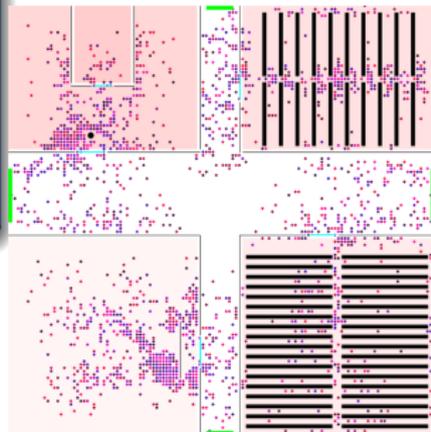
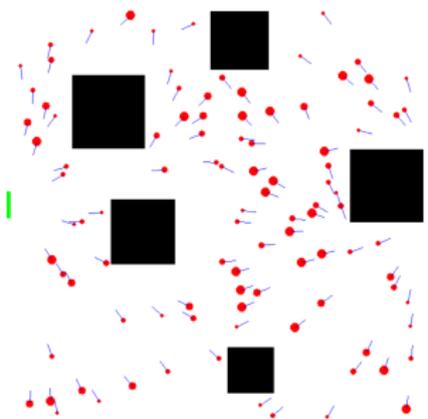


# Modéliser les mouvements de foules TIPE



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 discrétisé
3. réalisation d'un automate cellulaire

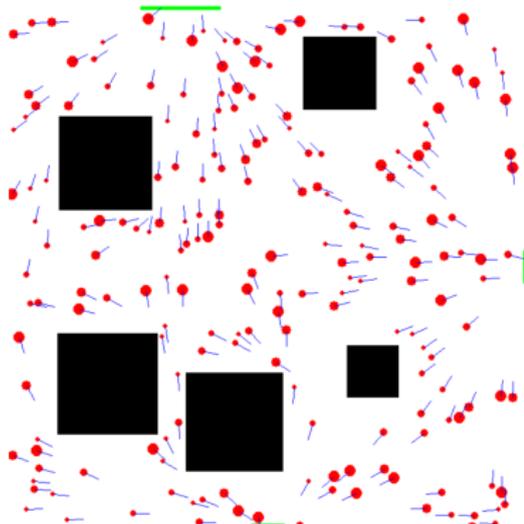
# Hypothèses

- 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



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

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

# Probabilités de déplacement

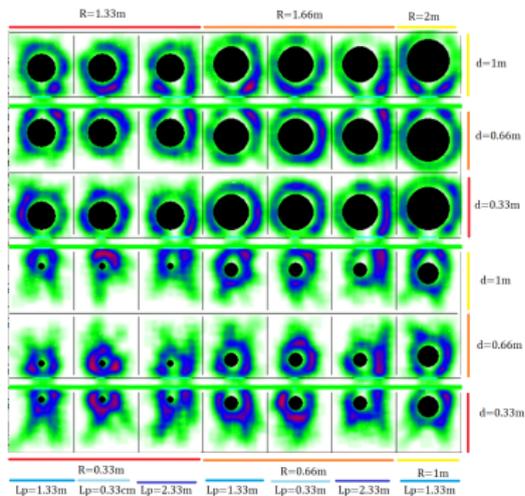
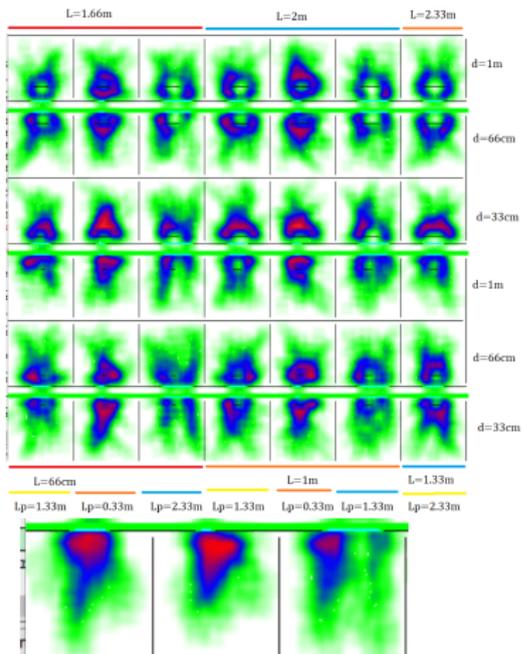
On explore les cases autour du joueur qui ne sont pas des obstacles :

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 :  $\frac{\exp \text{coeff}}{100}$

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

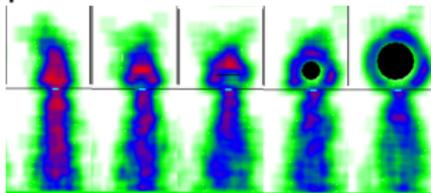
$C(\text{deuxième programme}) = O(dimx \times dimy + \|obstacles\| + \|population\| \times \|sorties\| + \Delta t(\text{evacuation}) \times \|population\| \times (\|zones\| + dimx))$

# Congestions pour différents obstacles



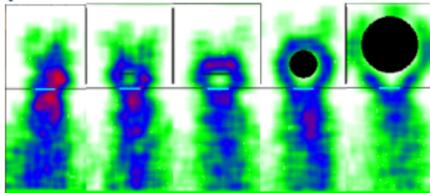
# Fluidification de foule

porte : 0.33m



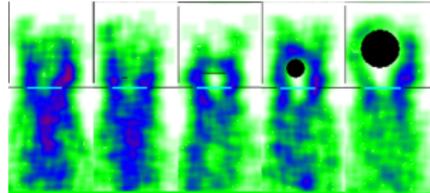
t=19.2s	t=20.4 s	t=20.4 s	t=28.5	t=35.4 s
	d=0.33m	d=0.66m	d=0.33m	d=0.33m
	L=1m	L=2m	R=0.66m	R=1.33m

porte : 1.33m



t=15s	t=16.2s	t=18.3s	t=18.3s	t=19.5s
	d=0.66m	d=0.66m	d=0.33m	d=0.66m
	L=1.33m	L=2.33m	R=1m	R=2m

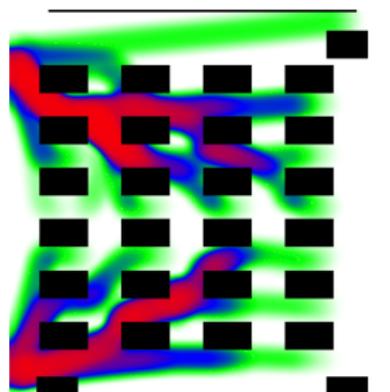
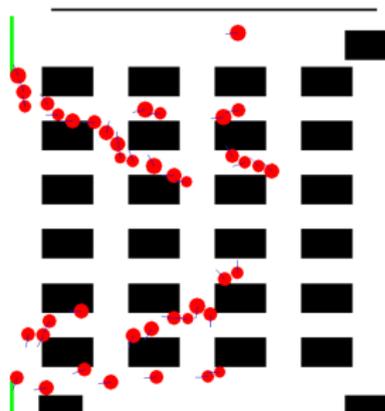
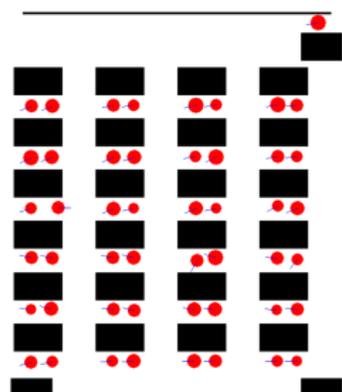
porte : 2.33m



t=15s	t=14.7s	t=15.9s	t=17.1s	t=16.8s
	d=0.33m	d=0.66m	d=0.33m	d=1m
	L=0.66m	L=2m	R=0.66m	R=1.33m

50 personnes, pièce : 36m<sup>2</sup>, distance porte-sortie définitive : 8m

# Simulation d'une classe



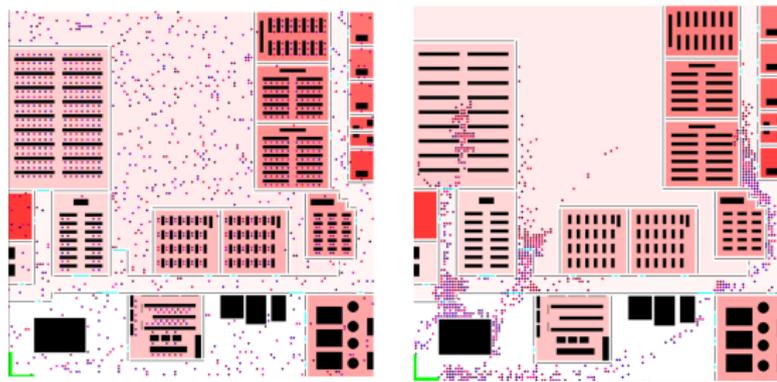
temps évacuation : entre 4 et 5 secondes

61 personnes,  $100\text{m}^2$  car on prend  $651\text{ pixels}=10\text{m}$ ,

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

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

# Simulation d'un établissement scolaire



temps d'évacuation moyen estimé :

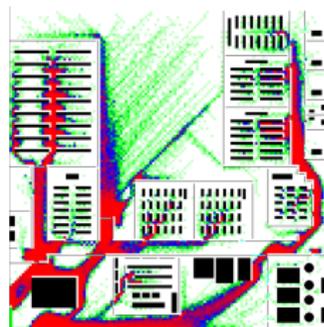
entre 2 et 3 minutes

(en moyenne 2 minutes et 18 secondes)

(1230 personnes, surface : 1849m<sup>2</sup>)

largeur personne : 1 case = 33cm car

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

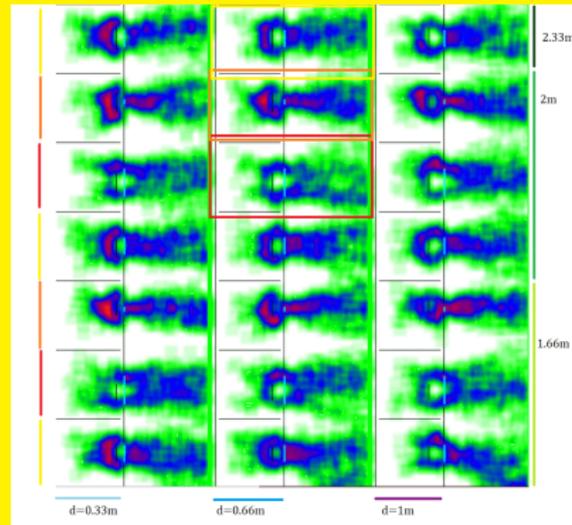
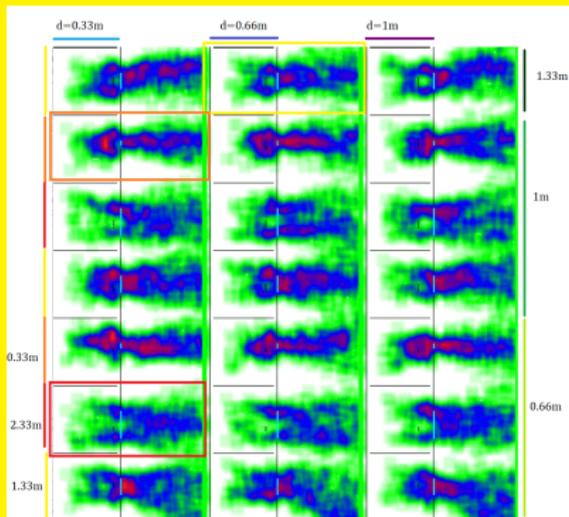


# Conclusion

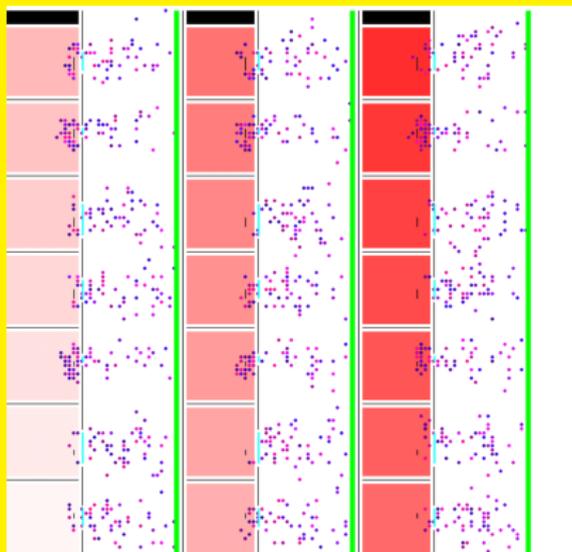
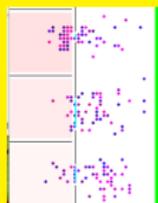
# Annexe

# Données fluidification

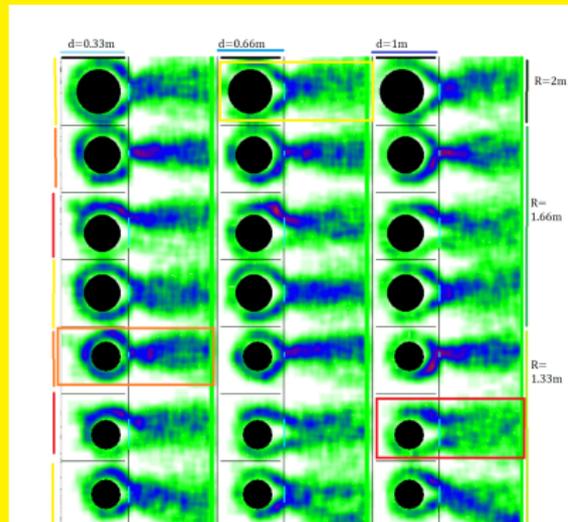
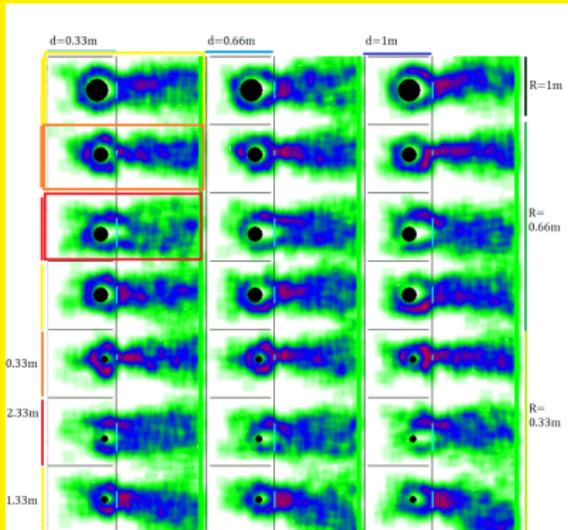
# fluidification : panneaux



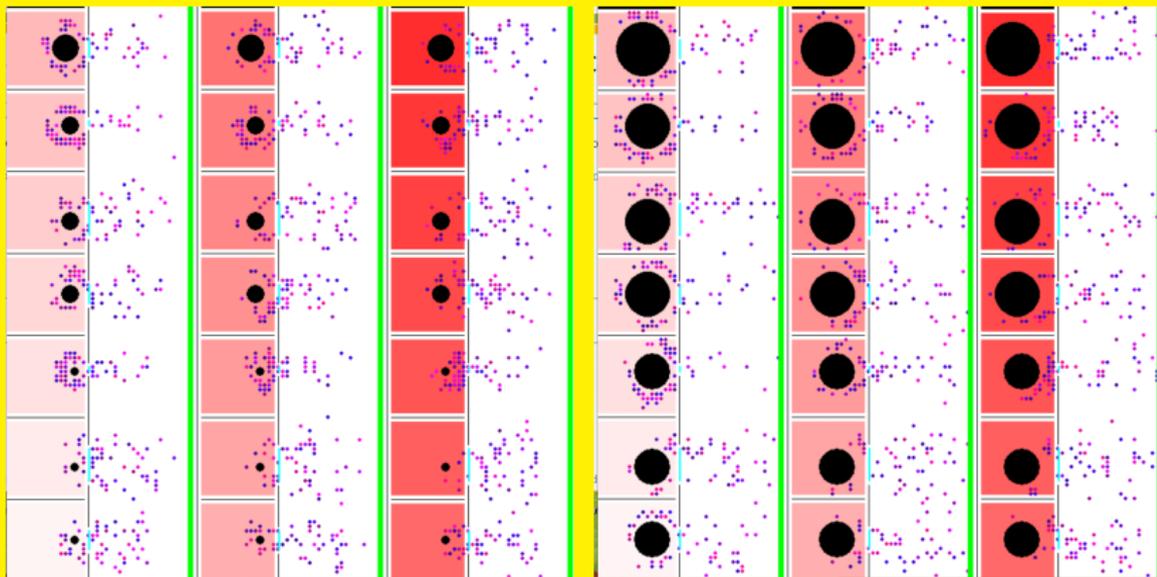
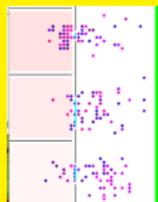
# fluidification : panneaux (images simulation)



# fluidification : poteaux

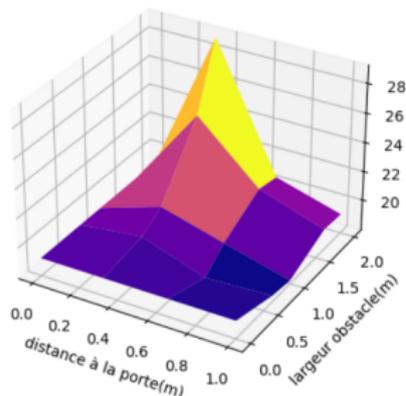


# fluidification : poteaux (images simulation)

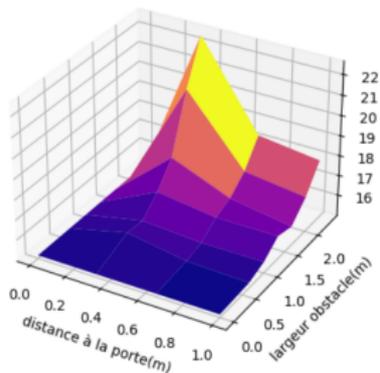


# fluidification : temps panneaux

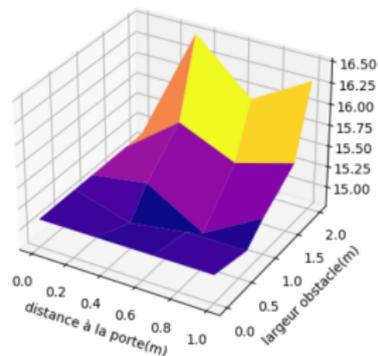
Porte de 0.33m



porte de 1.33m

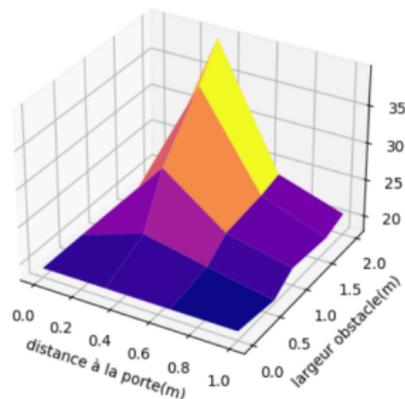


Porte de 2.33m

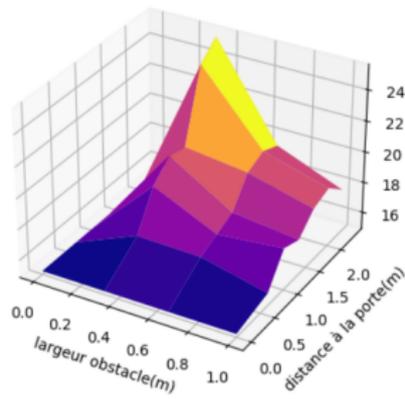


# fluidification : temps poteaux

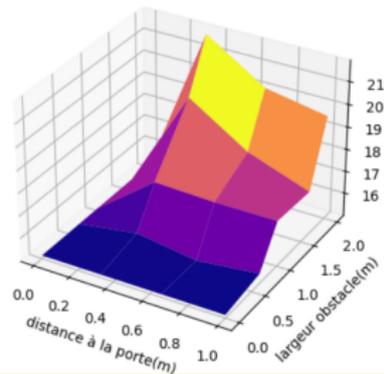
porte de 0.33m



porte de 1.33m

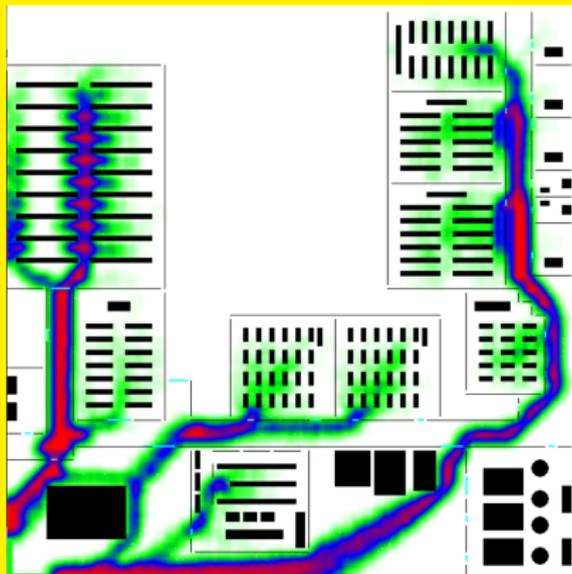


Porte de 2.33m



# Simulation établissement

congestion : seules les salles sont occupées



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