

# Modélisation des flux piétons par un automate cellulaire

Travaux de stage

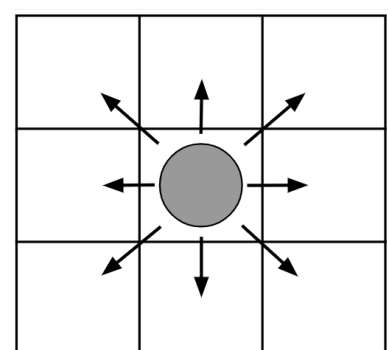
## Contexte

L'atelier des Flux & Mobilités dispose d'un outil complexe de simulation des flux piétons. Les temps de mise en forme du modèle et les temps de calculs sont conséquents. La précision des résultats est adaptée à des phases de conception avancées.

En vue de considérer ces problématiques davantage en amont des projets, les ateliers Flux & Mobilités et L'hypercube ont mis en commun leurs compétences métiers pour le développement d'un outil de simulation optimisé, alliant précision et temps de calcul réduit.

## Définition

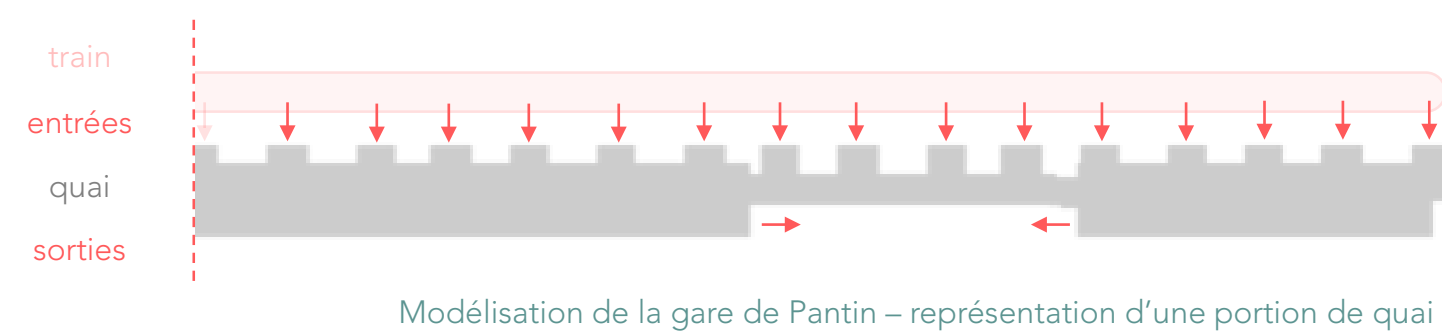
Un **automate cellulaire** se compose d'une grille régulière où chaque cellule est associée à un état donné. Dans le cas d'une étude de déplacements en gare, cet état est défini comme « vide », « occupé », ou « obstacle ». L'état des cellules évolue avec le temps et **traduit les déplacements des piétons**. Le modèle peut être affiné par l'introduction de règles spécifiques. Si ces règles évoluent au cours de la simulation, l'automate cellulaire est dit adaptatif.



Piéton sur une grille et possibilités de déplacement dans son voisinage

## Modélisation

### Géométrie

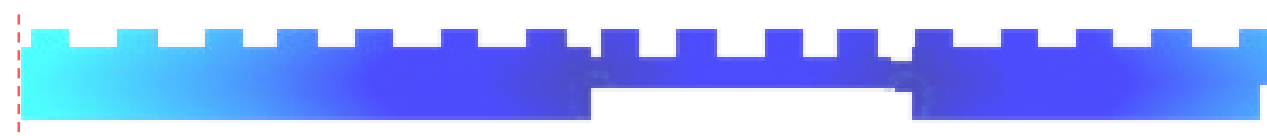


Modélisation de la gare de Pantin – représentation d'une portion de quai

### Automate

L'algorithme de type « Floor Field Cellular Automaton » a pour objectif de définir, pour chaque piéton, ses probabilités de déplacement. Ces dernières sont calculées à chaque pas de temps grâce à deux champs d'informations calculés préalablement : le « **static floor field** » et le « **dynamic floor field** ».

Le premier champ se superpose à la grille de l'automate. Ses cellules contiennent la distance à la sortie la plus proche



Champ SFF pour une portion du quai  
Les cellules foncées sont plus proches de la sortie que les cellules claires

Ce second champ mémorise la trace virtuelle laissée par les piétons au cours du temps. Les chemins déjà empruntés par les piétons sont plus attractifs pour les autres piétons.



Champ DFF pour une portion du quai  
Les cellules turquoise sont plus attractives que les cellules bleu foncé

Une **matrice de préférence** est associée à chaque piéton. Elle contient ses probabilités de déplacement depuis sa cellule vers les cellules adjacentes et traduit ainsi, à chaque pas de temps, son comportement.

$M_{-1,-1}$	$M_{-1,0}$	$M_{-1,1}$
$M_{0,-1}$	$M_{0,0}$	$M_{0,1}$
$M_{1,-1}$	$M_{1,0}$	$M_{1,1}$

Matrice de préférence  
La cellule occupée est au centre (0,0)

## Méthodologie

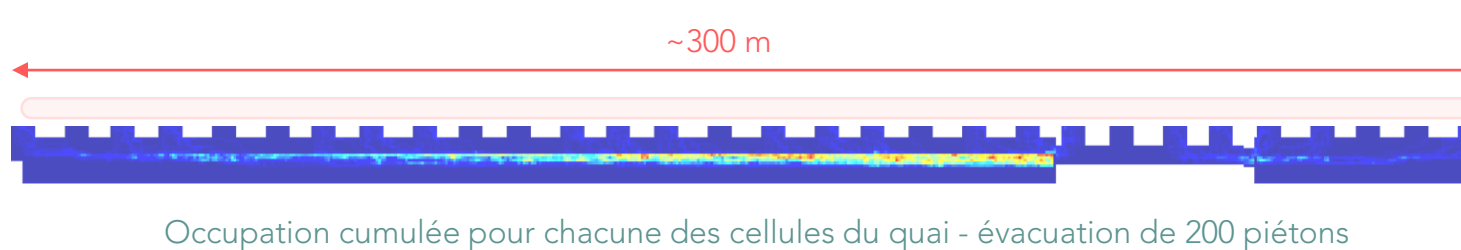
**1. Mise au point d'un algorithme de calcul** de type « automate cellulaire à champs de sol adaptatif », approprié à la modélisation des mouvements de foules (formation de files, goulots d'étranglement, congestion ...)

**2. Application du modèle** à une situation d'évacuation de 200 piétons au niveau du quai de la gare RER de Pantin.

**3. Visualisation** des premiers résultats et développement des algorithmes de **post-traitement**.

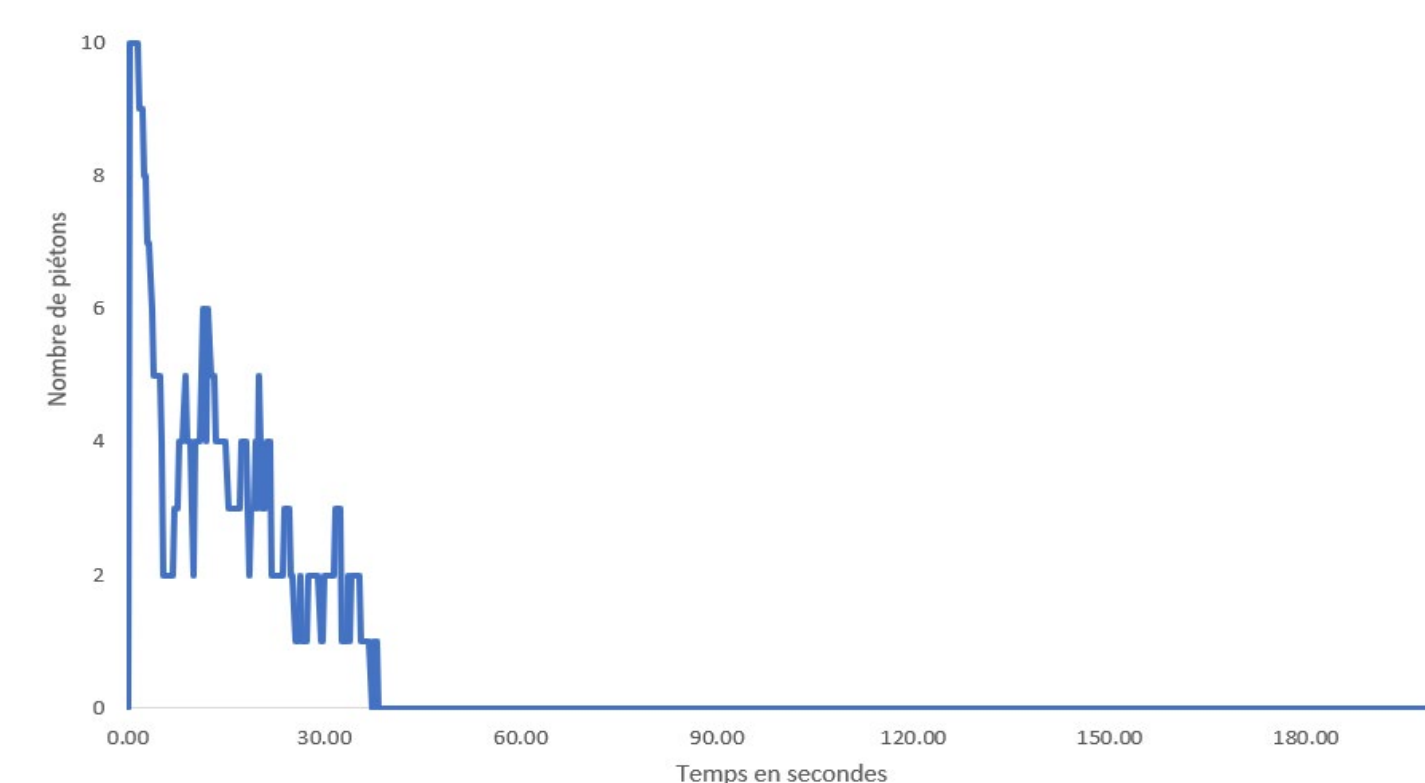
## Résultats

Les résultats représentent l'occupation du quai induite par l'arrivée de 200 piétons, depuis la descente du train jusqu'à la sortie du quai. L'image ci-après illustre l'**occupation cumulée** du quai par ce flux. On y observe la formation d'une file, phénomène transposable à la réalité.

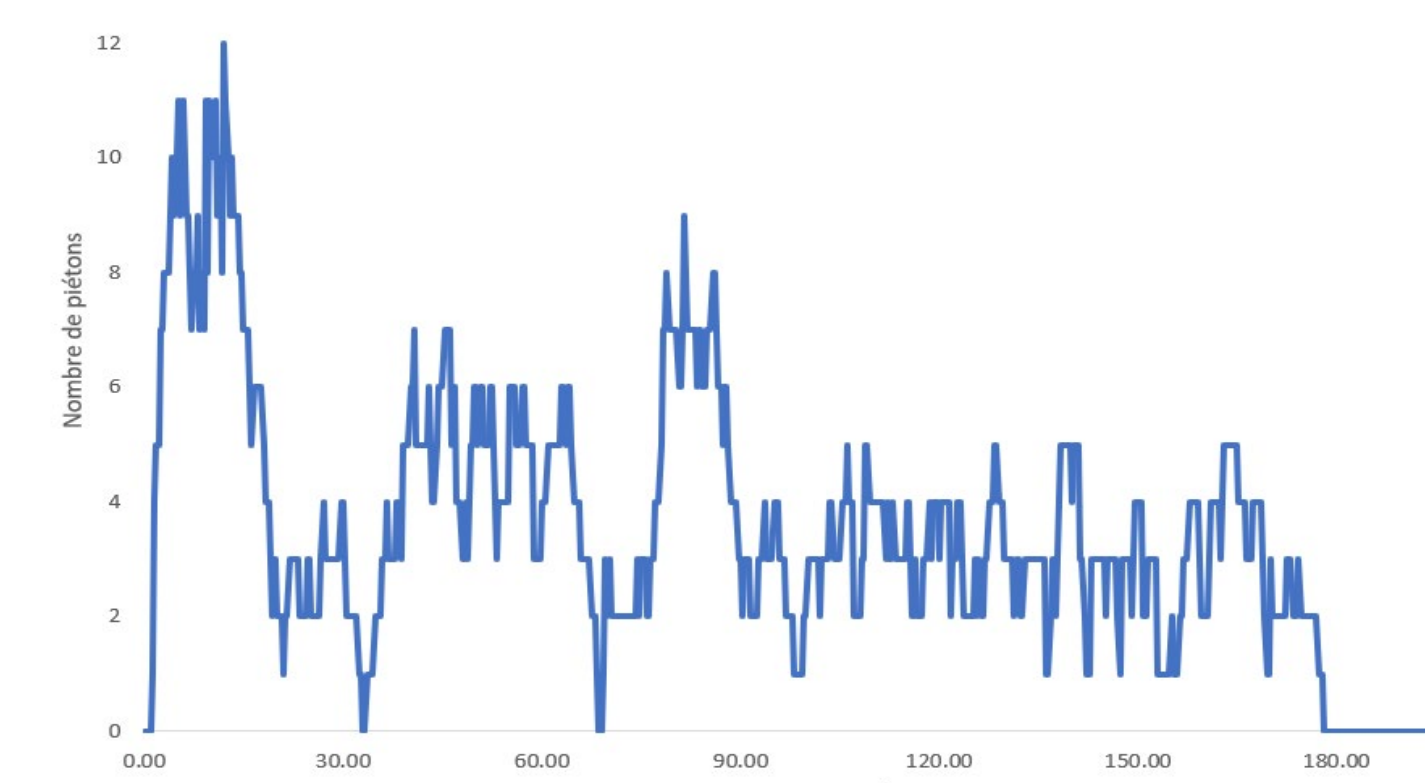


Occupation cumulée pour chacune des cellules du quai - évacuation de 200 piétons

L'**évolution temporelle** des taux d'occupation permet de mettre en évidence les zones de fluidité et les zones de congestion. A proximité des portes du train, l'évacuation du flux piéton est plutôt bonne (a). En revanche, les résultats montrent une concentration piétons prolongée au niveau des portes de sortie du quai (b).



(a) Occupation d'une portion de « porte » en fonction du temps



(b) Occupation d'une portion menant vers un escalier

Les résultats obtenus confortent qualitativement la véracité du modèle d'automate mis en place. Ce modèle permet effectivement de recréer à moindre coûts certaines dynamiques de foules, notamment observées dans les gares.

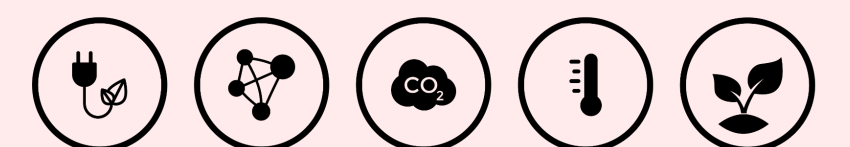
Étudiant : Marc ALECIAN  
Niveau d'études : M1 Génie Civil  
Spécialité : Construction Durable

Tuteur école : Guillaume LE GUERN

Durée : 12 semaines  
Période : 11/05/20 - 04/08/20

Entité AREP : L'hypercube  
Tuteurs AREP : Mateusz BOGDAN, Edouard WALTHER

## EMC2B



Le développement de cet outil a permis de développer une **synergie métiers** entre les experts des Flux & Mobilités et de L'hypercube.

## Perspectives

Le développement futur du code permettra la mise en place de circulations verticales, non abordées jusqu'à présent. Il faudra par ailleurs prévoir d'approfondir le calibrage du modèle afin que l'automate transcrive au mieux les comportements observés en situation réelle.

## Références

[Burstedde et al., 2001] BURSTEDDE, C., KLAUCK, K., SCHADSCHNEIDER, A. et ZITTARTZ, J. (2001). Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. Physica A : Statistical Mechanics and its Applications, 295:507-525.

[Helbing, 2001] HELBING, D. (2001). Traffic and related self-driven many-particle systems. Reviews of Modern Physics, 73(4):1067-1141.

[Kirchner et Schadschneider, 2002] KIRCHNER, A. et SCHADSCHNEIDER, A. (2002). Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics. Physica A : Statistical Mechanics and its Applications, 312(1):260-276.

[Weidmann, 2001] WEIDMANN, U. (1992-01). Transporttechnik der fussgänger. transporttechnische eigenschaften des fussgängerverkehrs, literaturauswertung. Rapport technique, Zürich.