



Master MSD1

Modélisation et science des données

## Rapport de projet

Simulation d'une évacuation de la foule en cas  
d'incendie



Encadré par :

| Pr.Julien Randon-Furling

Réalisé par :

| IHBACH Mohamed Yassine  
| TAHERI Oumaima  
| KHOUDRAJI Wissale

---

## **Résumé :**

Au cours de la dernière décennie, une attention croissante a été accordée à la simulation des procédures d'évacuation. Nous proposons une étude centrée sur le comportement de personnes confrontés à un danger de propagation tel qu'un incendie dans un bâtiment. La métrique de succès de notre modèle sera donc basée sur le pourcentage de personnes qui ont réussi à s'échapper, en comparant différents niveaux de collaboration d'agents. Pour ce faire, nous utiliserons la simulation basée sur des agents. Ce projet consistera à simuler un bâtiment à travers la plateforme Mesa, avec laquelle nous aurons le plan le plus réel possible. En plus de l'utilisation de Mesa, dans les simulations, les agents (personnes) seront modélisés à travers Python.

## **Abstract :**

Within the last decade, an increasing focus has been put into simulating evacuation procedures . These simulations often cover topics such as herding behaviour, leadership hierarchy distribution and general game theory. During this research project, we propose a study focusing on the behaviour of self-preservation versus collective assistance as arisen by recent observations of emergency evacuations , when agents are presented with a spreading danger such as a fire. The success metric of our model will therefore be based on the percentage of people that successfully escaped, when comparing different levels of agent collaboration using a Python agent-based modelling framework (Mesa ).

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Modèle de simulation</b>	<b>5</b>
2.1	Design du Model . . . . .	5
2.1.1	Schéma d'implantation . . . . .	5
2.1.2	Agent humain . . . . .	7
2.1.3	Agent feu . . . . .	8
2.2	Description de l'algorithme . . . . .	9
2.3	Dispositif expérimental . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Résultat de la simulation</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>18</b>

Faire face à des événements inattendus est quelque chose d'attendu presque quotidiennement dans la vie réelle. Même une vie courante peut être directement affectée par des événements imprévus externes. Certains événements peuvent être souhaités et appréciés tandis que d'autres sont d'un type qui devrait être évité ou arrêté, si possible. Cependant, de mauvais événements peuvent frapper sans précaution tel que les incendies. La première et principale cible est de réduire les causalités au minimum possible, avec l'espoir ultime d'éviter d'en avoir. Sauver l'environnement et l'économie est également important, mais sauver des vies passe toujours en premier. Ainsi, les personnes présentes dans ces zones dangereuses doivent être évacuées avec un minimum de causalités possibles. Cela ne serait pas possible sans des plans d'évacuation bien préparés qui guideraient les gens vers la route la plus sûre pour qu'ils sortent du lieu dangereux, qu'il s'agisse d'un bâtiment, d'une zone de conflit militaire, d'une forêt en feu, etc. La réussite de la mise en œuvre d'un plan dépend de divers facteurs, notamment le comportement et la psychologie humaine, la gravité de l'événement, la familiarité des occupants avec le lieu, la présence de quelques compagnons sages et calmes qui pourraient prendre le leadership, etc.

En effet, la modélisation du comportement humain est un aspect important qui doit être soigneusement abordé pour le succès de tout type de planification impliquant l'être humain. De nombreuses études se concentrent sur l'analyse de différents types de comportements et la définition de règles pour gérer la foule en cas d'évacuation. Nous utiliserons donc ces règles et ces comportements pour les simuler dans des scénarios réels et en tirer des conclusions. Pour résoudre ce problème, nous utiliserons la simulation basée sur les agents. Cela consiste en des simulations sociales basées sur la modélisation basée sur les agents et c'est avant tout une discipline scientifique qui s'intéresse à la simulation de phénomènes sociaux, en utilisant des modèles multi agents informatisés.

Dans cette simulation , on étudie le succès d'évacuation (pourcentage d'agents échappés), tout en variant le niveau de collaboration entre les agents. Notre modèle de simulation a été implémentée en utilisant un Framework de modélisation basé sur des agents Python (Mesa), qui étend les algorithmes réalisés dans NetLogo avec des heuristiques plus sophistiquées. Notre travail sur le modèle a été subdivisé en trois grandes parties :

1. La définition des paramètres utilisés et leurs caractéristiques.
2. La description de la configuration expérimentale.
3. Présentation et interprétation des résultats.

## CHAPITRE 2

# MODÈLE DE SIMULATION

Nous avons développé notre modèle en utilisant le projet Mesa, basé sur Python dans le cadre de modélisation ABM (agent-based modelling). L'utilisation d'un langage diversifié tel comme Python nous a permis de créer des heuristiques complexes.

## 2.1 Design du Model

Ce modèle est une abstraction des règles qui se produisent dans le monde réel. L'environnement est une grille de pièces (35x35) représentant un plan d'étage. Les agents sont constitués en deux grandes catégories : des agents de feu et de différents types d'agents humains.

### 2.1.1 Schéma d'implantation

Notre plan de travail est un étage composé de deux chambres fermées ayant deux portes chacune menant au couloir principal. L'étage contient sept sorties de secours. L'avantage sur Mesa est de contenir des objets interactifs.

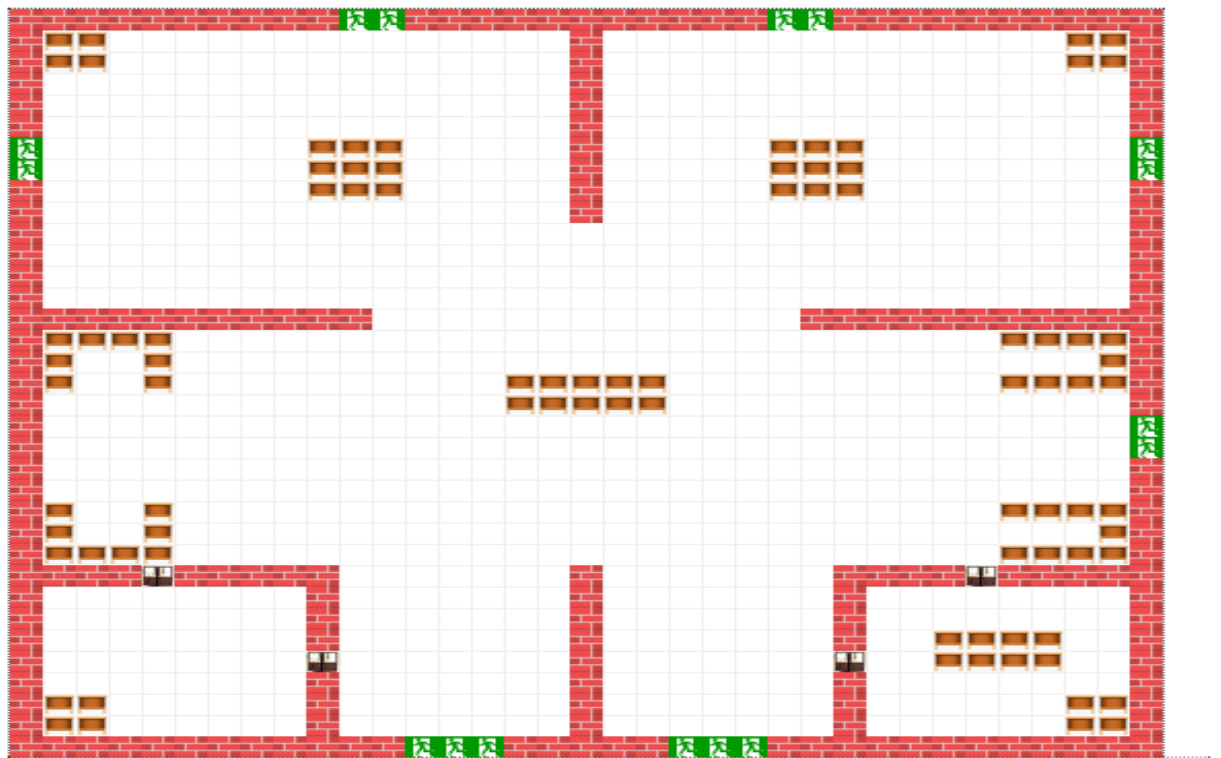


FIGURE 2.1 – Schéma d'implantation utilisé.

Attribut	Type de données	Description
Inflammable	Booléen	Indique si le feu peut se propager sur un objet de sol donné. Si faux, le feu ne pas reproduire sur cette tuile. Seuls les agents humains et les meubles sont inflammables
Visibilité	Entier non signé (0 à n)	Représente la facilité de voir un objet à travers la fumée d'un feu.
Traversable	Booléen	Si un objet peut être déplacé, cette valeur est vraie

## 2.1.2 Agent humain

Attribut	Type de données	Description
Position	Coordonner (X,Y)	Les coordonnées d'emplacement actuel de l'agent.
Santé	Décimal (0 à 1)	Représente la santé de l'agent. Toute valeur décimale intermédiaire représentant la gravité de l'état de santé.
Mobilité	Entier non signé (0 à 2)	Une valeur pour représenter l'état de mobilité actuel d'un agent. Zéro indique qu'ils ne peuvent pas bouger, 1 indique mouvement normal et 2 indique un mouvement de panique.
Vitesse	Entier non signé (0 à 2)	Le nombre de tuiles que l'agent peut déplacer par étape
Vision	Entier non signé (1 à la taille du plan d'étage)	Ce paramètre est introduit du fait que la fumée a un impact sur la vision.
Visibilité	Entier non signé (1 à n)	Elle permet de déterminer si l'agent est visible d'un endroit donné, éventuellement à travers la fumée.
Collabore	Booléen	Une valeur indiquant si un l'agent est prêt à collaborer avec d'autres agents.
Nombre de collaborations	Entier (0 à n)	Représente la facilité de voir un objet à travers la fumée d'un feu.
Connaissance	Pourcentage	Un pourcentage représentant la connaissance de l'agent de son environnement.
Nervosité	Entier non signé (1 à 10)	Représente la stabilité mentale de l'agent. Cette valeur influence le comportement de l'agent quand il est confronté à divers scénarios.



Choc	Décimal (0 à 1)	Si l'agent voit quelque chose qui choque, cette valeur augmente en conséquence et est utilisé pour déduire si l'agent entrera dans la mobilité 'panique'.
Expérience	Entier non signé (1 à 10)	Représente l'expérience antérieure de l'agent dans les situations d'urgence, avec zéro représentant aucune expérience et 10 représentant le plus haut niveau d'expérience. L'expérience influence la façon dont l'agent peut aider les autres et aussi son seuil de panique.
Croire l'alarme	Booléen	Indique si l'agent croyait que le feu est réel quand il commence. Cela deviendra vrai s'ils collaborent verbalement ou s'il voit le feu / fumée.

### 2.1.3 Agent feu

Attribut	Type de données	Description
Rayon de fumée	Entier non signé (1 à n)	La valeur de plage d'un voisinage de Moore étendu, où le feu est le point central.
Taux de propagation de la fumée	Entier non signé (1 à n)	Le nombre d'étapes du modèle pour que la fumée se répande dans son Moore quartier.

## 2.2 Description de l'algorithme

A chaque étape où l'agent est encore en vie et n'a pas réussi à s'évader :

### 1. Vérification de la santé et mobilité :

- En présence de feu dans le voisinage, la santé et la vitesse se réduisent d'une valeur de 0.2 et 2 respectivement.
- En présence de fumée dans le voisinage, la santé et la vitesse se réduisent d'une valeur de 0.1 et 1 respectivement.
- Si la vitesse de l'agent atteint zéro, sa mobilité se remet à zéro.
- Si la santé de l'agent atteint zéro, sa mobilité se remet à zéro et se marque comme étant mort.

### 2. Mettre à jour la vision de l'agent avec les objets/tuiles actuellement visibles.

### 3. Vérification de l'état de panique :

- Calculer la valeur de choc de l'agent en fonction des occurrences de fumée, feu, agents de panique ou agents morts dans leur vision. Sinon la valeur de choc est diminuée.
- Calculer le score de panique avec la formule suivante :

$$\mathbf{Panic}_{Score} = mean\left(\frac{1}{\frac{health}{e_{nervousness}}}, \frac{1}{\frac{experience}{e_{nervousness}}}, shock\right)$$

- Si le score de panique  $> 0.8$  la mobilité est mise à 2.

### 4. Marquer les tuiles actuelles en vue qui ne sont pas obstruées par la fumée ou les tuiles de feu.

### 5. S'il y a une issue de secours dans la grille de connaissances de l'agent, définissez ses coordonnées comme destination cible. Si plusieurs sorties sont connues, choisir celle avec le chemin le plus court.

## 6. Vérifier la collaboration :

- Calculer  $cost_c = mean(\frac{1}{e^{count_c+1}}, PanicScore)$  où  $count_c$  est le Le nombre de collaborations et les valeurs plus élevées diminuent les chances de collaboration. La fonction du composant peut être vue ci-dessous :

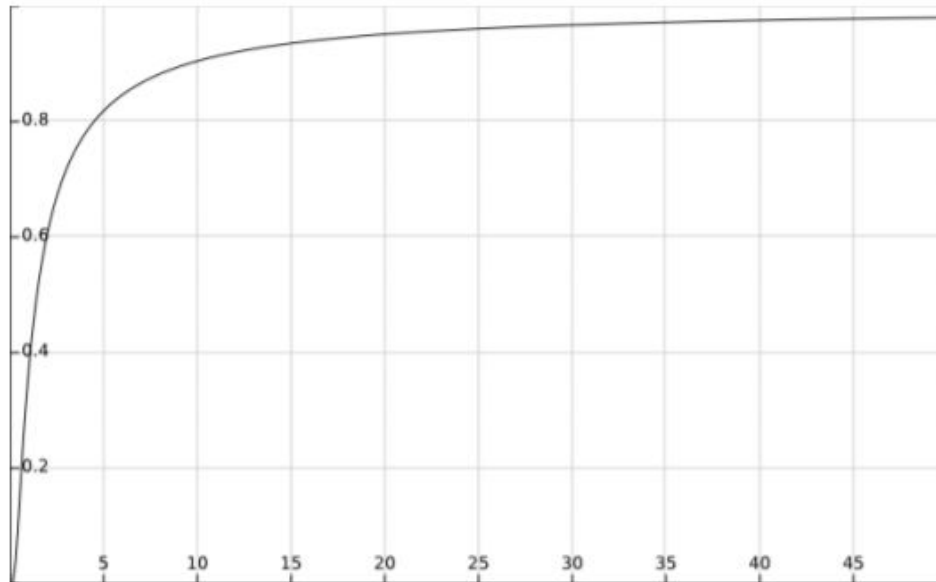


FIGURE 2.2 – Valeur du composant, x : Nombre de collaborations, y : Probabilité de ne pas collaborer.

- Si une issue de secours est en vue, tester  $cost_c$ , s'il réussit , initialiser la collaboration verbale dans l'emplacement actuel.
- Si un autre agent est en vue et que sa mobilité est de 2 (mouvement de panique), évaluer les coûts et, s'il réussit, fixer l'agent comme cible pour la collaboration moral .
- Si un autre agent est en vue et qu'il souffre d'une incapacité, vérifier  $cost_c$  et s'il réussit, définissez l'agent comme cible de collaboration physique.

## 7. Mouvement :

- Si l'agent panique, testez son score de panique , s'il réussit, définissez l'emplacement de la cible à un endroit aléatoire (mouvement de panique). Ou si leur score de panique était supérieur à 0,9 (90%) rendre l'agent inapte (évanouissement).

- Si l'emplacement de la cible est en vue, trouver le chemin non verrouillé le plus court vers elle.
- l'emplacement de la cible n'est pas en vue, effectuer une recherche en profondeur (depth-first) vers elle.
- S'il y a de la fumée ou du feu dans le chemin visible de l'agent et qu'aucune mesure n'est prévue, changez le chemin pour s'éloigner du danger.
- Se déplacer le long du chemin prévu vers la destination cible en fonction de la vitesse de l'agent.
- Si la destination est atteinte et que l'agent a une action cible (comme la collaboration) effectuer l'action à l'arrivée.

## 2.3 Dispositif expérimental

Pour nos tests de modèles, nous essayons de modifier les paramètres de Configuration afin que nous puissions atteindre la situation la plus homogène et la plus optimale possible.

### 1. Les paramètres du modèle :

- Le nombre d'humains : 600
- La probabilité de feu : 0.8
- Positionnement aléatoire : True
- Pourcentage de collaboration humaine : Varie entre 0% et 100%.

### 2. Les paramètres des humains :

- Santé : Valeurs aléatoires comprises entre 0.75 et 1.
- Vitesse : Valeurs aléatoires entre 1 et 2.
- Nervosité : Valeur aléatoire entre 1 et 10, selon une distribution favorisant légèrement des valeurs plus élevées.
- Expérience : Valeur aléatoire entre 1 et 10.
- Alarme de confiance : Aléatoire selon une distribution de [True : 0.9, False : 0.1].
- Vision : Valeur aléatoire entre 1 et 50.

## CHAPITRE 3

### RÉSULTAT DE LA SIMULATION

En raison de la complexité de la simulation, nous avons choisi de traiter les résultats pour 50, 60 et 70 itérations. Nous allons présenter dans cette partie les résultats de simulation obtenus avec un nombre d'agent fixe égal à 300 et à trois différents pourcentages de collaboration : 0 % , 50% et 100%.

Pourcentage de collaboration : 0%, Nombre des agents: 300

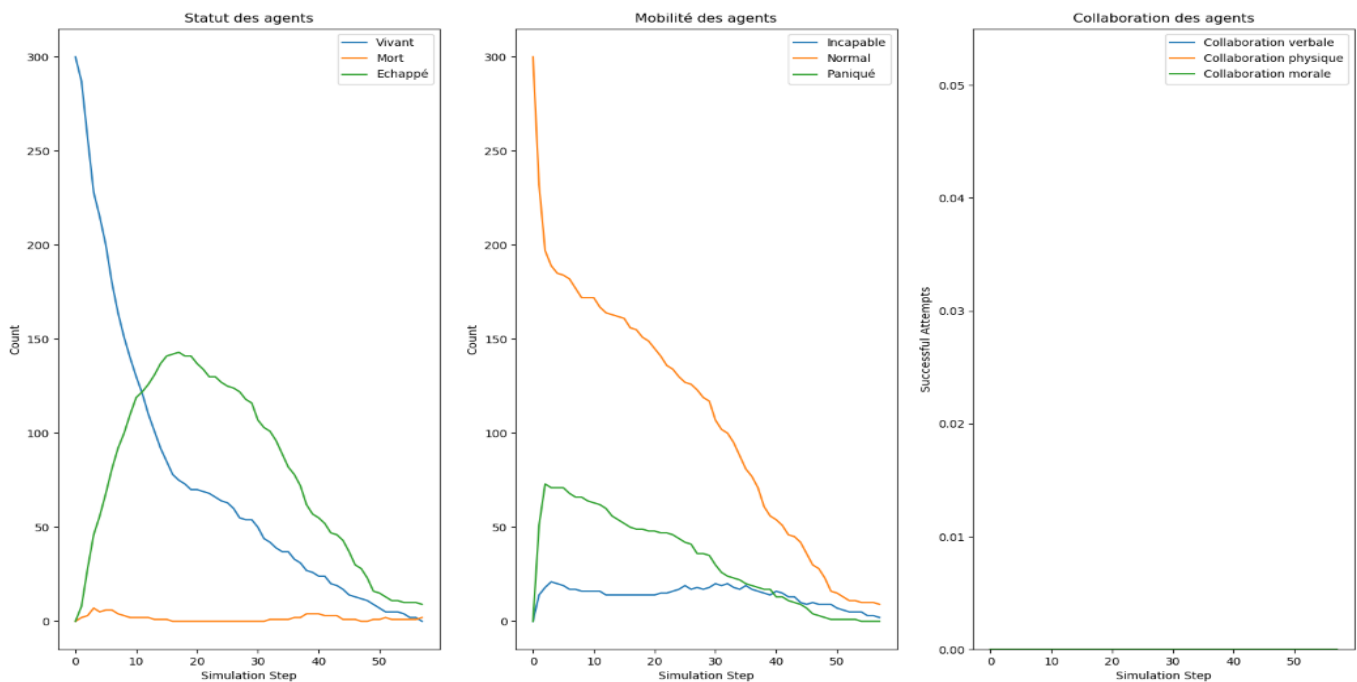


FIGURE 3.1 – Une simulation avec 0% de collaboration, correspondant au pourcentage moyen échappé pour cet intervalle.

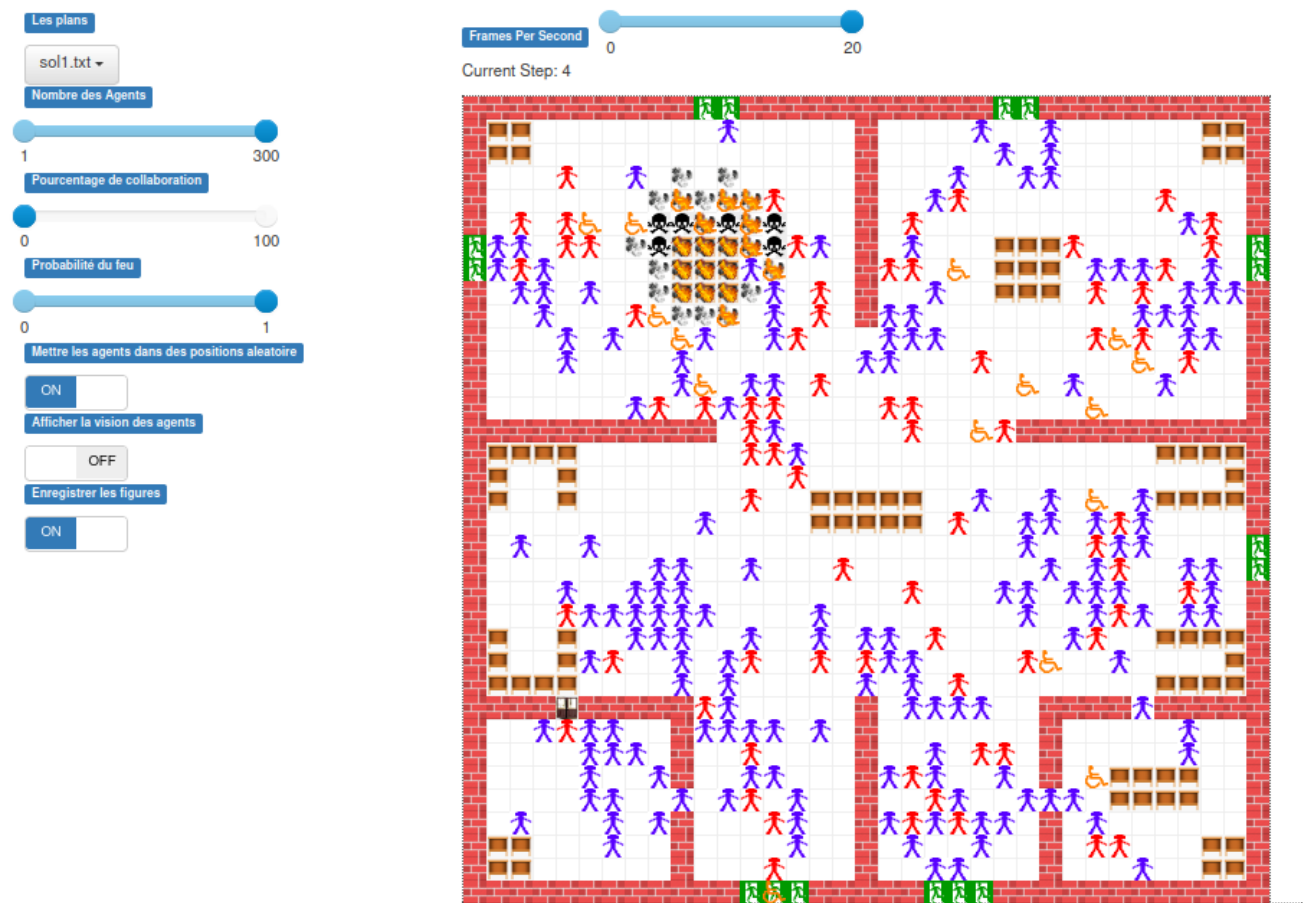


FIGURE 3.2 – Schéma correspondant à une simulation avec 0% de collaboration.

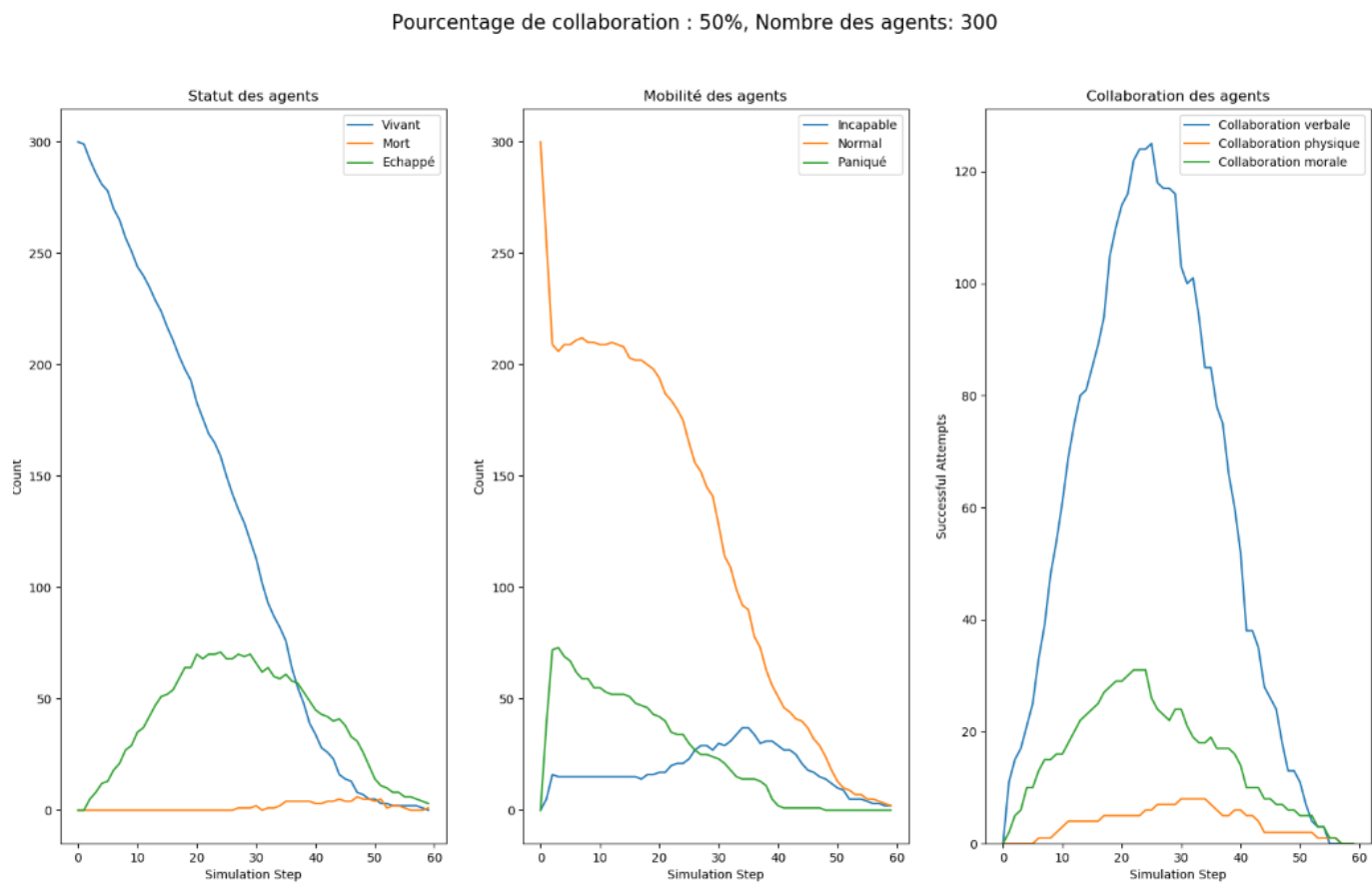


FIGURE 3.3 – Une simulation avec 50% de collaboration, correspondant au pourcentage moyen échappé pour cet intervalle.

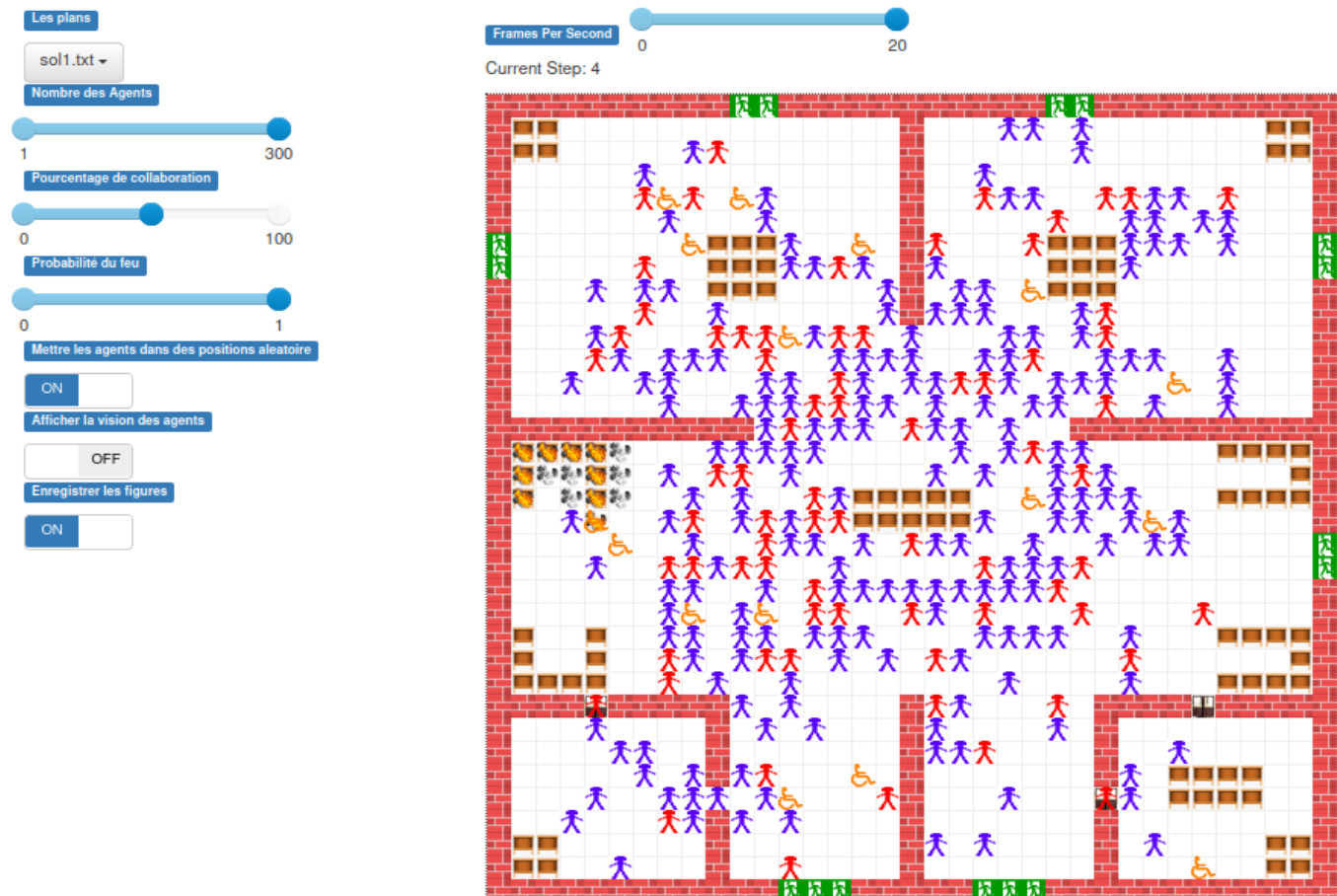


FIGURE 3.4 – Schéma correspondant à une simulation avec 50% de collaboration..



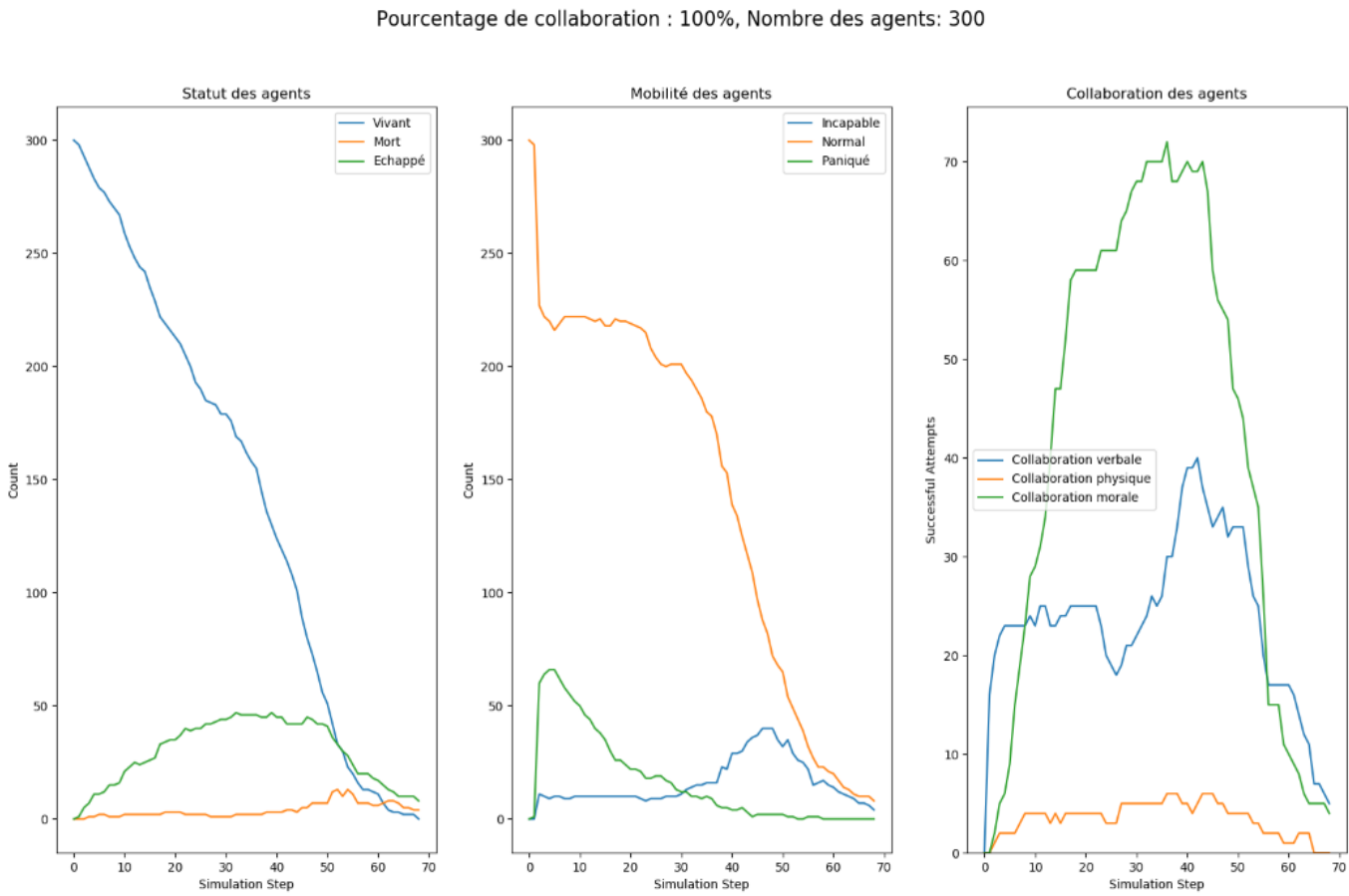


FIGURE 3.5 – Une simulation avec 100% de collaboration, correspondant au pourcentage moyen échappé pour cet intervalle.

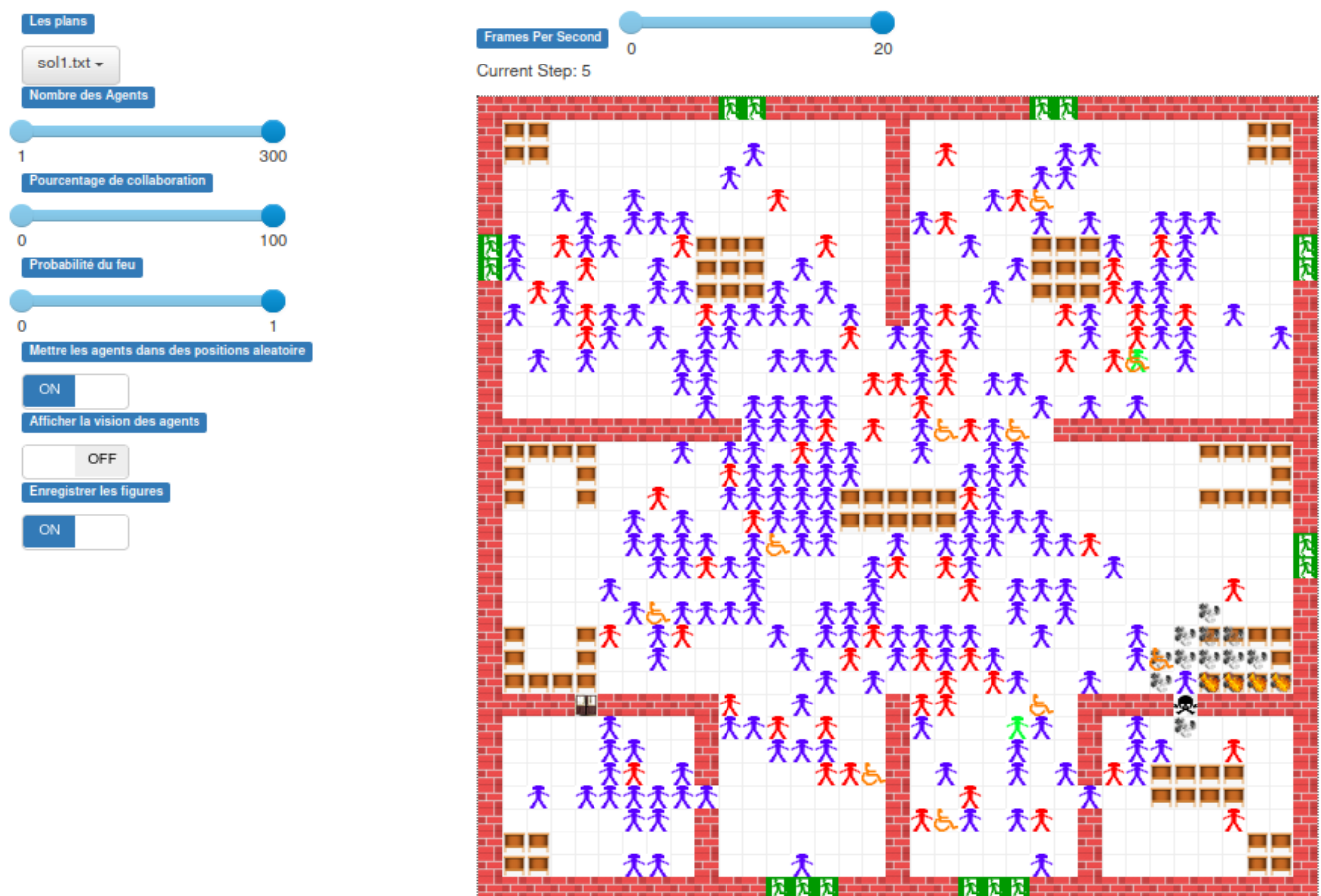


FIGURE 3.6 – Schéma correspondant à une simulation avec 100% de collaboration.

A partir de la figure 3.3, nous observons un rapport beaucoup plus élevé de collaboration verbale que tout autre type de collaboration, comparativement à la figure 3.5 où la collaboration morale est le type le plus fréquent. Selon les figures obtenues, nous remarquons que les trois pourcentages de collaboration montrent approximativement le même nombre d'agents paniquant. Ce qui diffère cependant, c'est la rapidité avec laquelle les agents paniqués se calment.

Des modèles réalistes de simulation d'évacuation d'urgence sont essentiels à l'analyse de la sécurité et à la détection des lacunes pour aider à corriger une situation existante de manière à éviter une catastrophe lorsqu'une situation d'urgence réelle se présente. Le travail effectué était majoritairement axé sur la recherche d'un scénario d'urgence optimal en cas d'incendie en tenant en compte des paramètres tels que la panique, la collaboration humaine et bien d'autres facteurs utilisés pour modéliser le comportement humain, les interactions agent-agent et le comportement de la foule. Nous avons essayé de réaliser le modèle d'évacuation de la foule le plus réaliste possible dans le but d'aboutir à un pourcentage minime de décès. A partir de ce modèle et les résultats obtenus, nous avons pu déduire qu'il n'y a pas de corrélation linéaire entre le pourcentage d'échappés et le pourcentage de collaboration, comme nous nous y attendions. Il sera donc plus intéressant de développer ce modèle et le raffiner en vue de le rendre encore plus réaliste.