

## Travail noté 2 : Modélisation orientée-individu et multi-agent

Le travail noté 2 comprend deux parties : la partie A porte sur le modèle NetLogo « Wolf sheep predation » et la partie B porte sur le modèle NetLogo « Recycling ».

Parcourez les consignes pour chaque partie et répondez aux dix questions dans le gabarit fourni.

Les questions totalisent 80 points et comptent pour 15 % de la note finale.

### Partie A Le modèle NetLogo « Wolf sheep predation » (40 points)

Ce modèle orienté-individu explore la stabilité du système loup-mouton.

#### Consignes

- Ouvrez le logiciel NetLogo.
- Ouvrez le modèle « Wolf Sheep Predation » offert dans la bibliothèque de modèles : menu *File > Models Library > Sample Models > Biology > Wolf Sheep Predation*; puis appuyez sur *Open*.
- Lisez les informations contenues dans l'onglet *Info*. Il existe deux variantes du modèle (*model-version*).
  - *sheep-wolves* : Dans la variante 1, les moutons et les loups se déplacent aléatoirement sur le territoire. Chaque loup et chaque mouton possèdent sa propre réserve d'énergie. Lorsqu'un loup se déplace, il perd une unité d'énergie. S'il entre en contact avec un mouton, le loup s'en nourrit et son énergie augmente. Si un loup manque d'énergie, il meurt. À chaque itération, chaque loup ou chaque mouton se reproduit avec une certaine probabilité. Lors de la reproduction, le parent loup ou le parent mouton donne naissance à un seul individu et partage sa réserve d'énergie en deux avec ce dernier.
  - *sheep-wolves-grass* : La variante 2 inclut la dynamique de l'herbe en plus de celle des moutons et des loups. Le comportement des loups demeure identique à celui de la variante 1. Dans cette variante, cependant, les moutons doivent se nourrir d'herbe pour maintenir leur réserve d'énergie. Chaque déplacement du mouton, lui en coûte maintenant une unité d'énergie. Si un mouton manque d'énergie, il meurt. L'herbe mangée par un mouton recroît avec un délai de temps donné.
- Familiarisez-vous avec l'interface. Les paramètres sont :
  - *initial-number-sheep* : la taille initiale de la population de moutons.
  - *initial-number-wolves* : la taille initiale de la population de loups.
  - *grass-regrowth-time* : le nombre d'itérations requises pour qu'une unité d'herbe mangée repousse.
  - *sheep-gain-from-food* : l'énergie conférée à chaque mouton pour chaque unité d'herbe mangée. L'énergie initiale donnée à chaque mouton est aussi fonction de ce paramètre.
  - *wolf-gain-from-food* : l'énergie conférée à chaque loup pour chaque mouton mangé. L'énergie initiale donnée à chaque loup est aussi fonction de ce paramètre.
  - *sheep-reproduce* : la probabilité qu'un mouton se reproduise à chaque itération.

- *wolf-reproduce* : la probabilité qu'un loup se reproduise à chaque itération.
- *show-energy* : le paramètre permettant d'afficher (*On*) ou non (*Off*) les réserves d'énergie de chaque individu.

## Questions

1. Définition du modèle. **(8 points)**
  - a) Quels sont les trois types d'individus dans ce modèle ? (1 point)
  - b) Quels sont les variables d'état pour chaque individu de type loup? (3 points)
  - c) Quels sont les comportements possibles pour les individus de type mouton dans la variante 2 du modèle? (3 points)
  - d) Quel paramètre régit le comportement de l'herbe dans la variante 2 du modèle ? (1 point)
2. Explorez la variante 1 (*sheep-wolves*) du modèle en produisant cinq simulations d'une durée approximative de 500 itérations en utilisant les paramètres par défaut. **(10 points)**
  - a) Est-ce que la dynamique du modèle est stable ou instable? (2 points)
  - b) Décrivez les deux dynamiques qui peuvent se produire. Justifiez votre réponse en fonction du comportement des individus. Inclure les figures des populations produites par les simulations en fonction du temps : cliquez avec le bouton gauche de la souris et choisissez *Copy Image* et copiez dans le fichier Word avec le clic droit Copier ou avec le raccourci Ctrl-C de votre clavier. (8 points)
3. Explorez la variante 2 (*sheep-wolves-grass*) du modèle en produisant cinq simulations d'une durée approximative de 2000 itérations en utilisant les paramètres par défaut. **(8 points)**
  - a) À quelle classe la dynamique correspond-elle ? (2 points)
  - b) Décrivez la dynamique observée. Entre autres, expliquez comment la taille de chaque population fluctue en fonction des autres populations (loup, mouton, herbe). (6 points)
4. Augmentez le délai de croissance de l'herbe mangée (*grass-regrowth-time*) de 30 à 50. Simulez le modèle pendant environ 1000 itérations. Que se passe-t-il? Expliquez pourquoi. **(6 points)**
5. Remettez les paramètres par défaut (*grass-regrowth-time* = 30). Initialisez la population de loups à zéro (*initial-number-wolf* = 0). Le modèle simule alors la dynamique du système mouton-herbe. Expliquez pourquoi la population de moutons peut croître exponentiellement dans le système loup-mouton, alors que la population d'herbe reste toujours stable dans le système mouton-herbe? **(8 points)**



## Partie B Le modèle NetLogo « Recycling » (40 points)

Ce modèle multi-agent explore la capacité d'une population formée de deux types d'agents, les recycleurs et les gaspilleurs, à exploiter leur environnement de façon durable.

### Consignes et description du modèle

- Ouvrez le logiciel NetLogo.
- Ouvrez le modèle « Recycling » offert dans la bibliothèque de modèles : menu *File > Models Library > Curricular Models > Urban Suite > Urban Suite - Recycling*; puis appuyez sur *Open*.
- Appuyez maintenant sur *setup* pour que l'environnement se télécharge.
- Dans ce modèle l'environnement est une grille composée de cellules qui peuvent être dans un des états suivants :
  - Neuf : de couleur verte.
  - Recyclé : de couleur vert-lime.
  - Déchet : de couleur jaune.

Initialement toutes les cellules sont dans l'état « neuf ».

- Les agents (appelés les *developers*) possèdent une réserve d'énergie. Ils exploitent les ressources dans l'environnement afin d'augmenter leur réserve. Si un agent épuise sa réserve d'énergie, il disparaît. L'énergie dans ce modèle peut être perçue comme étant de l'argent ou une autre ressource économique. Un agent qui n'a plus de fonds ne peut plus exploiter l'environnement.
- À chaque itération du modèle, chaque agent exploite d'abord la ressource sur la cellule où il se situe, puis se déplace vers une des huit cellules de son voisinage. Le déplacement d'un agent peut être aléatoire ou plus intelligent, où l'agent se déplace préférentiellement vers une cellule voisine dans l'état « neuf ».
- Il y a deux types d'agents :
  - Gaspilleurs (en rouge) : ils exploitent entièrement la ressource disponible sur une cellule et son état devient alors « déchet ». Les gaspilleurs obtiennent quatre unités d'énergie d'une cellule dans l'état « neuf », deux d'une cellule dans l'état « recyclé » et rien d'une cellule dans l'état « déchet ».
  - Recycleurs (en bleu) : ils exploitent seulement la moitié de la ressource disponible sur une cellule lui permettant ainsi de se régénérer. Les recycleurs obtiennent deux unités d'énergie d'une cellule dans l'état « neuf » et la maintiennent dans l'état « neuf ». Ils obtiennent une unité d'énergie d'une cellule dans l'état « recyclé » et la maintiennent dans l'état « recyclé ». Lorsqu'un recycleur rejoint une cellule « déchet » il fait l'effort de la recycler et il perd une certaine quantité d'énergie.
- Les ressources sont aléatoirement régénérées dans l'environnement à un certain taux. Ce processus permet aux cellules exploitées de retourner à l'état « neuf ». Les cellules dans l'état « recyclé » ont une probabilité cinq fois plus grande de retourner à l'état « neuf » que les cellules dans l'état « déchet ».
- Les paramètres du modèle sont les suivants (leur valeur par défaut sont données entre parenthèses) :
  - *num-recyclers* : le nombre de recycleurs (25).
  - *num-wastefuls* : le nombre de gaspilleurs (25).

- *max-stored-energy* : la quantité maximale d'énergie qu'un agent peut accumuler (50). Initialement, la réserve d'énergie de chaque agent vaut la moitié de cette valeur maximale.
- *recycling-waste-cost* : la quantité d'énergie qu'il en coûte à un recycleur pour recycler une cellule dans l'état « déchet » (0,50).
- *resource-regeneration* : le paramètre qui contrôle la probabilité de régénération d'une cellule exploitée (25).
- *agents-seek-ressources?* : si ce paramètre est *On*, un agent se déplace préférentiellement vers une cellule voisine dans l'état « neuf », sinon (*Off*) le déplacement est aléatoire.
- *show-energy?* : le paramètre permettant d'afficher (*On*) ou non (*Off*) les réserves d'énergie de chaque agent.
- Deux figures sont générées durant une simulation du modèle :
  - *Population* : Cette figure affiche le nombre d'agents (*developers*) de chaque type en fonction des itérations.
  - *Land use* : Cette figure affiche le pourcentage de cellules dans chaque état en fonction des itérations.

## Questions

1. Définition du modèle. **(10 points)**
  - a) Quels sont les variables d'état des agents de type gaspilleurs? (3 points)
  - b) Quels sont les comportements possibles pour un agent de type recycleur? (4 points)
  - c) Quels paramètres agissent sur le comportement des gaspilleurs? (3 points)
2. Utilisez les paramètres par défaut du modèle, mais fixez le nombre de recycleurs à zéro. Explorez ce scénario en produisant cinq simulations d'une durée d'environ 5000 itérations. **(6 points)**
  - a) Combien de gaspilleurs l'environnement peut-il supporter à chaque simulation? Calculez la moyenne et l'écart type sur vos cinq simulations. (4 points)
  - b) Pourquoi l'évolution temporelle du nombre de gaspilleurs varie-t-elle entre les simulations? (2 points)
3. Conservez toujours le nombre de recycleurs à zéro et évaluez les deux scénarios suivants. **(10 points)**
  - a) Augmentez le paramètre *resource-regeneration* à 50. Produisez cinq simulations de ce scénario pour une durée d'environ 5000 itérations et calculez le nombre moyen de gaspilleurs et son écart type. Expliquez l'effet de cette augmentation sur le nombre de gaspilleurs pouvant exister. Justifiez votre réponse en fonction du comportement des agents et du fonctionnement du modèle. (5 points)

- b) Diminuez le paramètre *resource-regeneration* à 10 et conservez les valeurs par défaut pour les autres paramètres. Produisez cinq simulations de ce scénario pour une durée d'environ 5000 itérations et calculez le nombre moyen de gaspilleurs et sa déviation standard. Expliquez l'effet de cette diminution sur le nombre de gaspilleurs pouvant exister. Justifiez votre réponse en fonction du comportement des agents et du fonctionnement du modèle (5 points)
4. Conservez toujours le nombre de recycleurs à zéro, mais augmentez le nombre de gaspilleurs à 50. Simulez le modèle pendant environ 1500 itérations en utilisant la valeur par défaut pour le paramètre *resource-regeneration* (25). Décrivez la relation entre la variation des pourcentages pour chaque état (figure *Land use*) et la variation du nombre de gaspilleurs (figure *Population*). Justifiez votre réponse en copiant les figures *Population* et *Land use* générées par la simulation. **(4 points)**
5. Explorez les scénarios suivants. **(10 points)**
- a) Simulez le modèle pendant environ 10 000 itérations en utilisant les paramètres par défaut (25 recycleurs). Rapportez les figures *Population* et *Land use* produites avec ce scénario. Combien de recycleurs et de gaspilleurs persistent à la fin de la simulation? (1 points)
- b) Simulez le modèle, mais cette fois avec 50 recycleurs. Rapportez les figures *Population* et *Land use* produites avec ce scénario. Combien de recycleurs et de gaspilleurs persistent à la fin de la simulation? (1 points)
- c) Comparez les populations et les ressources du territoire pour les scénarios produits en *a* et *b*. Quelle conclusion socio-écologique peut-on en tirer? (3 points)
- d) Dans un scénario où le nombre initial de recycleurs et celui de gaspilleurs sont 25, quelle valeur devrait-on donner au paramètre *resource-generation* pour que l'environnement permette de supporter une population plus ou moins constante sur une durée d'environ 5000 itérations? Justifiez votre réponse en copiant les figures *Population* et *Land use*. (5 points)

## Références

Felsen, M. et Wilensky, U. (2002). *NetLogo urban suite - recycling model*. Evanston, IL : Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University. Repéré à <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/UrbanSuite-Recycling>

Wilensky, U. (1997). *NetLogo wolf sheep predation model*. Evanston, IL : Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University. Repéré à <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation>

Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. Evanston, IL : Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University. Repéré à <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>