

# Simulation de déplacement de personnes

Projet de Programmation Orientée Objet  
Licence 3 - année 2007/2008

## 1 But

La modélisation et la simulation informatique sont de plus en plus utilisées dans de nombreux domaines scientifiques. La vocation d'un modèle peut être explicatif comme dans la modélisation de l'évolution du climat ou commercial comme dans la modélisation des comportements de clients face à un produit. L'intérêt de la modélisation et de la simulation réside à la fois dans sa fonction de description du phénomène observé et également dans sa capacité de prédiction d'événement ou d'évolution de quantité. Par exemple, la prévision du niveau des mers dans une modélisation du climat, la prévision de la taille d'une tumeur dans le domaine médical, prévision du temps d'évacuation de bâtiment dans le domaine l'architecture, etc.

Le projet consiste à réaliser la simulation d'un modèle possible de déplacement de personnes sur un trottoir un jour d'affluence. Cette modélisation est inspirée par l'article de recherche de 2007 "Mean Field Theory for Pedestrian Outflow through an Exit" de Daichi Yanagisawa et Katsuhiro Nishinari.

La modélisation reposera sur plusieurs hypothèses :

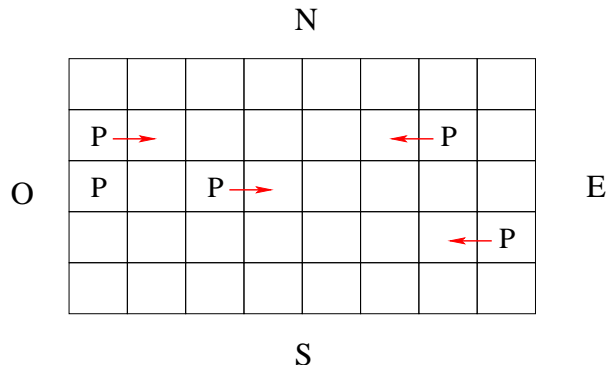
- toutes les personnes ont des comportements similaires,
- les personnes se dirigent le plus efficacement possible vers sa destination,
- les personnes les plus rapides changent le moins souvent de direction,
- les conflits de position sont rares et résolus de manière plus ou moins coopérative.

Le but du projet sera de donner les outils de vérification des hypothèses du modèle.

## 2 Description de la modélisation

### Espace de déplacement

Les personnes se déplacent sur un trottoir. La forme du trottoir est choisie rectangulaire, divisée en cellules de même dimension. Par commodité, nous appellerons Nord, Sud, Est et Ouest les côtés du rectangle comme indiqué sur le schéma.



Les personnes se déplacent parallèlement aux côtés du rectangle. Elles commencent sur une des extrémités à l'est ou à l'ouest pour atteindre l'extrémité opposée.

### Temps

Le temps de la simulation n'est pas réel. Le temps est discret, *i.e.* qu'il est mesuré à l'aide d'un nombre entier positif.

A chaque pas de temps, chaque personne peut se déplacer.

### Déplacement

Chaque personne se déplace globalement d'est en ouest, ou bien d'ouest en est.

Les déplacements sont décrits à l'aide d'une fréquence  $f$  qui est un nombre entier propre à chaque personne. Elle avance (si possible cf conflit de position) d'une cellule toutes les  $f$  unités de temps. La vitesse de chaque personne est donc  $v = 1/f$ .

Lorsqu'une personne  $j$  est perçue par une personne  $i$  avançant sur le même couloir en sens inverse, la personne  $i$  fait un pas de côté dans la direction nord/sud avec une probabilité :

$$p = \frac{M}{2} (\tanh(-a \cdot (v_i - v_j)) + 1)$$

où :

$\tanh$  est la fonction tangente hyperbolique,

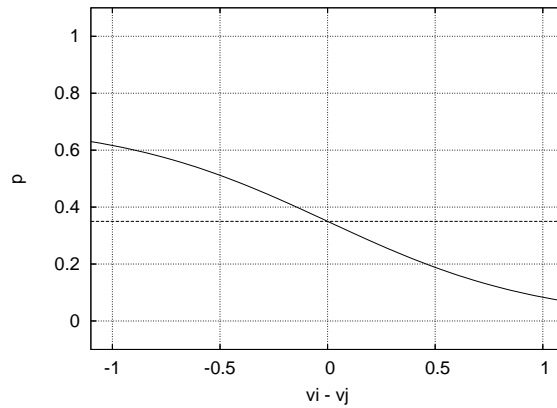
$v_i$  et  $v_j$  sont les vitesses respectives des personnes  $i$  et  $j$ ,

$M$  est un paramètre réel entre 0 et 1 représentant la mobilité,

$a$  est un paramètre réel représentant les différences de comportement pour des vitesses différentes.

Le pas de côté s'effectue alors au nord ou au sud avec la même probabilité sauf lorsque la cellule est occupée par une personne qui ne bougera pas. Auquel cas, la personne choisie la cellule non occupée ou continue son chemin dans la direction est/ouest le cas échéant.

Un paramètre entier  $D$  permet de déterminer si une autre personne est perçue. Lorsqu'une personne est plus proche que la distance  $D$ , elle est perçue sinon elle ne l'est pas.



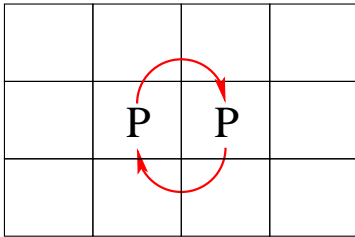
Graphes de  $p = \frac{M}{2} \tanh(-a \cdot (v_i - v_j))$  pour  $M = 0.7$  et  $a = 1$ .

## Conflit de position

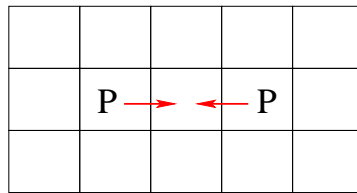
Parfois, il arrive qu'une cellule où le déplacement est prévu par une personne soit déjà occupée par une autre personne, ou est convoitée par une ou plusieurs autres personnes.

Il existe trois types de conflit de position :

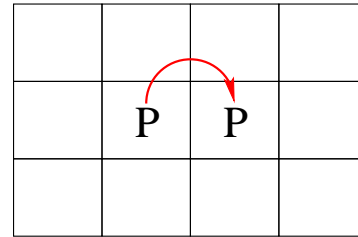
1. deux personnes veulent échanger de cellules :  
dans ce cas, chacune des personnes reste à leur place sans bouger,
2. une cellule est convoitée par une ou plusieurs personnes :  
dans ce cas, le paramètre de friction  $\mu$  permet de résoudre le conflit. Le paramètre  $\mu$  est nombre réel entre 0 et 1. Les personnes restent dans leur cellule respective sans bouger avec une probabilité  $\mu$ , et l'une des personnes (déterminée aléatoirement) est invitée par les autres à occuper la cellule convoitée avec une probabilité  $1 - \mu$ , les autres ne bougeant pas,
3. la cellule est déjà occupée par une personne qui ne bouge pas :  
dans ce cas, la personne reste dans la même cellule sans bouger.



conflit de type 1



conflit de type 2



conflit de type 3

Les conflits de type 1 et 2 peuvent entraîner des conflits de type 3.

## Départ et arrivé des personnes

Les personnes arrivent sur le trottoir par l'une des extrémités Est ou Ouest aléatoirement. La position nord/sud est aussi déterminée aléatoirement et uniformément. La fréquence d'apparition à l'une des extrémités est un paramètre du modèle.

Lorsque les personnes atteignent l'autre extrémité, elles sortent de l'espace.

### 3 Quantités mesurables

Il est possible de mesurer plusieurs quantités déduites d'une simulation :

- le nombre de conflits,
- le temps moyen de traversée du trottoir d'Est en Ouest,
- le nombre de déplacement dans la direction nord/sud,
- pour chaque cellule, le nombre de personnes circulant d'Est en Ouest et le nombre de personnes circulant d'Ouest en Est.

Pour obtenir des valeurs significatives de ces mesures du point statistique, il faut moyenner ces mesures sur un nombre important de simulations.

### 4 Travail demandé

Vous devez développer en java la simulation qui correspond au modèle décrit. L'ensemble du code est à envoyer selon les modalités indiquées sur la page web. Un rapport présentant votre travail est également à rendre en répondant aux questions suivantes.

#### 4.1 Interface graphique

Vous devez créer une interface graphique permettant d'observer les déplacements des personnes.

Cet interface doit représenter l'espace où évolue les personnes et donner la valeur des quantités à observer.

Votre interface pourra permettre d'ajuster les paramètres de la modélisation.

#### 4.2 Persistence

Les quantités mesurables sont à enregistrer dans des fichiers. Vous devez organiser votre système d'enregistrement de manière à connaître les paramètres qui ont permis de générer ces quantités.

#### 4.3 Analyse du code

- Donnez le diagramme de classes de votre projet.
- Quel est le nombre total de classes développées dans le projet.
- Expliquez l'organisation de votre projet java à partir du diagramme de classes.
- Quelle est la classe qui contient la méthode la plus exécutée ? Est-il possible d'améliorer le code de cette classe, et si oui comment ?
- Expliquez en détail la classe la plus technique du point de vu de la programmation.
- Estimez le nombre d'appels au générateur de nombres aléatoires.

## 4.4 Résultats des simulations

- a- Faites le bilan des paramètres du modèle, et choisissez des valeurs cohérentes avec la réalité.
- b- Etudiez l'influence du paramètre de mobilité  $M$  sur le nombre de conflits, le nombre de déplacements Nord/Sud et le temps moyen de traversé du trottoir.
- c- Montrez pour un ou plusieurs ensembles de valeur des paramètres une carte du nombre de personnes circulants Est en Ouest et d'Ouest en Est. Analyser les résultats.
- d- Proposez une étude des paramètres de votre choix qui permet de valider ou de réfuter une hypothèse qui a permis de construire le modèle.
- e- Faites une critique du modèle.  
Une critique scientifique n'est pas l'expression d'une opinion, mais un discours argumenté qui permet de relever les défauts et les qualités. De plus, ce discours peut s'appuyer sur des résultats numériques.

## 5 Extensions possibles

Il est possible d'imaginer beaucoup d'extensions et de raffinement à cette modélisation. Chaque élément supplémentaire au modèle doit apporter des caractéristiques qui permet de mieux expliquer les phénomènes notables et observables de la réalité.

En premier lieu, il serait bon de pouvoir mesurer dans la réalité les quantités mesurées à l'aide des simulations. Même si ce n'est pas du java, cela reste une extension possible au projet.

On peut aussi imaginer ajouter des obstacles dans l'environnement ou des personnes se déplaçant dans la direction Nord/Sud.

Il est aussi d'imaginer d'ajouter un comportement suiveur dans le déplacement. Lorsqu'un pas de côté est effectué, il faudrait augmenter la probabilité de choisir le côté où il y a eu le plus de personnes circulant dans le même sens. Sans doute, nous verrions apparaître des phénomènes de "couloirs".

Vous pouvez faire preuve d'imagination en proposant vos propres extensions qui expliqueront mieux la réalité du phénomène.

## Informations supplémentaires

Vous pouvez poser vos questions par email concernant ce projet à S. Verel.