TP 11 : Modèles multi-agents

Cours de modélisation numérique

Vendredi 19 mai 2017

On modélise dans cette série le comportement de bactéries affamées se déplaçant dans un milieu où est placée une source de nourriture.

Le modèle

On se figure des bactéries longues de 1 μm placées dans une boîte de Petri carrée de 100 μm de côté, supposée périodique. Par souci de simplification, on admettra que plusieurs bactéries peuvent occuper la même position simultanément. On définit à présent un "champ de densité de nourriture" $\rho(x)$.

Les bactéries se déplacent par pas de temps $\Delta t = 0.2$ s. À chaque pas de temps, elles peuvent soit continuer d'avancer en ligne droite, soit emprunter une nouvelle direction aléatoire (tirée uniformément) avant d'avancer. Dans un cas comme dans l'autre, leur vitesse de déplacement est toujours de $v = 20\mu m/s$. La dynamique est la suivante : si $\rho(x(t)) > \rho(x(t-\Delta))$, la bactérie poursuit son mouvement rectiligne avec probabilité $P_1 = 0.9$. Sinon, cette probabilité n'est que de $P_2 = 0.5$.

Nous considérons deux types de concentrations possibles. Dans le premier cas, on considérera que

$$\rho_A(x) = \frac{1}{1 + d(x, C)} \tag{1}$$

où C désigne le centre du domaine et $d(a, b)$ la distance euclidienne entre deux points. Dans le second cas, on considérera une concentration

$$\rho_B(x) = 1 \tag{2}$$

si $d(x, C) \leq 15\mu m$ et nulle partout ailleurs.

Travail à faire

1. Pour chaque cas, implémentez d'abord la situation à une seule bactérie. Simulez et tracez sa trajectoire, partant d'un point aléatoire.
2. Considérez ensuite une popultion de 100 bactéries. Mesurez la fraction de cette population se trouvant à moins de 15 μm du centre après 1, 10, 100 et 1000 itérations. Représentez vos résultats sous forme de graphiques que

vous devrez discuter. N'hésitez pas à faire varier les paramètres du modèles si cela permet d'exhiber des propriétés intéressantes.

3. Considérez finalement le cas où, à chaque itération, chaque bactérie 'calcule' le centre de masse de ses voisines comprises dans un rayon $r < 10\mu m$. La nouvelle vitesse de la bactérie vaut alors $\vec{v}_{t+1} = \vec{v}_t + \alpha \cdot v \cdot \vec{d}$ avec $\vec{d}$ le vecteur normalisé qui va de la bactérie au centre de masse de ses voisines, et α une constante que l'on prendra égale à 0.1 dans un premier temps.
   Qu'observez-vous ? Comment varie le comportement global en fonction du signe de α ?
   Notez-bien qu'il est alors important que la mise à jour des positions soit faite de manière synchrone.
4. Si vous vouliez paralléliser l'expérience ci-dessus, quelle serait votre stratégie ? Discutez de la méthode sans l'implémenter.

Rendu

Vous disposez de deux semaines pour effectuer ce travail, qui doit être rendu au plus tard vendredi 2 juin avant la séance d'exercices.