

**Compte rendu de stage facultatif
au Centre de Biologie pour la Gestion des Populations ([CBGP](#))**

Sensibilisation à la recherche en modélisation de systèmes
bio-écologiques complexes. Applications à la dynamique des
populations de rongeurs

Par Sacha Corso

Licence 2, Ecologie et Biologie des Organismes, Univ. Sci. Montpellier

sous l'encadrement de Jean Le Fur, chercheur IRD

Du 19 au 23 Février 2018

Contenu

Présentation	2
Jour 1	2
Approche de la modélisation	2
Prise en main de l'environnement de développement, exemple des campagnols (CHIZE)	4
Discussion avec Laurent GRANJON ; DR ; CBGP	5
Jour 2	6
Poursuite des tests et rédaction.....	6
Réunion de travail autour du projet GERBILLE.....	8
Jour 3	9
Introduction à l'approche objet et au système java	9
Fonctionnement d'une simulation sur l'exemple du protocole BANDIA.....	10
Jour 4	10
Modélisation des déplacements d'une gerbille dans son environnement	10
Etude de l'évolution du champ de perception.....	12
Jour 5	15
Conclusion	15

Présentation

Etudiant en deuxième année d'écologie et biologie des organismes à l'université des sciences de Montpellier, je suis intéressé par la recherche et j'ai souhaité faire un stage de sensibilisation afin de mieux appréhender ce milieu. Le sujet de la recherche en modélisation de systèmes bio-écologiques complexes représente un champ d'application attirant et pertinent pour mon parcours professionnel. Le projet de modélisation SimMasto était l'occasion de m'initier à la fois au codage informatique mais aussi à la réflexion liée à la recherche. J'ai pu avoir un aperçu assez global sur la modélisation de systèmes multi agents avec récapitulation des connaissances, conception, codage, analyse qualitative et quantitative du modèle et des simulations produites.

Je fus encadré par Jean Le Fur.

Jour 1

Approche de la modélisation

On peut distinguer 4 grands types de représentation du 'monde' :

- **Mathématique** : Ce sont des modèles théoriques que l'on retrouve plus ou moins derrière les observations de terrains (i.e., les phénomènes aléatoires modifient la courbe théorique de manière aléatoire)

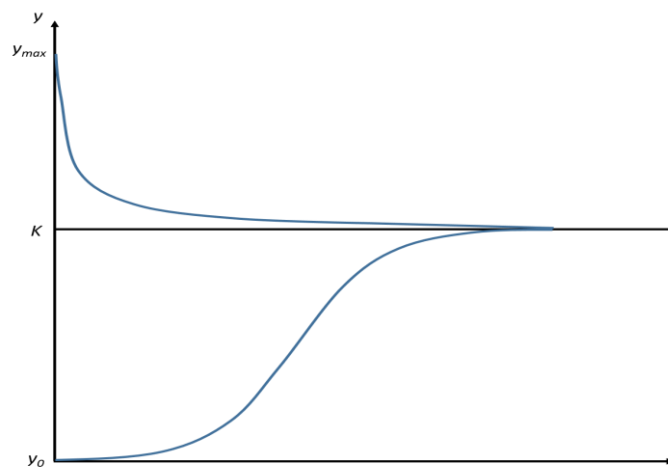


Figure 1 Exemple de modèle mathématique décrivant la croissance d'une population au cours du temps : dy/dt : variation de notre variable y en fonction du t (temps) avec K la capacité de charge (et r le taux d'accroissement de la population)

- **Chimie** : Transformation de type $A + B \rightarrow C + D$. Correspond à un nombre de cas limité où l'on a un changement d'état (ex chenille \rightarrow papillon)

- **Statistique** : utilise les données a posteriori pour expliquer leur répartition.

Ne permet pas d'appréhender les mécanismes en jeu mais les effets de leur apparition (ex

loi normale).

-**Informatique/Systèmes complexes** : représentation dynamique des événements par informatique à partir d'observations.

On récolte un nombre X d'éléments sur le terrain (avec une diversité choisie). Cette étape est réalisée par les thématiciens (biologistes, écologues, etc.) qui synthétisent les données de terrain pour créer des connaissances exploitables (intégrables au système).

On représente ces connaissances sous forme d'agents individualisés et des interactions entre les éléments pour avoir une vision globale et dynamique.

On code l'ensemble dans un programme avec les équations d'interactions pour créer les successions d'événements (*i.e.*, simulation) qui produisent la dynamique étudiée en fonction des paramètres choisis.

Plus on va vouloir intégrer un grand nombre d'éléments observés dans le système, plus il se rapprochera de la réalité mais il sera aussi plus complexe à manipuler.



Figure 2 Représentation graduelle de la complexité et du réalisme d'un modèle

Une simulation multi-agents comprend un paysage (avec sa diversité d'habitats), et ses éléments/habitants (avec leur écologie).

Ce type de modélisation permet d'apporter une vision dynamique en pouvant faire varier différentes variables pour évaluer les conséquences sur les outputs produits par le modèle.

Lors de l'élaboration du modèle il faut définir clairement la problématique en jeu pour orienter de manière optimale son système (les éléments à y intégrer) et ses observations (choisir ses inspecteurs¹)

Exemple de système : utilisation d'un espace agricole par les rongeurs

- Entrée : espace agricole avec +/- d'affinité vers les agents, itinéraires techniques ; rongeurs avec leurs traits de vie, leur écologie et leurs caractéristiques (taille de la population de départ, période d'accouplement,...)

¹ L'inspecteur va interroger tous les agents (par ex gerbilles) du système pour récupérer les informations réclamées. Les agents ne connaissent ni les inspecteurs, ni les informations qu'ils détiennent. L'inspecteur n'est pas visible par les éléments du système (par contre les pièges à rongeurs, tels que dans le protocole Bandia (p.8) sont modélisés comme parties du système).

Sortie : colonisation (*i.e.*, distribution spatiale) ; dynamique des populations en fonction des variables d'entrée

Prise en main de l'environnement de développement, exemple des campagnols (CHIZE)

J'ai tout d'abord effectué des simulations en utilisant le modèle dit 'Chize'², il s'agit d'un simulateur de la dynamique d'une population de campagnols (*Microtus arvalis*) dans un paysage agricole. Les champs subissent une rotation de culture définie, les campagnols se reproduisent à des périodes précises, le nombre de campagnols de départ est aussi défini.



Figure 3 : copie d'écran de l'environnement de simulation pour le modèle dit Chize

L'environnement contient plusieurs fenêtres avec :

- Les paramètres (données input)
- L'affichage de la carte dynamique
- L'affichage des courbes données par les inspecteurs
- User panel avec la date, la sex-ratio, le pourcentage de campagnols sans terrier.

² Eclipse> choose protocol – Chize > SIMmasto_0 Model > run

Lorsque l'on lance une modélisation on peut observer le mouvement des rongeurs sur la carte mais aussi consulter les courbes tirées du système (nombre d'individus, dispersion, FIS).

On peut y voir les pics de natalité qui correspondent à la première période de mise bas vers le milieu du mois d'Avril. A la fin de l'allaitement, c'est-à-dire début mai, les petits sortent du nid et deviennent sans terrier. Il n'y a pas de naissance pendant l'hiver, seulement des morts avec des perturbations plus ou moins fortes.

L'avantage de ce modèle est qu'il permet d'aller voir à l'échelle de l'individu les désirs, l'occupation, l'âge ou encore la maturité sexuelle des agents (exemple de +F-MicrotusArvalis_2740, Figure 3 panneau sud-ouest). Ces informations permettent aussi, d'une part d'avoir des informations sur la totalité des agents (ce qui n'est pas possible lorsque l'on fait des relevés sur le terrain), d'autre part de vérifier qu'il n'y ait pas de problèmes dans le système, que tous les agents aient bien un comportement conforme à la réalité exprimée par les thématiciens.

Discussion avec Laurent GRANJON ; DR ; CBGP

Nous avons abordé son parcours scientifique et ses recherches actuelles. Ecologue et systématicien, L. Granjon a commencé son parcours par la systématique évolutive de rongeurs africains. Actuellement il combine ces travaux avec des projets pluridisciplinaires comme CERISE³.

Il m'a expliqué les systèmes de capture-marquage-recapture (CMR) menés au Sénégal pour étudier les populations de rongeurs. Nous avons aussi discuté d'hybridation, l'un de ses projets cherchait à savoir si 2 espèces récemment différenciées pouvaient s'hybrider de nouveau. Il s'est avéré que les hybrides *F1* n'étaient que très peu fertiles, il fallait inciter les reproductions suivantes pour retrouver un taux de fertilité normal.

Certaines espèces sont capables de s'hybrider alors qu'elles n'ont pas le même nombre de chromosomes, dans certains cas la même espèce possède un nombre différent de chromosome selon les populations. En effet il est possible que des chromosomes télocentriques (avec le centromère à une extrémité) fusionnent, le caryotype s'en retrouvera modifié.



Figure 4 : chromosome télocentrique, susceptible de fusionner lors de l'hybridation pour produire des chromosomes métacentriques

³ Programme scientifique cherchant l'impact des changements globaux sur l'expansion de la gerbille nigérienne et la souris domestique au Sénégal.

Nous avons aussi discuté des prélèvements : lors de capture *in situ* un certain nombre de prélèvements sont effectués (individus entiers, tissus, organes, os, ADN). Dans certains cas ces derniers se font directement sur site mais parfois il est nécessaire de ramener les animaux pour des prélèvements particuliers (moelle osseuse pour caryotype, ...). Un animal sacrifié subit de nombreux prélèvements utilisés par de nombreuses équipes : le sang, le cerveau et le foie pour l'épidémiologie, la moelle pour les phylogénéticiens (caryotypes), la peau (taxidermie) et les os seront conservés dans les collections⁴. Un certain nombre de ces prélèvements sont conservés au CBGP.

Pour garantir la sécurité vis-à-vis de possibles maladies véhiculées par les rongeurs, une zone de confinement a été mise en place sur le centre de recherche.

Jour 2

Poursuite des tests et rédaction

J'ai fait varier certains paramètres dans le modèle CHIZE vu la veille pour en tirer des résultats :

- La période de reproduction est un point essentiel, par défaut cette période se déroule d'avril à Octobre. Cela signifie que hors de cette période la population ne peut que décliner (les naissances durent cependant jusqu'à mi-fin novembre). Ainsi on peut remarquer que pour qu'une population survive elle doit atteindre un nombre suffisant d'individus après la période de reproduction pour pouvoir supporter les pertes de l'hiver (saison sans reproduction).
- La colonisation d'un champ spécifique (Figure 5, flèche orange) assure la pérennité de la population. Ce champ (luzerne) ne subit pratiquement pas de rotation de culture, les rongeurs y sont donc à l'abri des modifications de milieu.

⁴ Ces collections pourront par la suite servir pour comprendre l'évolution de la morphologie des espèces.

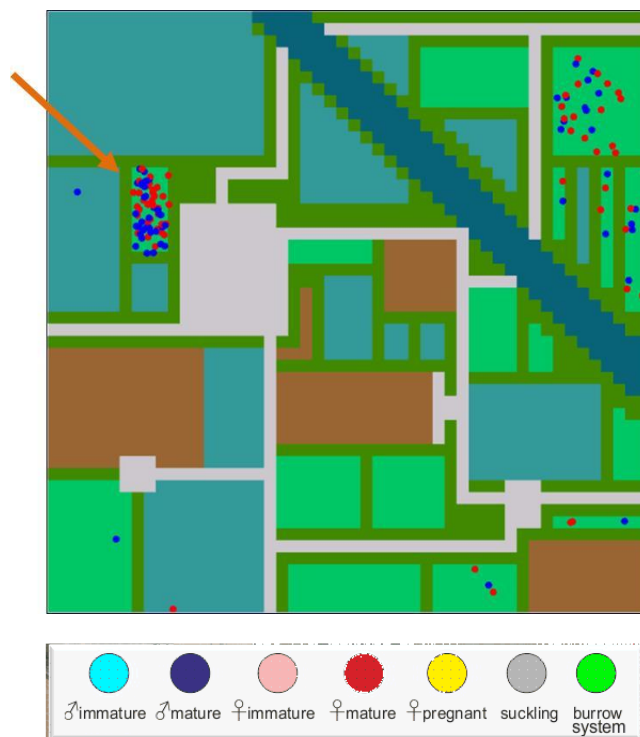


Figure 5 : Situation d'une population de campagnols simulée après plusieurs années. Le champ de luzerne indiqué par la flèche constitue un refuge pour la population de campagnols qui peut s'y développer et pérenniser la population

- Le temps entre les *ticks*⁵ est aussi un facteur déterminant, en faisant varier ce temps il est possible d'obtenir des résultats différents. Augmenter la durée du *tick* permet au rongeur de couvrir une plus grande zone entre chaque tick mais cela diminuera le nombre de choix pour une même unité de temps (voir p.12).

Tableau 1 Résultats d'expérimentation sur CHIZE

démarrage	extinction	durée	N individus	N terriers
01/04/2016	13/06/2016	73	50	1
01/04/2016	23/03/2017	356	30	3
01/04/2016	01/08/2017	487	444	50
01/04/2016	22/10/2017	569	50	4

Idéalement la population devrait pouvoir réaliser plusieurs cycles pour se stabiliser avant de pouvoir interpréter des résultats de modifications. La dernière valeur (569) indique que la pérennité ne dépend pas forcément d'une population importante à l'initialisation (mais plutôt de terriers bien placés)

Présentation du projet GERBILLE

⁵ C'est l'unité de temps du système, à chaque *tick* tous les agents du système sont réinterrogés. Le temps du *tick* est défini par l'opérateur.

Ce projet reprend le même modèle mais il s'inscrit dans une nouvelle thématique : la colonisation du Sénégal par les gerbilles du Sahel. Avec le changement global et la désertification, les gerbilles (*Gerbillus nigeriae*) adaptées aux écosystèmes du Sahel peuvent coloniser de nouvelles zones vers le Sénégal. Elles sont classées comme espèces envahissantes car elles ont un impact important sur les populations de rongeurs local.

Ce projet comprend 3 échelles de tailles de modélisation : continentale, nationale et régionale. La combinaison des trois modèles permettra d'obtenir une idée précise de la dynamique d'invasion des gerbilles.

Jean et Moussa (doctorant sénégalais) travaillent sur le modèle local. Ce système reprend les travaux précédents en rajoutant certains aspects comme variation de biomasse en fonction de la pluviométrie et la prise en compte des rythmes circadiens. Pour le moment la mise au point du code est réalisée à partir d'une carte carrée de 300 mètres de côté, cela permet de visualiser les modifications sans avoir trop de calculs à faire lors des simulations.

Réunion de travail autour du projet GERBILLE

Une réunion s'est tenue avec Jean Le Fur, Laurent Granjon et Moussa Sall, doctorant sénégalais sur le projet, en skype depuis Dakar

Pour pouvoir valider le système il faut que dans des conditions classiques, ce dernier donne des résultats cohérent avec la réalité observée sur le terrain. Il est donc nécessaire d'étudier avec minutie les données de sortie du système avec des thématiciens (ici Laurent). Nous avons discuté des anomalies du système :

1. Les rongeurs situés sur la diagonale // font beaucoup plus de terriers, ces terriers se retrouvent surchargés le jour.

Pour résoudre ce système nous avons tenté de modifier 2 paramètres :

- La couverture du sol (ou landcover) : nous pensions que la diagonale était liée à la disposition des zones sur la carte, mais même en modifiant la carte la diagonale revenait.
- Les Chouettes : nous pensions que le passage des chouettes provoquant l'entrée des gerbilles dans leur terrier pouvait créer cette diagonale. En effet si les chouettes avaient une route habituelle, elles pousseraient toujours les mêmes rongeurs à se réfugier dans leur terrier sans qu'ils aient le temps de se déplacer hors de cette zone sensible.

Leur retrait n'a eu aucun effet.

Il serait envisageable de mettre un nombre maximal de rongeurs dans le terrier au-delà duquel plus aucun rongeur ne peut rentrer, il serait donc à la recherche d'un nouveau terrier plus loin.

Il faudra finalement refaire des tests sur le code de calcul pour tenter de comprendre d'où nait cette diagonale.

2. Il y a beaucoup trop de rongeurs errant durant la journée comparée à la réalité. Pour pallier ce problème il serait envisageable d'augmenter la vitesse de déplacement des rongeurs à l'aube pour qu'ils couvrent une plus grande distance et ainsi trouver un terrier disponible.

Jour 3

- Remplissage du rapport sur les conclusions de la veille.
- Lecture du rapport de master (Comte, 2012⁶) sur la caractérisation des barrières à l'hybridation via SMA.

Introduction à l'approche objet et au système java

Pour que je puisse comprendre la logique du système nous sommes partis de la racine du programme en passant les étapes une à une afin de comprendre le déroulement.

Avant tout il faut comprendre le principe d'héritage objet (Figure 6) :

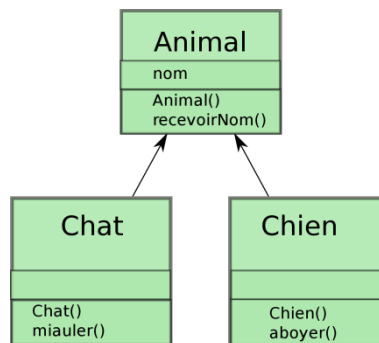


Figure 6 Exemple d'héritage dans l'approche objet

Pour organiser les informations, les différents objets sont rangés dans des catégories (ici animal), chaque objet dispose des attributs de sa catégorie. Dans cet exemple, le Chat possède un nom (via *recevoirNom*) grâce au module Animal et miaule grâce au module Chat, le Chien possède aussi un Nom et il aboie (propre au module Chien).

Ainsi les animaux objet vont être rangés dans des catégories successives tels des poupées russes. Cela permet d'accorder obligatoirement les mêmes attributs aux objets d'une même classe et de ne pas avoir à répéter l'intégralité des informations pour chaque agent.



Pour faire fonctionner pas à pas le système, il faut lancer SimMasto en mode *Debug*, ainsi le programme activera les commandes jusqu'au *breakpoint* placé. Ensuite il est possible d'exécuter les lignes une par une (*StepInto*) ou d'exécuter les commandes une à une (*StepOver*)

Lorsque l'on lance une procédure, plusieurs étapes sont nécessaires pour obtenir un résultat :

⁶ Comte, Aurore (2012) Caractérisation des barrières à l'hybridation de deux espèces jumelles de rongeurs africains du genre *Mastomys*. Etude par simulation multi-agents à partir de deux expériences *in situ*. *Rapp. Master recherche Ecologie-Biodiversité Spécialité Biodiversité Evolution Parcours Génétique et Biodiversité, Univ. Montpellier 2*, 46p.

Fonctionnement d'une simulation sur l'exemple du protocole BANDIA

Le protocole dit BANDIA vise à simuler une population de rongeurs dans une réserve africaine et à simuler une expérience de CMR (poses et relevés de pièges virtuels) insérée dans leur habitat.

Tout d'abord il y a création d'une sorte de « cadre vierge », le *ContextCreator*. Il définit un certain nombre de variables discrètes et de paramètres (temps, espace...) que nous n'avons pas vu précisément. Le *contextCreator* cherche le protocole à exécuter (système de if ... else). Une fois trouvé il exécute un dialogue entre les différents niveaux du modèle (Figure 7) pour que l'intégralité du système se mette en place dans un ordre bien précis (préparation des inspecteurs, mise en place d'un calendrier, identifications de constantes, ...).

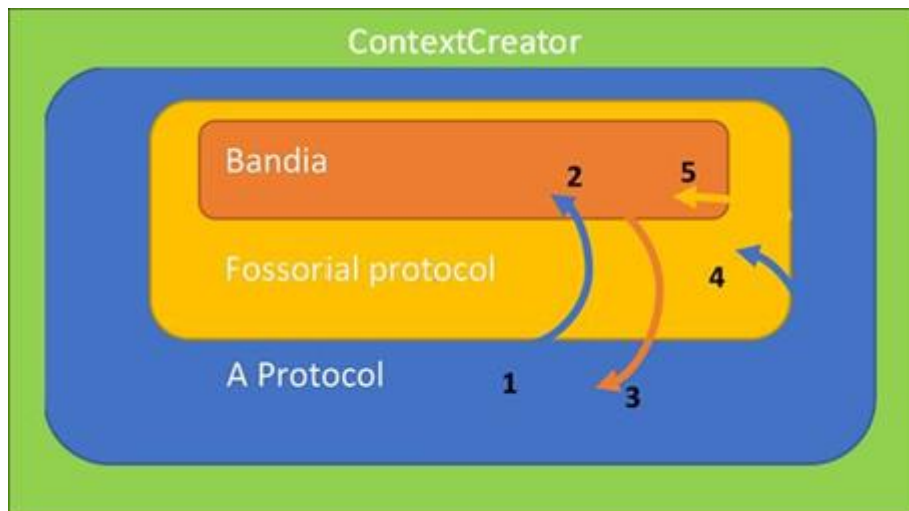


Figure 7 Imbrication des différentes classes qui gèrent la simulation (exemple du protocole Bandia)

Jour 4

J'ai tenté de refaire le cheminement de la veille. J'ai dû retrouver les différentes racines pour pouvoir repartir du *contextCreator*. Cette étape m'a permis d'être plus à l'aise lors la navigation dans Eclipse : retrouver les différents *packages*, chercher des commandes précises (pas toujours réussi), explorer les différents protocoles.

Ce travail a contribué à la rédaction de la fin du compte rendu du jour 3.

J'ai encore du mal à comprendre toutes les logiques de commande, je pense que cela est dû à mon manque de connaissance du codage *java*.

Modélisation des déplacements d'une gerbille dans son environnement

Lors de l'analyse du déroulement du programme, nous avons identifié un problème possible dans le calcul du déplacement aléatoire des rongeurs. J'ai travaillé sur cette question pour valider ou non le code de calcul existant :

Le déplacement lorsqu'il n'y a pas de but se fait à l'aide d'un générateur de nombres aléatoires de type = ALEA() (*Excel*). Pour donner le déplacement sur un des axes, on soustrait un nombre aléatoire entre 0 et 1 à un autre nombre aléatoire entre 0 et 1 (Figure 8). On multiplie ce chiffre par le coefficient de vitesse de l'agent. Cela va nous donner une distance dans une direction tenant compte

de la vitesse de l'animal. En faisant cela pour les 2 axes (x et y) on obtient une distance dans une direction à 360°.

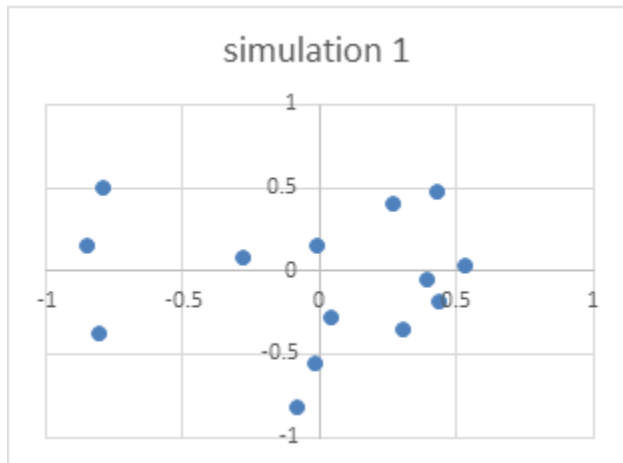


Figure 8 Simulation de directions de déplacement (sans coefficient de vitesse)

On voit bien ici que la gerbille peut aller dans les différentes directions sur une distance entre 0 et 1

Nous avons ensuite tenté de comprendre une des limites du système en utilisant cette fois le protocole gerbille.

Nous avons observé qu'une gerbille mettait plusieurs ticks pour atteindre un objet ciblé (*target*).

Dans l'exemple que nous retenons le rayon de perception (zone à l'intérieur de laquelle l'agent perçoit tous les objets) mesure 3 mètres, la vitesse de déplacement est de 50m par jour (soit ~1m par 30min).

Le déroulement de la scène est schématisé sur la Figure 9 :

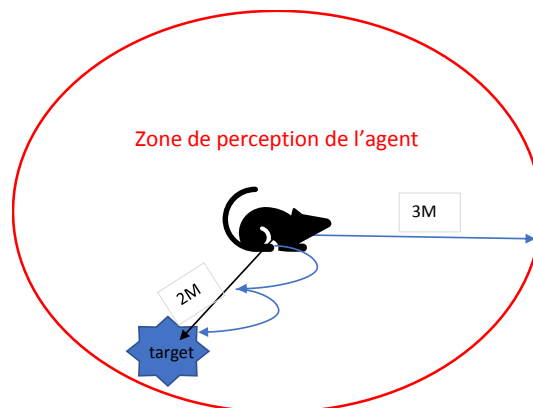


Figure 9 Représentation simplifiée du comportement de délibération des agents simulés

- Tick 1 : lors de l'analyse de son environnement la gerbille perçoit un objet d'intérêt⁷ situé à 2m d'elle, elle décide donc d'y aller (l'objet devient sa target). Pendant ce même tick elle parcourt le premier mètre du chemin, c'est sa distance maximum en 30min.
- Tick 2 : la gerbille recalcule ses désirs, perçoit les objets autour d'elle et reprend sa target, elle fait le deuxième mètre pour l'atteindre.

Le problème est apparu quand nous avons voulu faire un parallèle entre le modèle et la réalité lors d'une simulation. Dans la nature en effet, il est clair que la gerbille peut se déplacer

⁷ Les cibles sont déterminées relativement à un désir tel que : une autre gerbille dans le cas d'un désir de reproduction, un champ cultivé pour un désir d'alimentation ou un terrier si elle désire se cacher...

de 2 mètres en 30min pour atteindre son objectif. Il y a donc un problème avec la modélisation du déplacement en fonction du temps.

Pour tenter de résoudre ce problème nous avons travaillé sur le lien entre zone de perception et distance de déplacement.

Etude de l'évolution du champ de perception

Tout d'abord il faut comprendre l'évolution du champ de vision de la gerbille au cours du temps. Dans les conditions du modèle GERBILLE, la gerbille perçoit les agents dans un rayon 50 mètres par jour (son 'domaine vital'), soit 2 mètres par 30 min. Pendant ces 30 min elle peut se déplacer d'un mètre. La Figure 10) représente le déplacement rectiligne de la gerbille pendant 6 x 30min, soit 3heures. La gerbille aura ainsi parcouru 5 mètres en 3 heures.

On constate qu'à chaque déplacement, la gerbille perçoit une grande partie de ce qu'elle connaît déjà (zone de perception au tick $n-1$). Dans cette zone elle connaît déjà tous les éléments immobiles (terrier, nourriture), en revanche de nouveaux animaux peuvent arriver dans cette zone après leur déplacement.

Cette zone aura un intérêt différent selon les désirs du rongeur : peu utile s'il est dans une quête de nourriture, très utile s'il est en recherche de partenaire.

Dans un premier temps pour simplifier l'étude, nous considérons que le rongeur est dans une phase de recherche de nourriture. Ainsi la zone déjà connue ne lui apporte aucune nouvelle information.

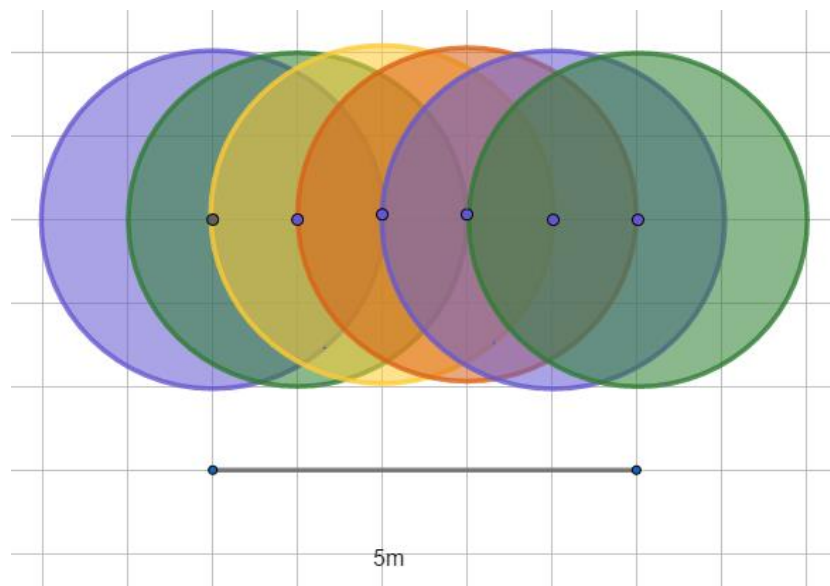
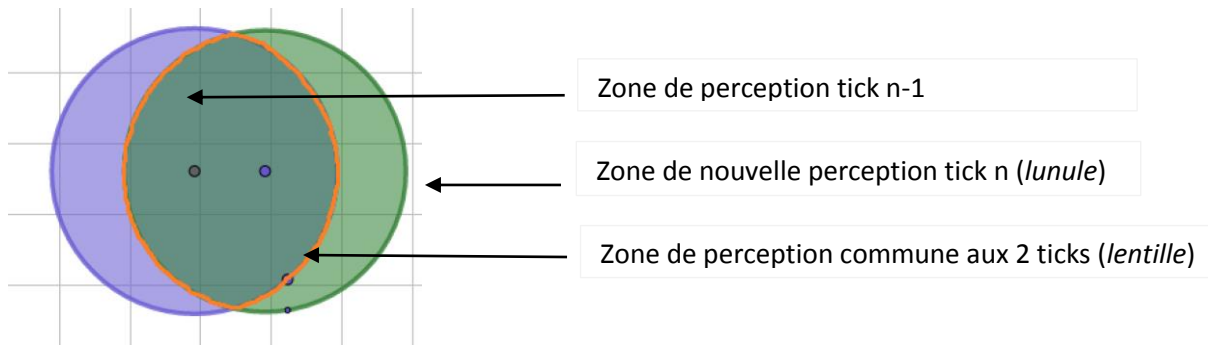


Figure 10 Représentation de l'évolution du champ de vision de l'agent (logiciel GeoGebra) se déplaçant de 5m. pendant trois heures (6x30mn) à une vitesse de 50m/j . Points bleus : positions de la gerbille simulée – détail ci-après.



Avec ces informations on peut exprimer la surface perçue réelle avec la surface nouvellement perçue à chaque tick (*lentille*).

Tout d'abord la surface du premier cercle complet (tick n-1) perçue par la gerbille peut être calculé avec la formule $A = \pi R^2$ (avec R le rayon). Si nous restons sur un pas de temps de 30min, on obtient R = 2 mètres (rayon de perception) donc $A \approx 12,6 \text{ m}^2$.

Il faut maintenant calculer la surface perçue à chaque nouveau tick (lunule).

$$A_L = 2R^2 \arccos\left(\frac{h}{R}\right) - 2h \sqrt{R^2 - h^2}$$

Équation 1 Calcul de l'aire d'une lentille. Avec R le rayon, et h la distance entre les 2 centres de cercles divisé par 2

Si nous restons sur un pas de temps de 30min, on a R = 2 mètres (rayon de perception) et $h=d/2=1/2=0,5$ mètre (d=distance parcourue en 1heure).

On obtient l'aire de la lentille $A_L \approx 8,6 \text{ m}^2$, cette surface correspond à la zone commune aux cercles de perception n et (n-1). La nouvelle lunule perçue par la gerbille (A_l) est donc A (le cercle entier) - A_L (lentille déjà perçue), ce qui nous donne $A_l \approx 12,6 - 8,6 = 4 \text{ m}^2$.

A chaque nouveau tick, la gerbille « découvre » 4 m² avec ses éléments fixes.

On peut donc calculer la zone théorique couverte par la gerbille pendant une journée avec un pas de temps de 30 minutes, ce calcul suppose que la gerbille passe 10 heures de la journée à explorer son environnement (le reste du temps servirait pour le sommeil, ou tout autre besoin, on aurait :

$$S = A + 47 * A_l \approx 12,6 + 20 * 4 = 92,6 \text{ m}^2$$

Cette valeur est théorique, elle suppose que la gerbille ne repasse jamais sur ses pas.

Le but est de comparer cette valeur avec distance couverte avec un pas de temps de une journée (R= 5 mètres) ; soit S= 78,5.

On constate que la gerbille théorique avec le pas de 30min peut couvrir une surface plus grande que celle avec un pas de 1 journée même si l'ordre de grandeur est le même.

Le problème est que le calcul théorique ne prend pas en compte le fait que le rongeur repasse sur ses pas durant la journée.

En vérité, dans le modèle actuel, il arrive souvent que la gerbille revienne explorer une zone déjà connue.

Je n'ai pas réussi à faire de représentation à l'échelle permettant de visualiser concrètement le déplacement de la gerbille avec sa zone de perception mais les Figure 11 et Figure 11bis permettent de se rendre compte que la gerbille a beaucoup de chance de repasser sur sa trajectoire, réduisant ainsi sa zone de perception dans la journée.

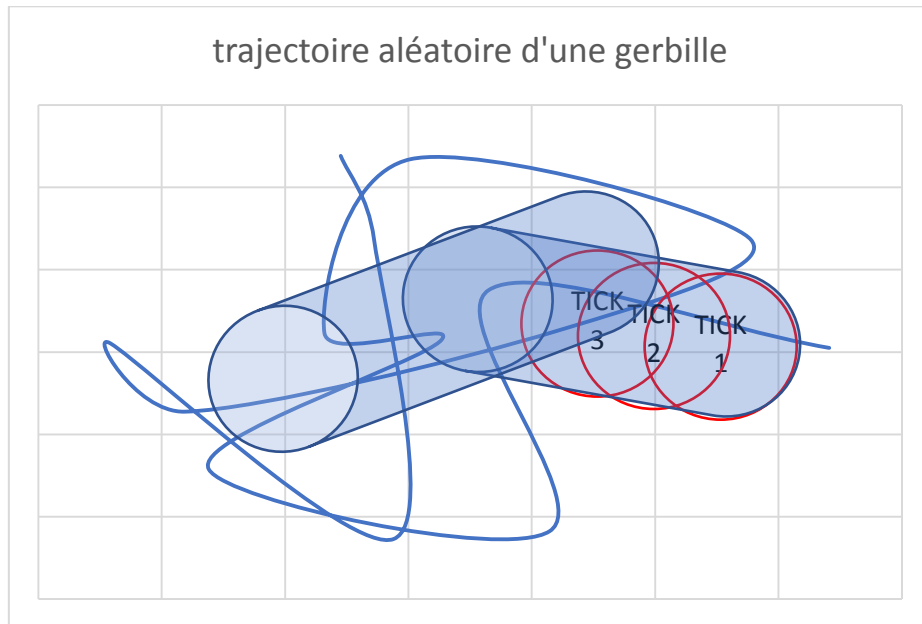
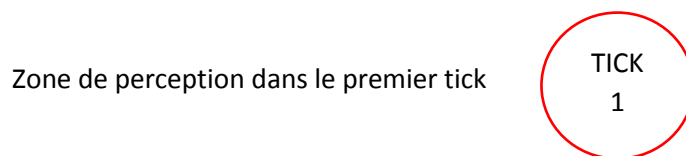


Figure 11 Représentation arbitraire du processus de progression d'une gerbille au cours du temps



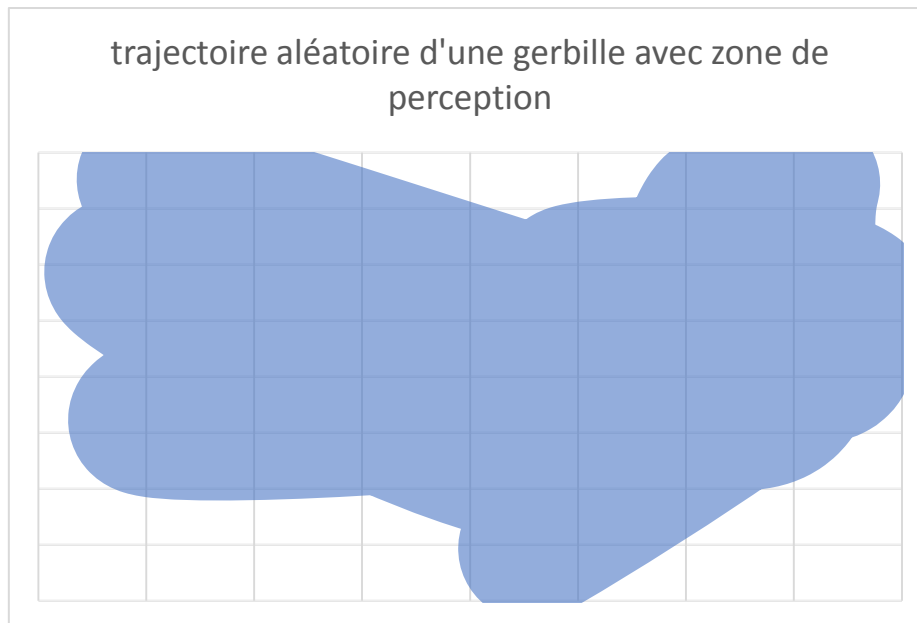


Figure 11bis représentation de la progression de la gerbille avec sa zone de perception cumulée

En conclusion, il semblerait que même si la surface de prospection théorique est plus élevée avec un pas de temps plus faible, l'aléa de la trajectoire pourrait l'équilibrer voir la rendre inférieure à la zone de prospection avec un pas de temps élevé.

Pour vérifier cette théorie il faudrait faire une étude statistique avec un certain nombre d'observations du modèle. Il serait aussi intéressant de créer une nouvelle fonction afin d'obtenir l'aire de prospection en *output*.

Jour 5

Finalisation des tests, synthèse et rédaction.

Conclusion

Ce stage d'une semaine a été pour moi l'occasion de me familiariser avec l'environnement d'un chercheur, connaître son rythme, son quotidien, et surtout sa démarche.

J'ai apprécié la démarche de Jean, bien que modélisateur il cherche toujours à comparer ses modèles théoriques avec la réalité observable. Ce souci de réalisme est primordial pour un modélisateur.

J'ai aussi pu me rendre compte de la complexité des problématiques. A l'issue de mon stage je n'ai pas pu apporter de réponse concrète à la problématique posée, mais seulement le début d'un raisonnement.

J'aimerais remercier le CBGP pour m'avoir accueilli dans ses locaux ainsi que Jean Le Fur pour m'avoir accordé beaucoup de temps malgré son emploi du temps chargé.