateur, elle va mourir, et la proie marquée précédemment va changer sa couleur au bleu.

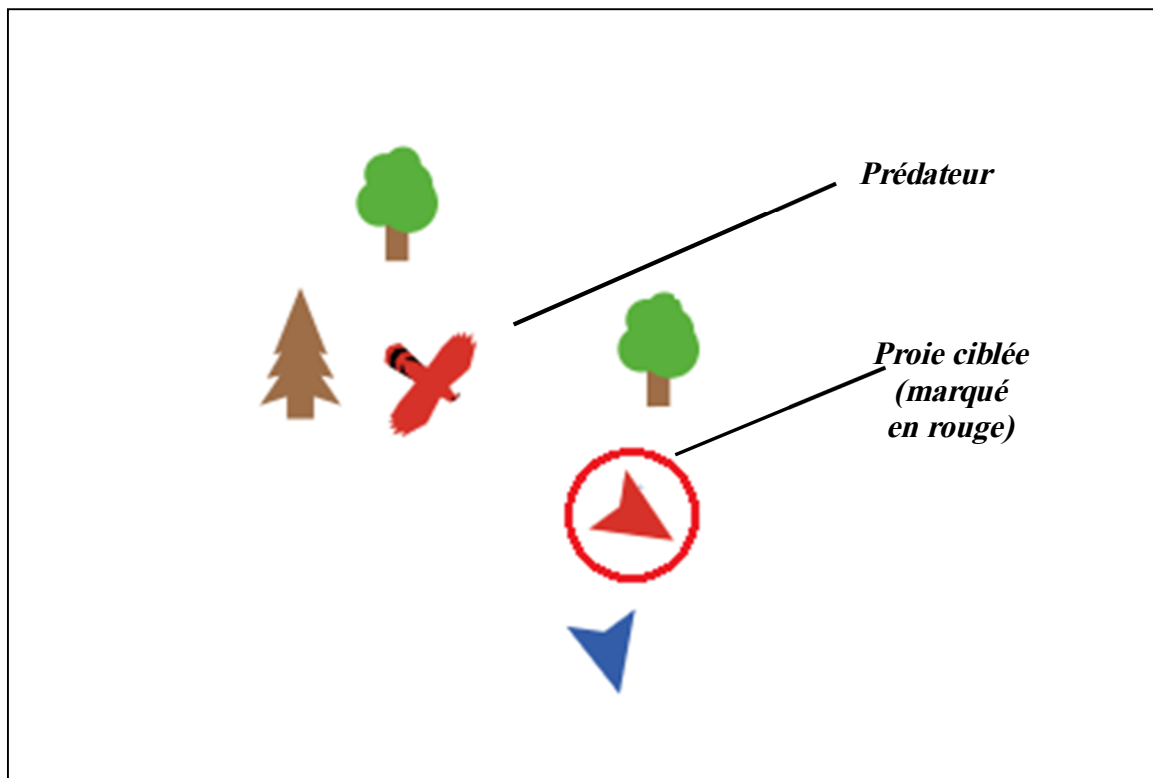


Figure 3.7. Proie ciblée

7. Sélection des paramètres:

Nous avons ajouté quelques paramètres dans le modèle original pour définir les paramètres des prédateurs, pour pouvoir ajouter d'autres obstacles au cours de la simulation.

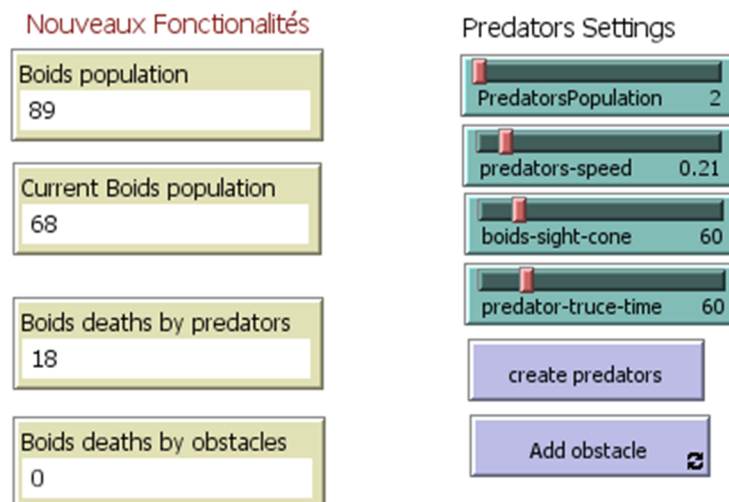


Figure 3.8. Interface du programme – Coté droite des paramètres

Avec ces paramètres, nous pouvons:

- Modifier la vitesse,
- Modifier le champ de vision,
- Modifier le temps de la pause (la trêve).

Nous pouvons aussi avoir des statistiques sur la population actuelle de la Boids, et le nombre de décès par les obstacles et les prédateurs.

8. Test de simulation:

Les tests de simulation que nous avons faits sont:

- Vérification du flockage des Boids;
- Eviter les obstacles statiques: prédéfinie et imprévu;
- Éviter de les obstacles mobiles (les prédateurs);

8.1. Test de flockage:

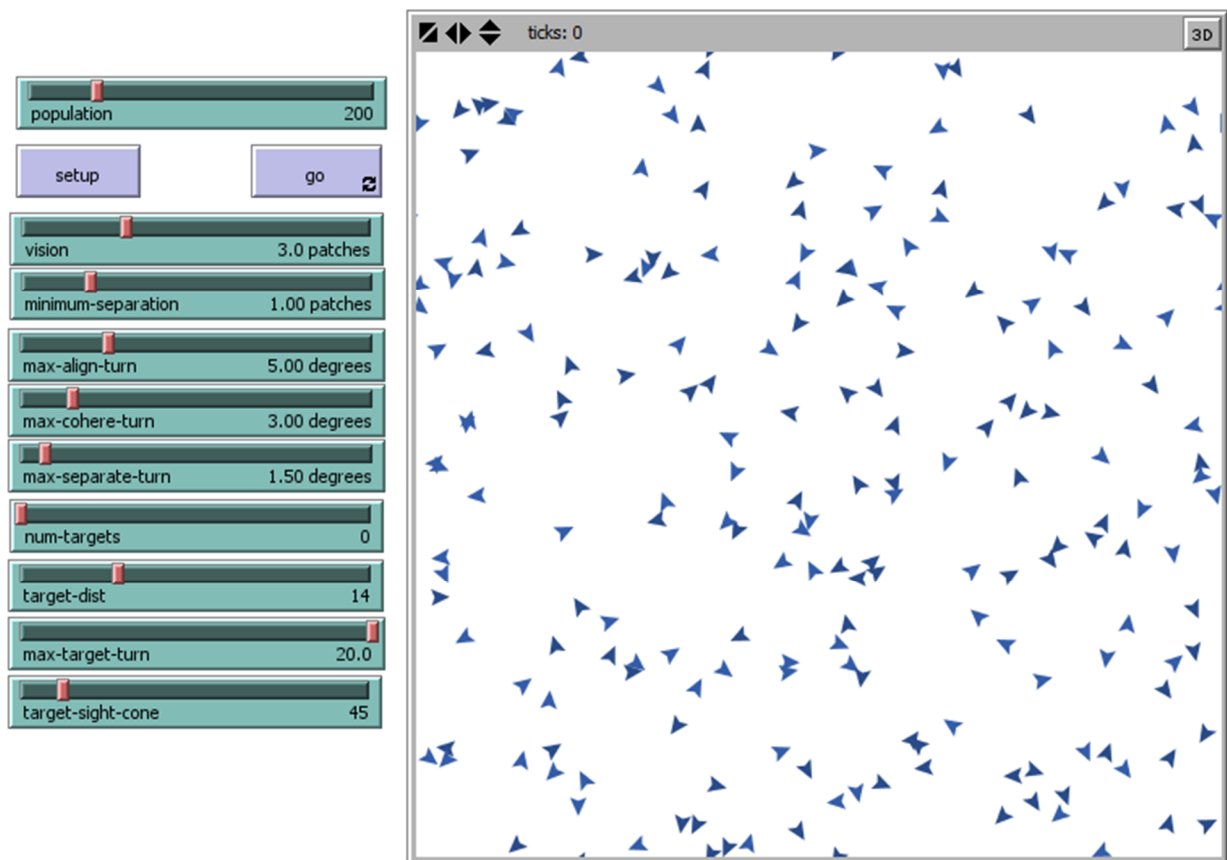


Figure 3.9. Les Boids en 0 ticks (sans obstacles) (0 flock)

Nous avons commencé la simulation avec une population de 200 Boids, placés au hasard dans le monde de la simulation (*Figure 3.9*).

Résultats:

Lorsque la simulation lancée, les Boids ont commencé à former des troupes de tailles inégales en recherchant des compagnons (*Figure 3.10*). Ces troupes n’avaient aucun chef.

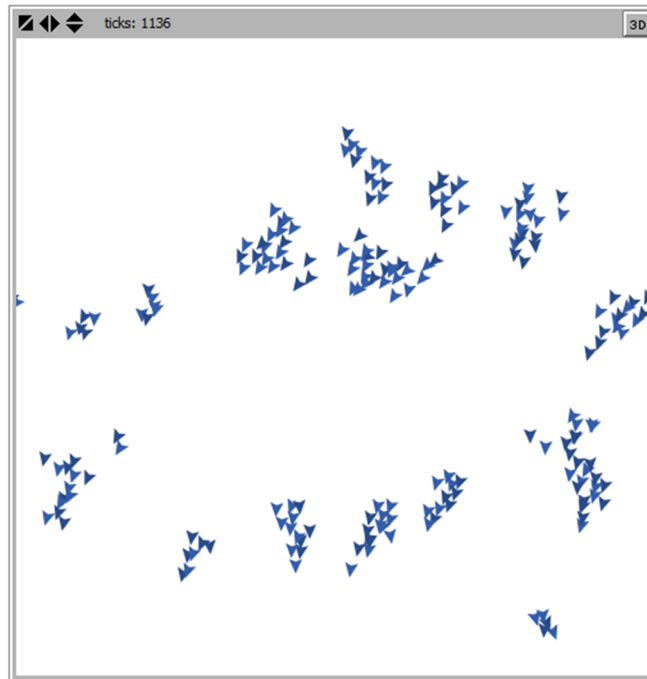


Figure 3.10. Flocks des Boids après 1136 ticks (sans obstacles) (16 flocks)

Par le temps, les troupes s'influencent par les uns à les autres, certains membres ont quitté leurs troupes pour être avec d'autres troupes, et deux troupes différents peuvent fusionner pour former un seul troupeau (*Figure 3.9*), cela est causé par le processus de la recherche des Boids les plus proches.

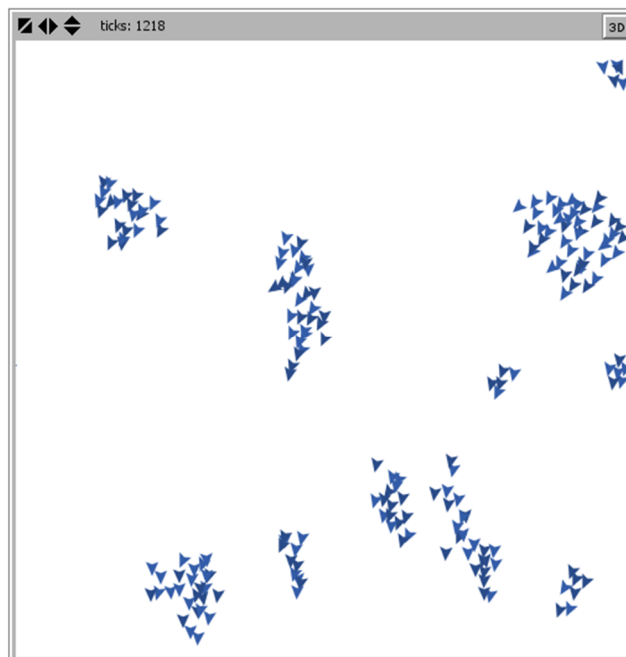


Figure 3.11. Flocks des Boids après 1218 ticks (sans obstacles) (11 flocks)

8.2. Test d'évitement des obstacles fixes et imprévus :

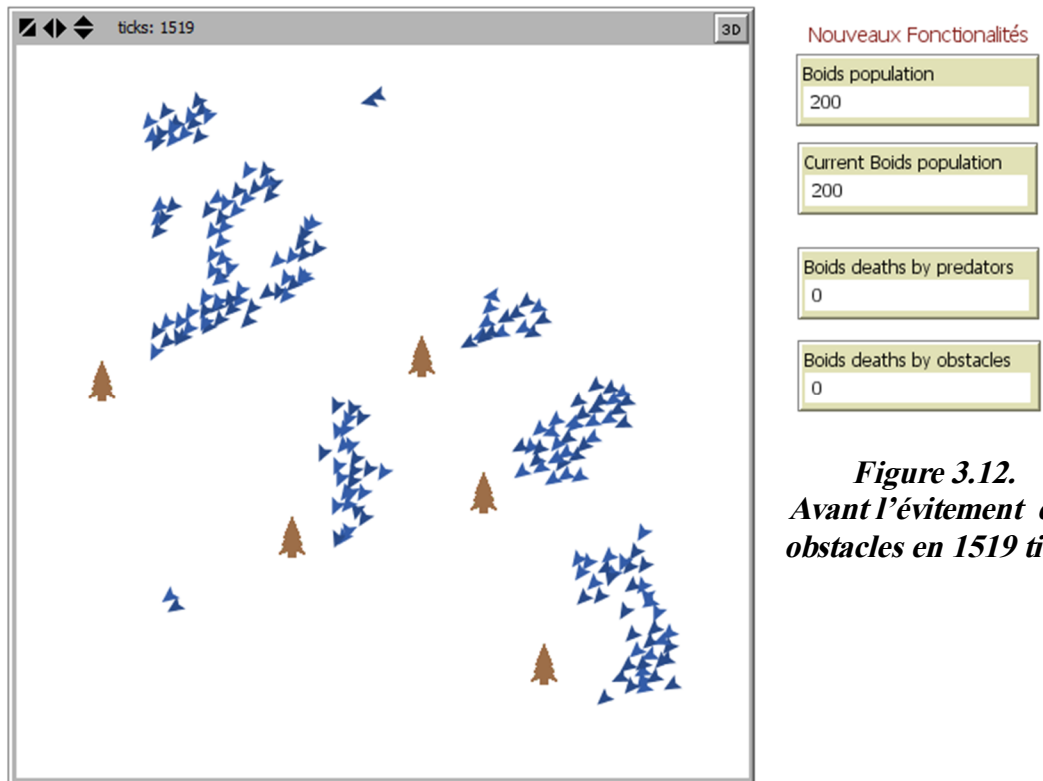


Figure 3.12.
Avant l'évitement des obstacles en 1519 ticks

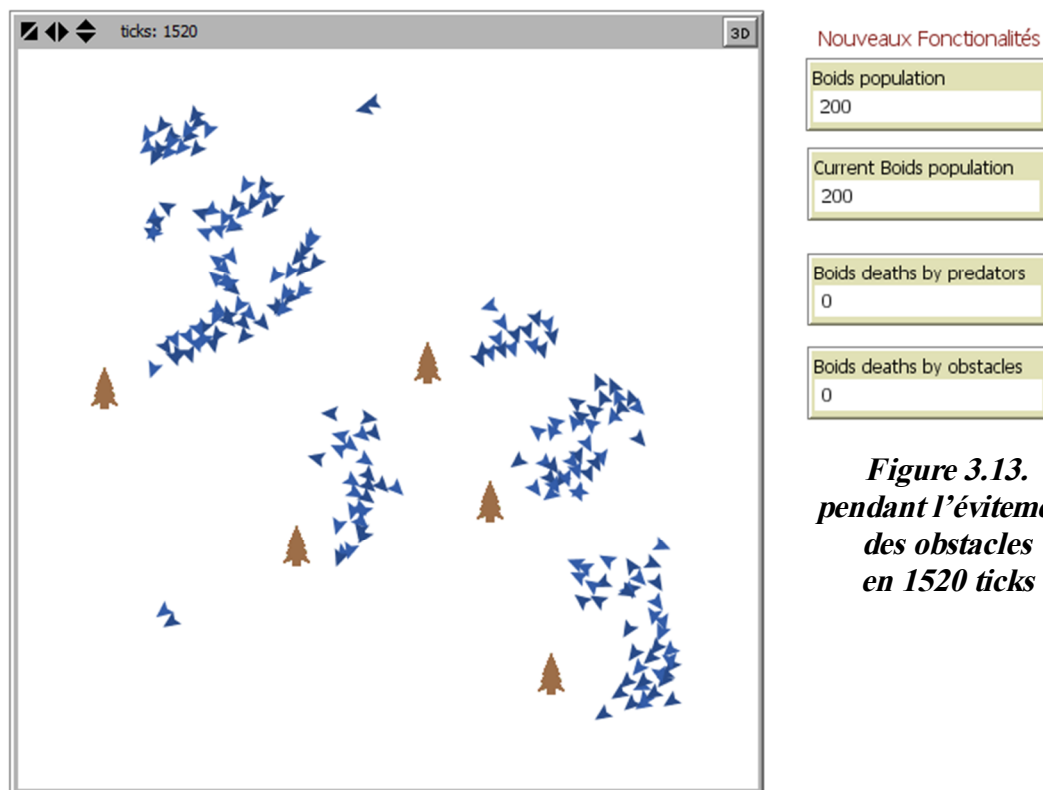


Figure 3.13.
pendant l'évitement des obstacles en 1520 ticks

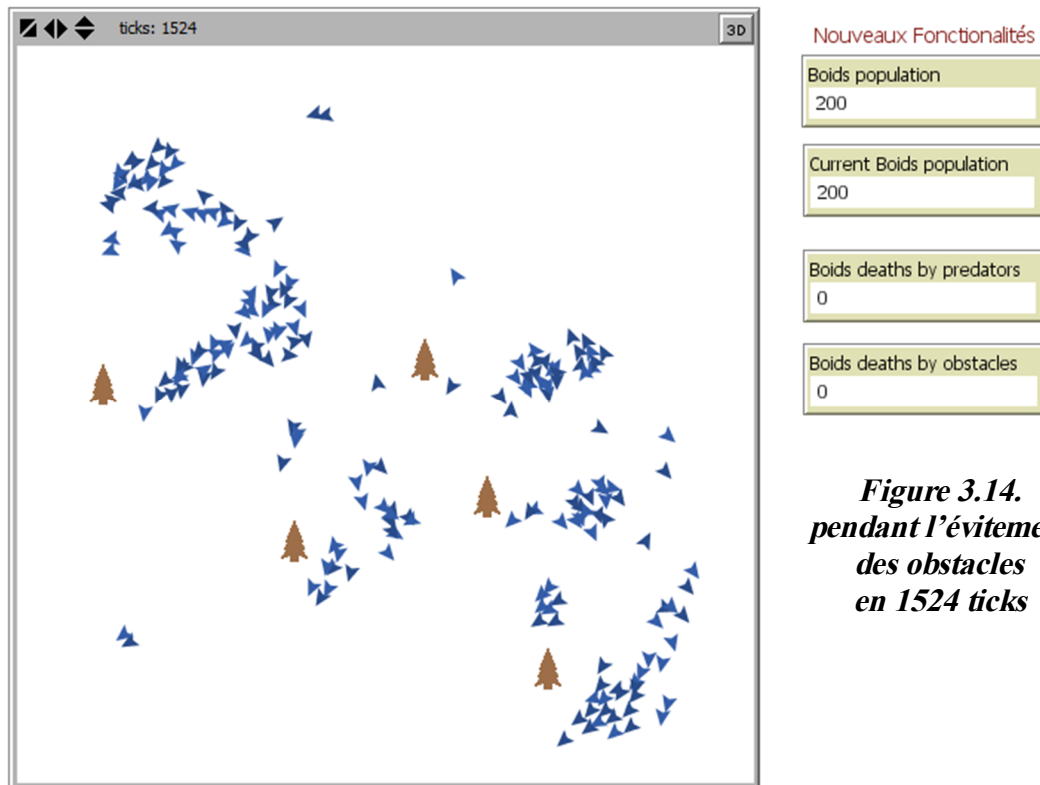


Figure 3.14.
pendant l'évitement
des obstacles
en 1524 ticks

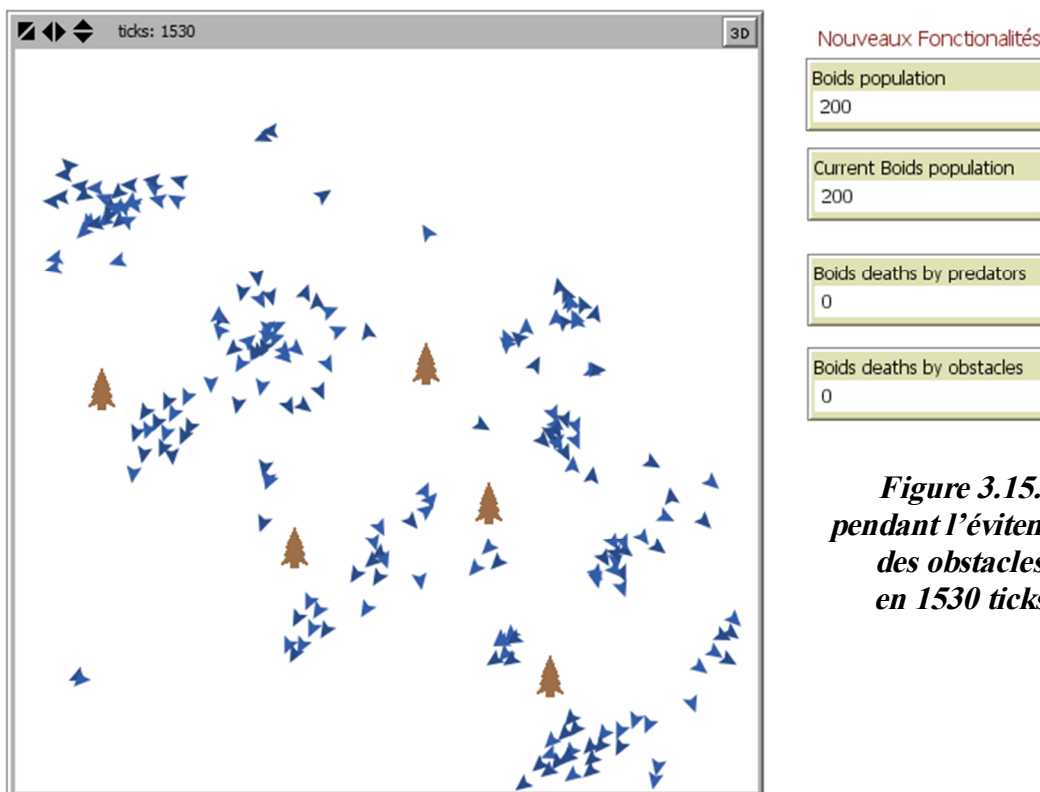


Figure 3.15.
pendant l'évitement
des obstacles
en 1530 ticks

Dans ce test, nous avons attendu jusqu'à ce que les troupeaux aient été formés, et nous avons commencé d'ajouter des obstacles sur leurs chemins. (**Figure 3.12**)

Résultats :

Les Boids ont commencé à changer leurs chemins en tournant autour les obstacles (**Figure 3.13 - 14**), mais il y avait quelques problèmes, certains Boids ont perdu la trace de leurs troupeaux d'origine, et certains obstacles ont causé la division des troupeaux en deux petits groupes. Mais la chose la plus importante est qu'aucun Boid a heurté un obstacle, comme on peut le voir sur le côté gauche du monde (Boids décès par obstacle = 0). (**Figure 3.15**)

8.3. Test d'évitement des obstacles fixes (depuis le démarrage):

Pour ce test, nous avons réduit la population des Boids à 150, et créé 20 obstacles.

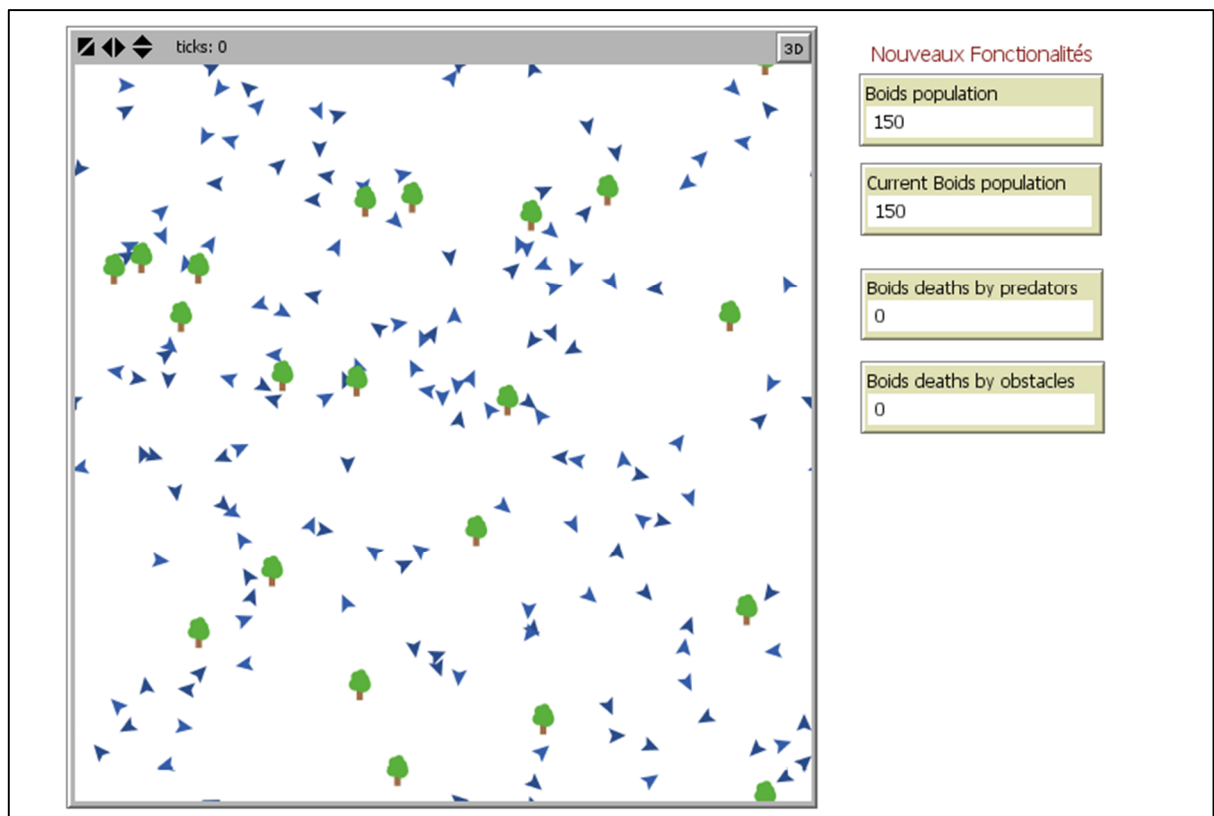


Figure 3.16. Evitement des obstacles depuis le démarrage - en 0 ticks

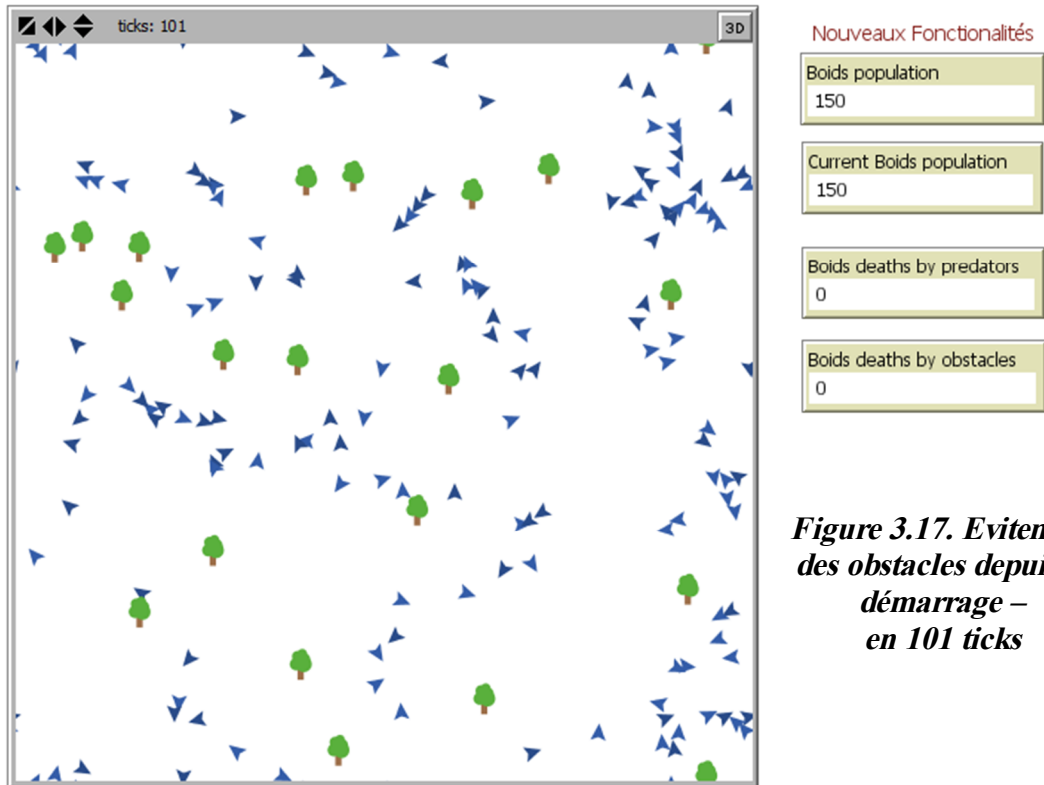


Figure 3.17. Evitement des obstacles depuis le démarrage – en 101 ticks

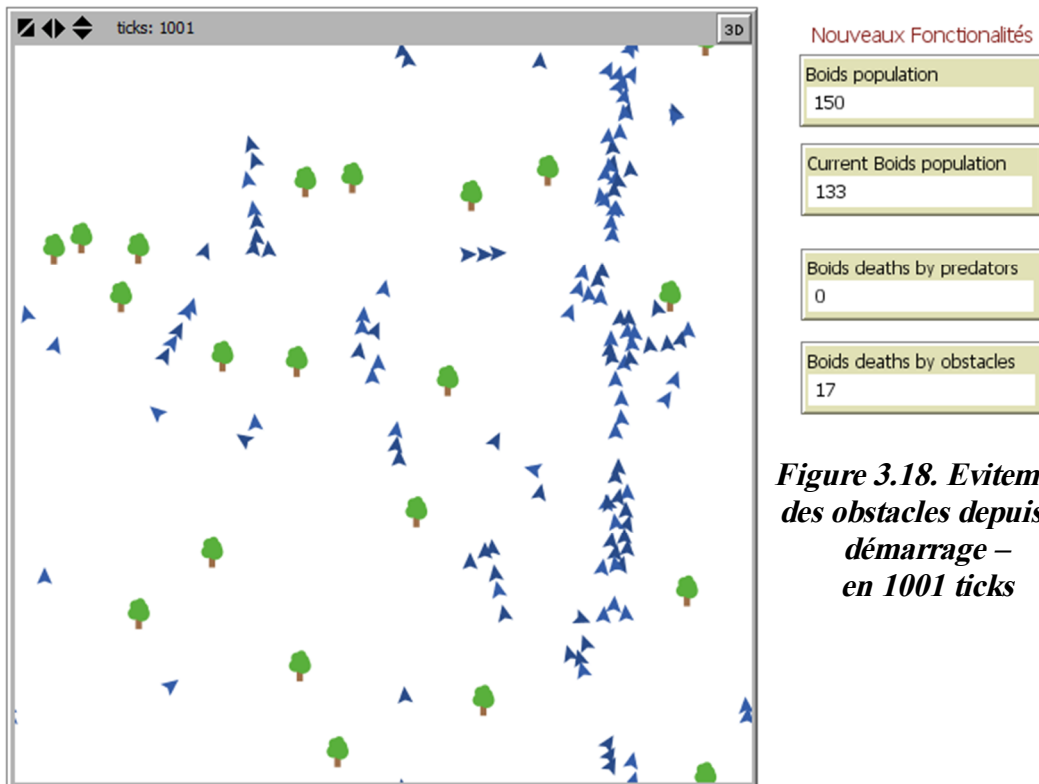


Figure 3.18. Evitement des obstacles depuis le démarrage – en 1001 ticks

Résultats

Après 101 ticks, tous les Boids ont évité les obstacles et formé des troupes, il y avait quelques Boids sans troupes. (*Figure 3.17.*)

Mais après certain temps, 17 Boids avaient collisionné avec des obstacles, comme il est indiqué dans (*Figure 3.18.*).

Quand un Boid tente de maintenir sa position dans le troupeau, et en même temps il essaie d'éviter des obstacles, il peut collisionner au cours de ce processus, et c'est le même cas quand il essaie d'éviter les obstacles qui sont proches les uns des autres.

8.4. Test d'évitement des obstacles mobile (prédateurs):

Dans ce test on a utilisé une population de 100 Boids, et 03 prédateurs.

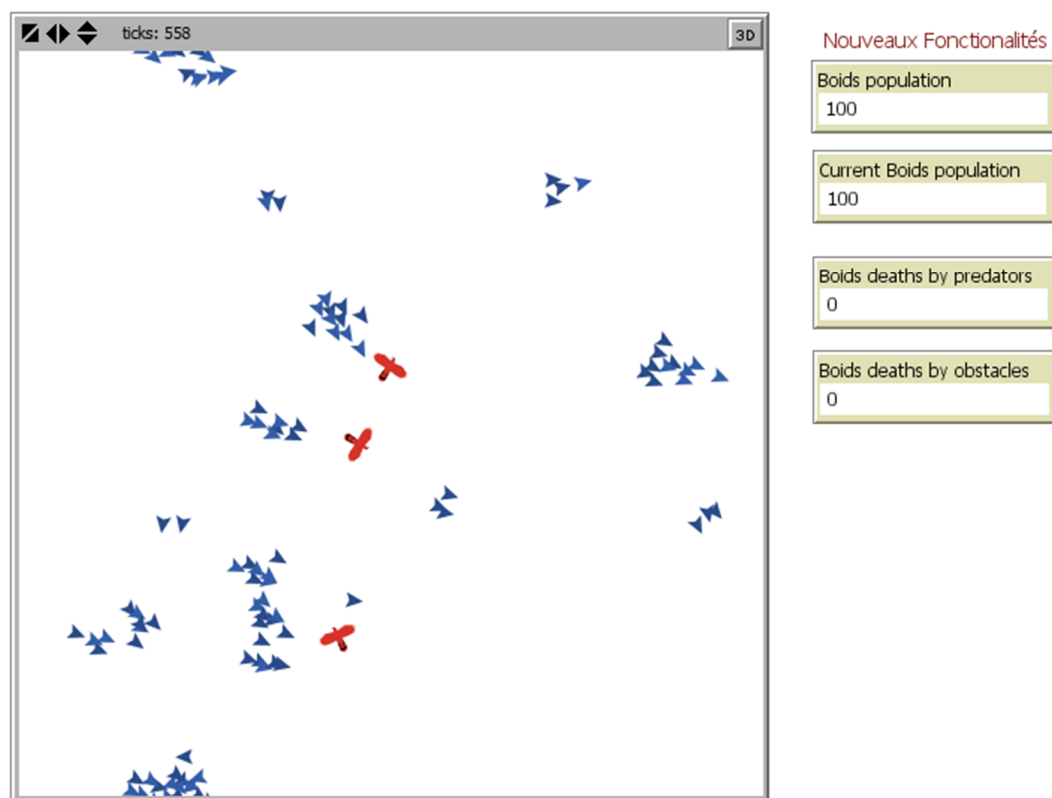


Figure 3.19. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) - en 558 ticks

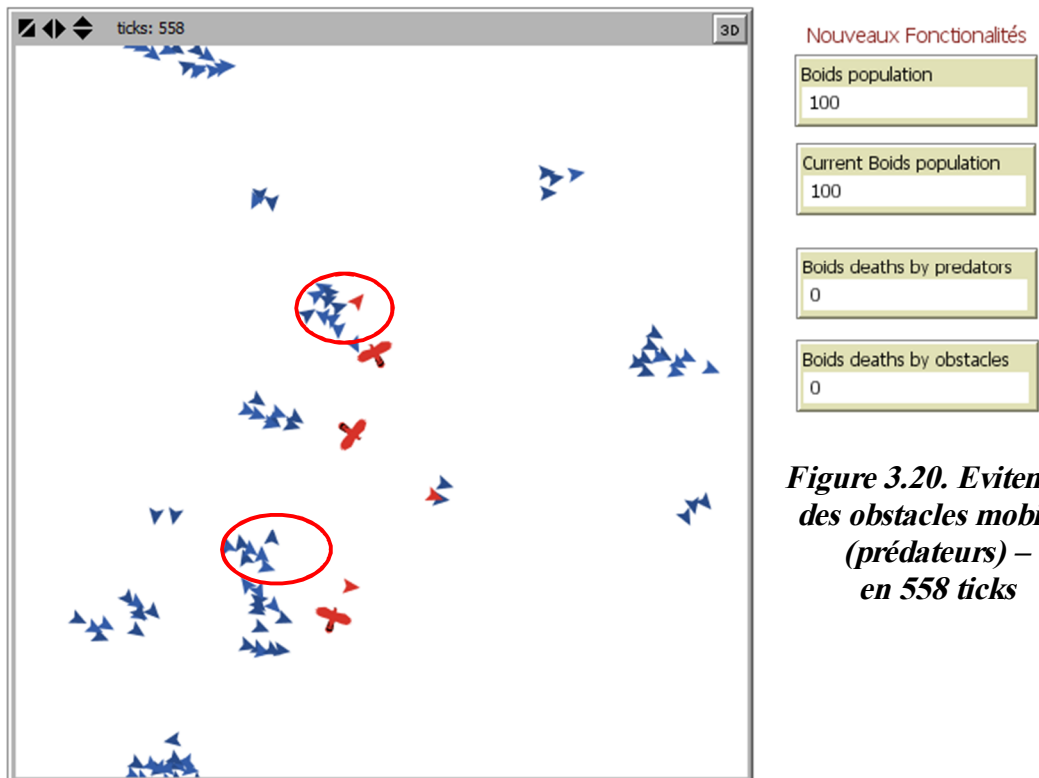


Figure 3.20. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) – en 558 ticks

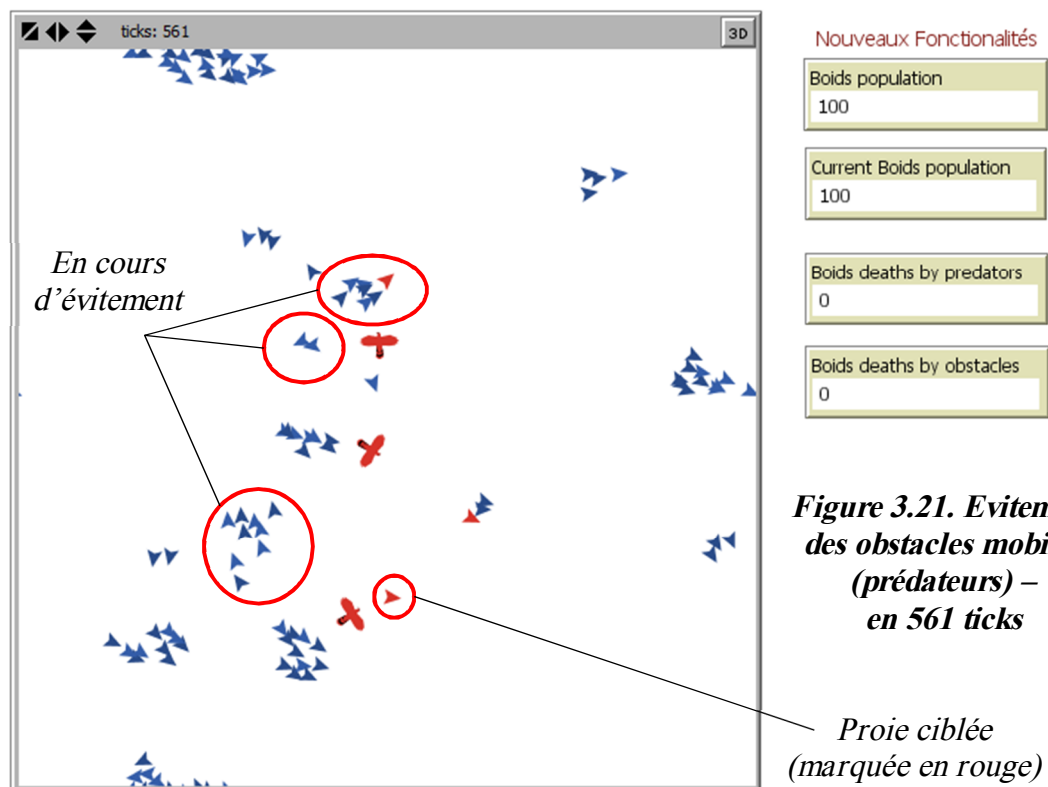


Figure 3.21. Evitement des obstacles mobiles (prédateurs) – en 561 ticks

Proie ciblée (marquée en rouge)

Résultats:

Les photos ci-dessus montrent que les Boids changeant leur chemin quand ils repèrent un prédateur dans leur champ de vision. Mais au contraire, si le prédateur est derrière les Boids, ils ne peuvent pas le repérer.

Après ces essais, nous avons fait quelques d'autres tests; il n'y avait pas de grande différence entre les résultats, sauf quand il arrive à l'évitement des obstacles, le nombre de collisions par les obstacles se change entre les tests en raison du comportement de flockage des Boids.

Enfin, tous les tests ont donnés les résultats désirés :

- Les troupeaux ont été formés,
- Les obstacles ont été évités,
- Les prédateurs ont été évités,
- Des Boids ont été chassés par des prédateurs.

9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présentés la plateforme utilisée pour la simulation « NetLogo », les détails de l'implémentation de nos algorithmes, les tests effectués et les résultats obtenus.

Le comportement de flockage était bien convaincant comparant avec la vie réelle; la seule différence est qu'il n'y a aucuns chefs pour les troupeaux. Les Boids forment des troupeaux; parfois un troupeau se fusionne avec un autre, et parfois les membres d'un troupeau partent et rejoignent autres troupeaux.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le flockage est une forme de comportement collectif d'un grand nombre d'agents interagissant pour un objectif commun à l'aide des connaissances et des règles simples. Pendant de nombreuses années, les scientifiques de différents domaines tels que la physique, la biophysique, les sciences sociales et l'informatique ont étudié les comportements d'animaux et ils ont été enchantés par la magie de flockage et l'étude de l'essaimage de groupes d'animaux sociaux.

Dans ce travail, nous avons essayé de simuler le comportement des oiseaux volants, en flockage et voir comment ils évitent les obstacles, et comparer notre simulation avec le comportement réel des oiseaux dans les mêmes conditions.

En ajoutant des obstacles dynamiques et statiques et des obstacles imprévus, nous avons essayé d'obtenir des résultats sur les tests que nous avons faits: flockage, évitement des obstacles statiques, évitement des obstacles imprévus qui ont été ajoutés au cours de la simulation, et l'évitement des obstacles dynamiques.

Nous avons représenté les obstacles statiques avec des arbres, et les obstacles dynamiques avec des oiseaux prédateurs, pour rendre la simulation proche de la réalité.

Nous avons fait ces tests plusieurs fois; il n'y avait pas de grande différence entre les résultats, sauf quand il arrive à l'évitement des obstacles, le nombre de collisions par les obstacles se change entre les tests en raison du comportement de flockage. Tous les tests ont donné des résultats acceptables, des troupes ont été formées, Les obstacles ont été évités, et des Boids ont été chassés par des prédateurs.

Le comportement de flockage était bien convaincant comparant avec la vie réelle. Les Boids forment des groupes; parfois un groupe se fusionne avec un autre, et parfois les membres d'un groupe partent et rejoignent autres groupes.

Bibliographie

Bibliographie

- [ACA] Academic, Comportement, [Online] disponible sur: <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/414182/Comportement>
Accès Janvier 2016.
- [BER] C. Bergey, NetLogo Obstacle Avoidance Model, [Online] disponible sur: http://www.christinabergey.com/notes_code/nc.php?topic=nl_obs_avoid
Accès : Janvier 2016.
- [CAN09] J. A. Canizo, J. A. Carrilloy, and J. Rosado, Collective Behavior of Animals: Swarming and Complex Patterns, December 17, 2009
- [NAS11] M. A. Nasser and M. Asadpour, Control of Flocking Behavior Using informed Agents, IEEE Swarm Intelligence Symposium (SIS2011), pp. 1-6, Paris, Avril 2011.
- [NAT] The National Center for Biotechnology Information [Online] disponible sur : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68003299>
Accées: Janvier 2016
- [NAU15] R., Nauert (2015). “Herd” Mentality Explained, PhD, *Psych Central*. [Online] disponible sur: <http://psychcentral.com/news/2008/02/15/herd-mentality-explained/1922.html>
Accès Janvier 2016
- [REY01] C. W., Reynolds, (2001), Boids background and update. [Online] disponible sur : <http://www.red3d.com/cwr/boids/> Accès : Janvier 2016.
- [WIK16a] Wikipedia – Flock [Online] disponible sur: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flock_\(birds\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flock_(birds)) Accès: Janvier 2016
- [WIK16b] Wikipedia – Flocking (behavior) [Online] disponible sur: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flocking_\(behavior\)#Measurement](https://en.wikipedia.org/wiki/Flocking_(behavior)#Measurement)
Accès: Janvier 2016
- [WIL98] U. Wilensky, (1998), “NetLogo Flocking model”, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. [Online] disponible sur: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Flocking>
Accès : Janvier 2016.