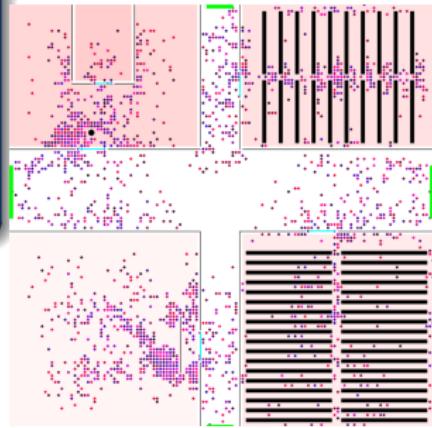


Modéliser les mouvements de foules

TIPE

IKSIL Leïla

n° candidat : xxxxx



Années 2022-2023

Comment les modélisations peuvent-elles nous permettre de réduire les risques de mouvement de foule ou de foule compacte ?

Plan

1. Objectifs
2. Hypothèses
3. Première simulation : simulation naïve microscopique
 - 3.1 Modélisation
 - 3.2 Avancement
 - 3.3 Points négatifs
4. Seconde simulation : automate cellulaire (macroscopique)
 - 4.1 Fonctionnement
 - 4.2 Modélisation
 - 4.3 Calculs des coefficients
 - 4.4 Probabilités de déplacement
5. Complexités
6. Obstacles
 - 6.1 Congestions pour différents obstacles
 - 6.2 Fluidification de foule
7. Simulation d'une classe
8. Simulation d'un établissement scolaire
9. Conclusion

Objectifs

1. facteurs d'influence sélectionnés :
 - 1.1 distance à la sortie/porte, à un obstacle, à une personne
 - 1.2 propension au stress et congestion
2. réalisation d'une modélisation sur un espace non discrétréisé
3. réalisation d'un automate cellulaire

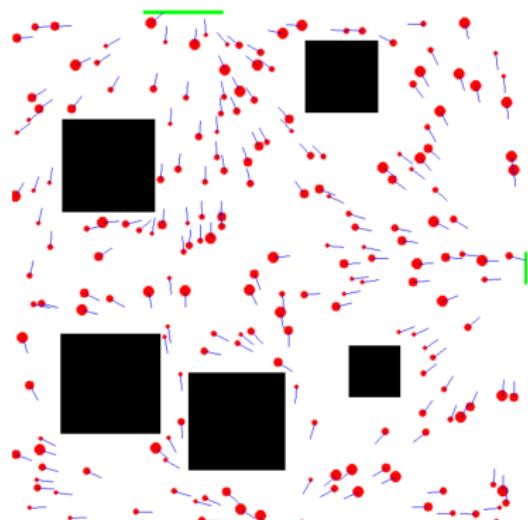
Hypothèses

- humain = cercle
- chacun connaît approximativement le chemin le plus rapide à la sortie,
connaît les lieux

Première simulation : simulation naïve microscopique

modélisation

- humain : position, vitesse désirée, propension au stress, congestion, vitesse atteinte, direction choisie, rayon, si la personne est sortie, indice de la sortie visée, si la personne est au courant du danger
- sortie : position, largeur
- obstacles : indices des coins
- les informations sont stockées dans des tableaux



Avancement

1. Mélanger
2. Propager le danger
3. Calculer la trajectoire optimale pour arriver à la sortie assignée
4. Ajouter le coefficient d'influence des personnes avoisinantes
5. Modifier la trajectoire en fonction des collisions avec les obstacles
6. Si il y a alors collision avec une personne ou un obstacles, si cela est possible, on fait effectuer à la personne des mouvements latéraux, sinon, la personne ne bouge pas
7. Vérifier si la personne est sortie

Points négatifs

- Complexité haute : on parcourt au cours de l'avancement d'une personne plusieurs fois les sorties, les obstacles, et la population
- Déterminisme des déplacements dans deux situations identiques
- Problèmes quant à l'évitement d'obstacles

Deuxième simulation : automate cellulaire(macroscopique)

$\mathbb{P}(x - 1, y + 1)$	$\mathbb{P}(x, y + 1)$	$\mathbb{P}(x + 1, y + 1)$
$\mathbb{P}(x - 1, y)$	(x, y)	$\mathbb{P}(x + 1, y)$
$\mathbb{P}(x - 1, y - 1)$	$\mathbb{P}(x, y - 1)$	$\mathbb{P}(x + 1, y - 1)$

1. On discrétise l'espace
2. Pour choisir un déplacement, on attribut une probabilité à chaque case, puis on tire une probabilité

Modélisation

1. utilisation d'une matrice représentant la surface où chaque case vaut :
 - vide : (0,0,0,0,0)
 - humain : (1, vitesse, sortie, stress, zone)
 - obstacle : (2, xmin, xmax, ymin, ymax) si $ymax \geq 0$
sinon cercle : (2, centrex, centrey, rayon, -3)
 - sortie : (3, xmin, xmax, ymin, ymax)
 - porte : (4, xmin, xmax, ymin, ymax)
2. sorties : stockage des indices et des zones auxquelles mène chaque sortie dans un tableau et stockage des caractéristiques des sorties (indices des coins des sorties) dans un autre tableau
3. humains : stockage dans un tableau de l'indice de chaque humain et du contenu de la case avant qu'il y aille
4. obstacles : stockage dans un tableau d'un coin
5. zones : stockage des différentes zones dans un tableau

Calculs des coefficients

Calcul du coefficient :

on note $cp = 5 \times \Delta(\text{porte}) \times \sqrt[2]{\left(2 - \frac{\text{distance}(\text{sortie})}{1.5 \times \text{dimx}}\right) \times \frac{\text{dimx} - \text{distance}(\text{obstacle})}{75}}$

et $cn = 5 \times \Delta(\text{porte}) \times \sqrt[2]{\frac{\text{distance}(\text{sortie})}{1.5 \times \text{dimx}} \times \frac{\text{distance}(\text{obstacle})}{75}}$

- si $\Delta(\text{porte}) \leq 0$ et $\Delta(\text{sortie}) \leq 0$: $\text{coefficient} = cn$
- si $\Delta(\text{porte}) \leq 0$: $\text{coefficient} = -cp$
- si $\Delta(\text{sortie}) \leq 0$: $\text{coefficient} = -cn$
- sinon $\text{coefficient} = cp$

Probabilités de déplacement

On explore les cases autour du joueur qui ne sont pas des obstacles :

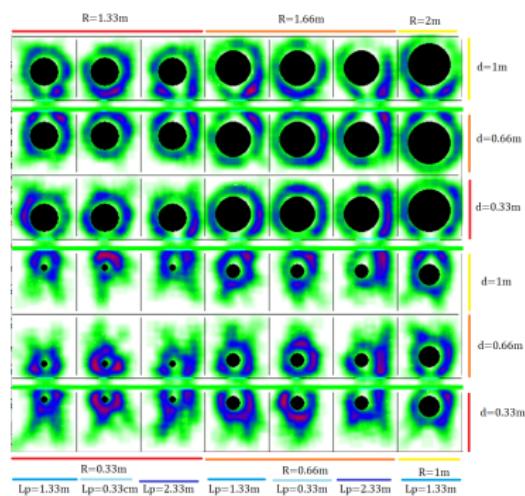
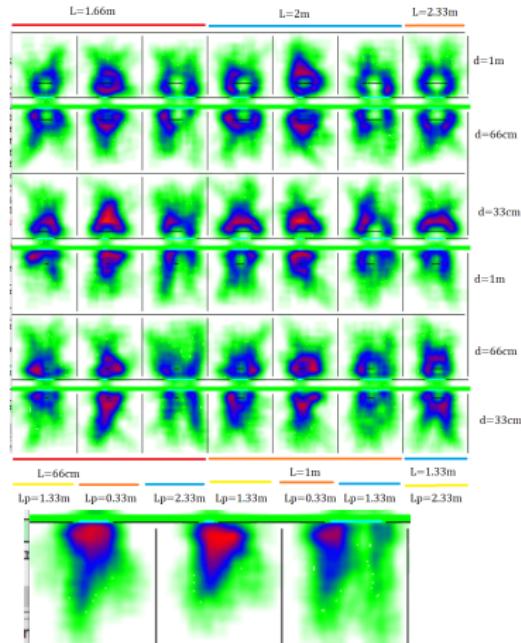
1. sortie ou porte si la zone d'arrivée est différente de la zone actuelle :
10 000 000 000 (arbitraire)
2. vide : $10\ 000 \times \exp \text{coeff}$
3. personne : $\text{congestion} \times \exp \text{coeff} \times \text{stress}$ et on ajoute au score de la case où l'on est actuellement : $\frac{\exp \text{coeff}}{100}$

Complexités

$C(\text{premier programme}) = O(\|\text{population}\| \times \|\text{sorties}\| + \Delta t(\text{evacuation})/\delta t \times (\|\text{population}\| \times (\|\text{population}\| + \|\text{obstacles}\|) + \dimx \times \dimy))$

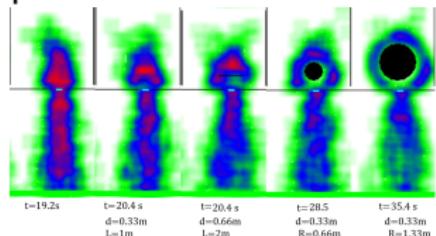
$C(\text{deuxième programme })= O(\dimx \times \dimy + \|\text{obstacles}\| + \|\text{population}\| \times \|\text{sorties}\| + \Delta t(\text{evacuation}) \times \|\text{population}\| \times (\|\text{zones}\| + \dimx)))$

Congestions pour différents obstacles

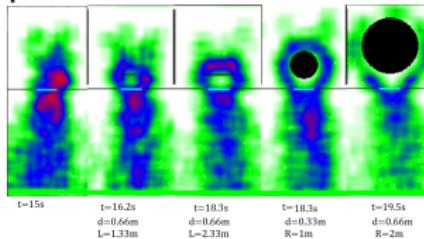


Fluidification de foule

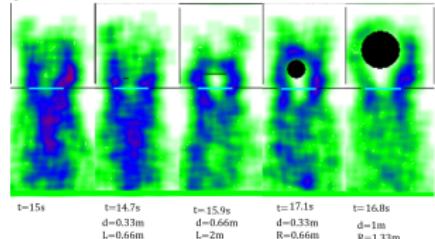
porte : 0.33m



porte : 1.33m

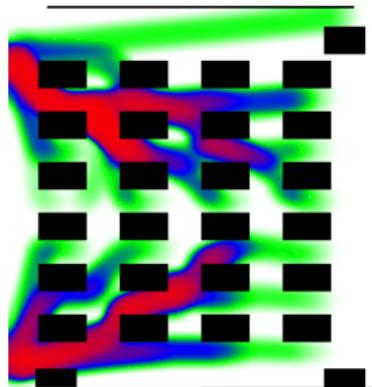
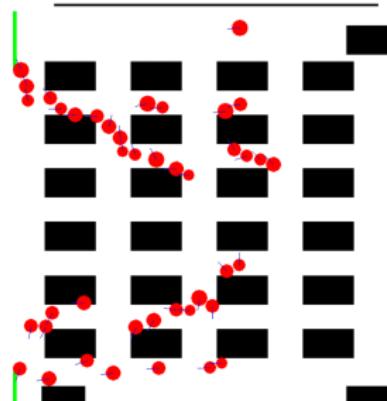
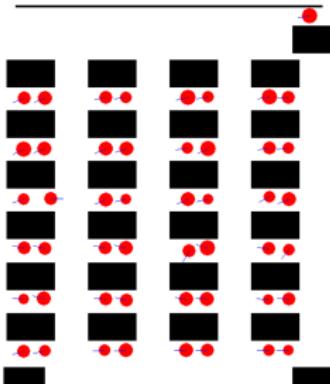


porte : 2.33m



50 personnes, pièce : 36m², distance porte-sortie définitive : 8m

Simulation d'une classe



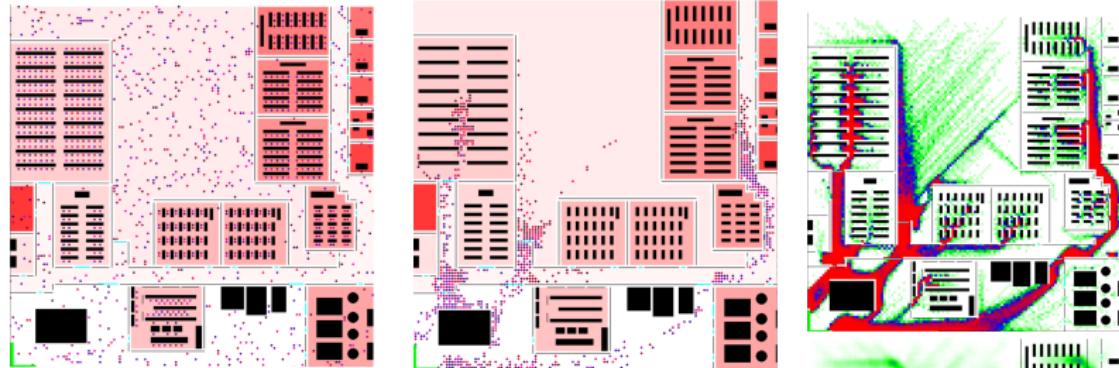
temps évacuation : entre 4 et 5 secondes

61 personnes, 100m^2 car on prend 651 pixels = 10m ,

18 pixels = $28\text{cm} \leq$ largeur personne $\leq 40\text{cm} = 26$ pixels,

$3\text{m/s} \leq$ vitesse $\leq 5\text{m/s}$

Simulation d'un établissement scolaire



temps d'évacuation moyen estimé :

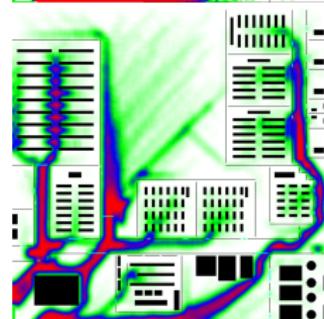
entre 2 et 3 minutes

(en moyenne 2 minutes et 18 secondes)

(1230 personnes, surface : 1849m²)

largeur personne : 1 case = 33cm car

3 cases = 1 mètre $3\text{m/s} \leq \text{vitesse} \leq 5\text{m/s}$

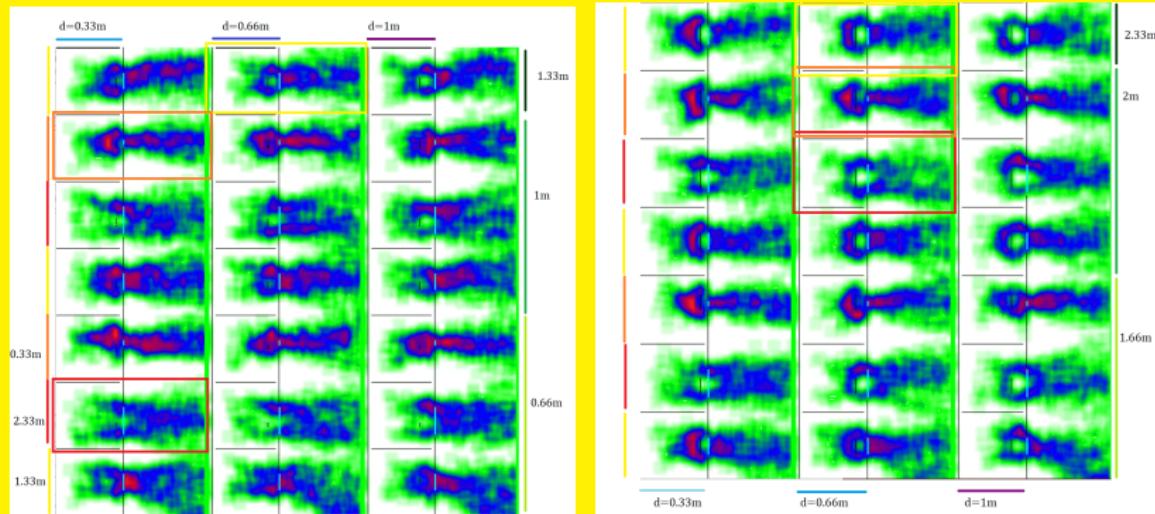


Conclusion

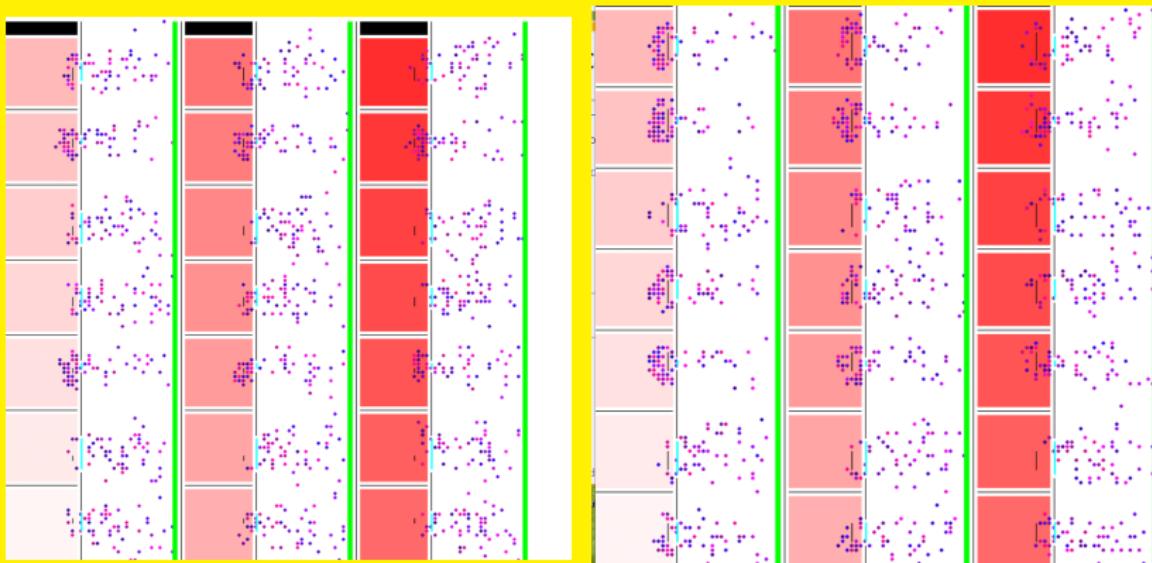
Annexe

Données fluidification

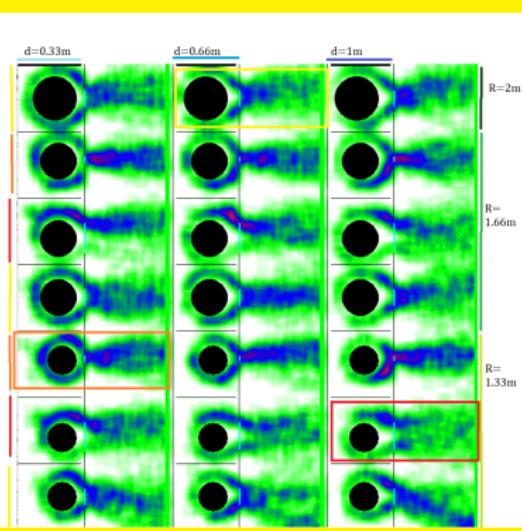
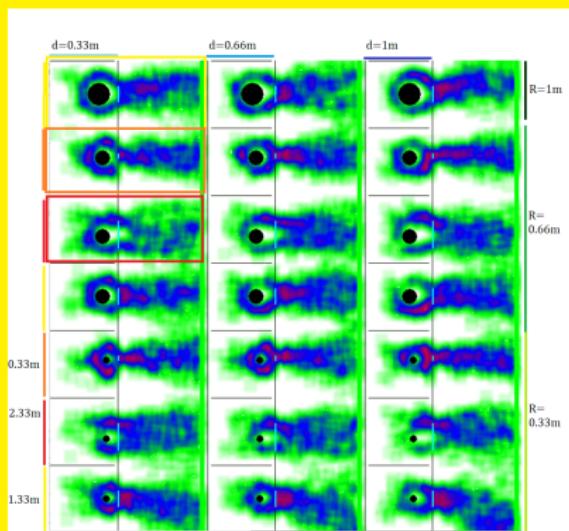
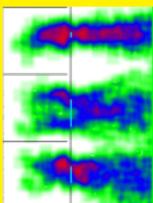
fluidification : panneaux



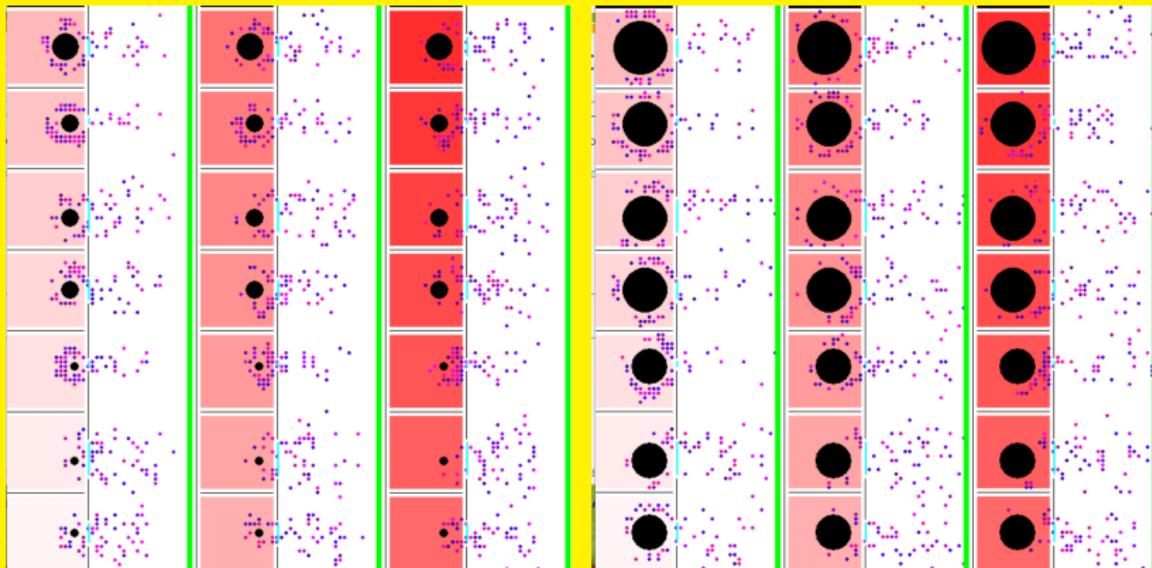
fluidification : panneaux (images simulation)



fluidification : poteaux

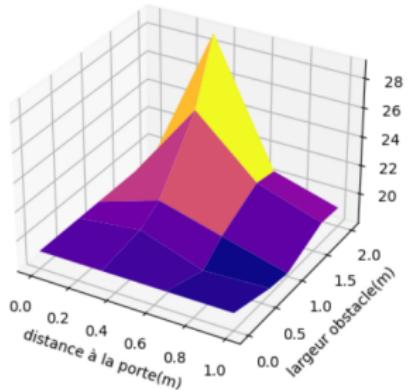


fluidification : poteaux (images simulation)

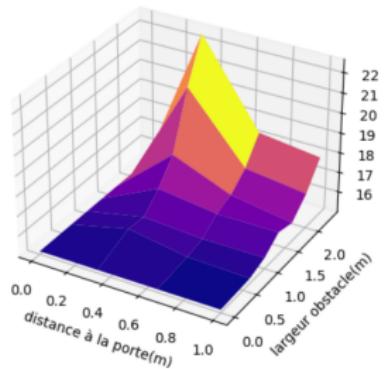


fluidification : temps panneaux

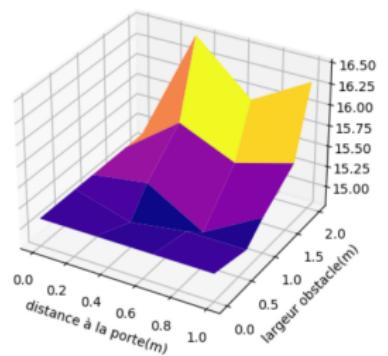
Porte de 0.33m



porte de 1.33m

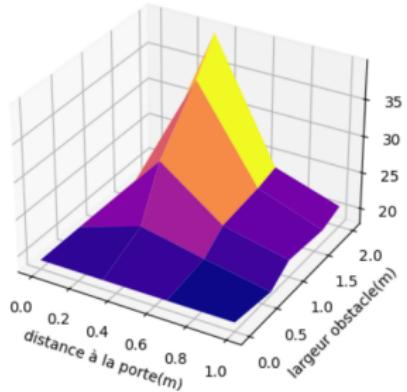


Porte de 2.33m

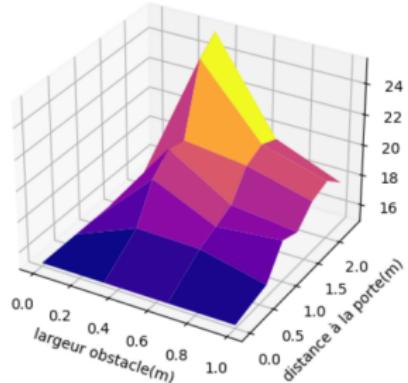


fluidification : temps poteaux

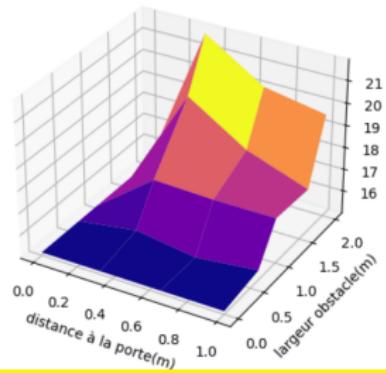
porte de 0.33m



porte de 1.33m

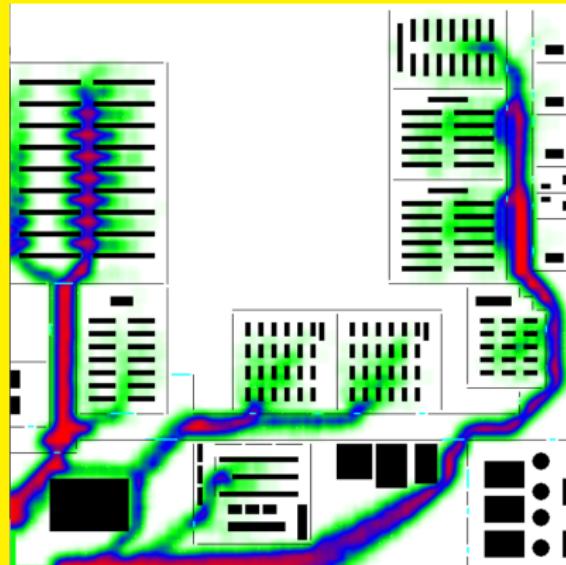


Porte de 2.33m



Simulation établissement

congestion : seules les salles sont occupées



$$\Delta t(\text{evacuation}) = 2 \text{ minutes et } 9 \text{ secondes en moyenne}$$