

# Everything is fine

Simulation de protocoles  
d'évacuation  
& gestion de panique

---



Édouard BREUILLÉ  
Célia ROUQUAIROL

Master 2 IMAGINA - Université des sciences

Fuyez pauvres fous !

---

# Episode 1 : la fuite

Alors, comment était-ce ?

Animation du débat, quelles étaient les intentions des élèves lors de l'évacuation et ce qu'ils ont fait.

# Ce que vous avez probablement fait

- Suivre la foule : Une fois arrivés dans le hall, tout le monde a suivi la première personne à choisir une direction. Lorsqu'un élève se retrouvait seul dans le couloir, il rejoignait la sortie que les autres avaient empruntée. Certaines personnes ont même attendu leurs amis dans le couloir le temps qu'ils sortent dans la salle de classe.

# Ce que vous avez probablement fait

- suivre la foule
- recupérer quelques affaires : la plupart a pris leur téléphone, quelques uns leur manteau et d'autres leur sac.

# Ce que vous avez probablement fait

- suivre la foule
- récupérer quelques affaires
- prendre le temps de discuter

# Ce que vous avez probablement fait

- suivre la foule
- récupérer quelques affaires
- prendre le temps de discuter
- s'arrêter devant l'entrée

# Ce que vous auriez probablement du faire

- Laisser vos affaires : En effet, les récupérer ralentirait l'évacuation et vous aurait mis, ainsi que les autres, en danger.



# Ce que vous auriez probablement du faire

- laisser vos affaires
- Repérer les indications de sortie : Celles-ci sont importantes, car certains chemins peuvent être plus rapides mais moins sécurisés et pourraient ne pas mener au point de rassemblement comme dis ci-dessous.

# Ce que vous auriez probablement du faire

- laisser vos affaires
- repérer les indications de sortie
- Rejoindre le point de rassemblement : C'est un endroit éloigné des bâtiments avec suffisamment d'espace, permettant aux gens de ne pas se bousculer et éviter de recevoir de potentielles projections de débris. Autre raison d'un tel lieu, c'est pour permettre un comptage facile et ainsi estimer s'il reste des personnes piégés dans le bâtiment.

# Prévoir les comportements de foule

---

Si l'on a pu prévoir vos comportements, c'est parce qu'il existe des outils et des études sur le sujet.

# Les simulations - Les modèles mathématiques

Mathématiques et mouvements de foules : Ce lien ouvre la vidéo du mathématicien Bertrand Maury animant une conférence sur le mouvement de foule. Il présente ici un algorithme d'inondation sur une copie de l'amphithéâtre.

Lors de la simulation, les agents vont donc descendre le gradient jusqu'à la sortie, il en résulte des encombrements dans les allées. Un être humain choisirait de faire le tour par en bas, quitte à parcourir une plus grande distance, pour avoir une évacuation plus rapide.

Les modèles mathématiques permettent de représenter des mouvements de foule, mais il y a certains cas qu'ils ne peuvent gérer.

Passons donc au logiciel Odigo, utilisé pour modéliser l'évacuation du Queen Mary 2.

# Les simulations - Odigo

Odigo : le cas du Queen Mary 2 : Odigo est un logiciel de simulation d'agent avec comportement réactif/cognitif. Une première simulation a mis en évidence un engorgement au niveau de l'embarquement des canots de sauvetage sur le pont supérieur. Cela ralentissait la vitesse d'évacuation des passagers.

Ils ont donc appliqué une idée contre-intuitive : réduire la largeur des escaliers d'accès au pont supérieur. Ce faisant, le flux de personnes accédant au pont supérieur, et donc aux canots, était réduit et cela eu pour conséquence de fluidifier leur accès.

# Les simulations - Odigo

Au final, au lieu d'augmenter le temps total d'évacuation, celui-ci a été légèrement réduit. De nos jours, même après ce constat, aucune formule mathématique ne permet de mettre en évidence ce problème.

Ce logiciel permet un comportement déjà plus réaliste des agents, mais n'est spécialisé que pour le Queen Mary 2. Nous avons donc trouvé un autre Logiciel : AnyLogic qui nous donne des outils pour créer des simulation de foules personnalisées.



# Les simulations - AnyLogic

AnyLogic : outils professionnel de simulation : Cette vidéo présente une simulation d'organisation d'agents dans un aéroport. Nous les voyons s'organiser et passer par toutes les étapes nécessaires pour embarquer : faire la queue pour enregistrer leurs bagages en soute, passer au scanner leurs bagages à main pour ensuite patienter le temps de l'embarquement.

On constate alors que chaque agent n'occupe pas son temps libre de la même manière, certains voudront se restaurer, d'autres fumer, d'autres encore simplement s'asseoir. On se rapproche ainsi d'un comportement plus humain où chaque agent ne suit pas uniquement une liste d'ordre.

Nous en arrivons à un logiciel avec des comportements plus humains auquel il ne manque qu'une seule option, l'intégration de la panique.

Voyons donc un dernier logiciel qui l'inclut nativement.

# Les simulations - Exodus et SmartFire

EXODUS et SmartFire: Exodus est aussi un logiciel de simulation de mouvement de foule et SmartFire, un autre du même développeur s'occupant de la propagation du feu.

Dans cette vidéo est simulé un incendie déclaré dans une boîte de nuit. On y voit les agents se ruer vers les sorties qui s'engorgent rapidement. Les salles changent de couleurs en fonction de la concentration en fumée et les agents cèdent bientôt à la panique pour se diriger vers les fenêtres et les ouvrir pour obtenir une autre échappatoire. Hélas il est déjà trop tard pour beaucoup d'entre eux qui y laissent leur vie.

De notre côté nous souhaitons reprendre les éléments des simulations et utiliser les agents pour tester la validité d'un environnement.

# Notre objectif

---

- Déterminer le respect des normes incendie des ERP

- Déterminer le respect des normes incendie des ERP
- Obtenir des comportements réalistes et adaptés

# Notre objectif

- Déterminer le respect des normes incendie des ERP
- Obtenir des comportements réalistes et adaptés
- Réaliser un jeu sérieux de sensibilisation



Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

- Sauver un maximum de personnes

## Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

- Sauver un maximum de personnes
- Limiter les dommages

## Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

- Sauver un maximum de personnes
- Limiter les dommages
- Gérer les imprévus

## Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

- Sauver un maximum de personnes
- Limiter les dommages
- Gérer les imprévus
- Comprendre (et gérer) les mouvements de foule en cas de panique

## Pourquoi une simulation de protocoles d'évacuation ?

- Sauver un maximum de personnes
- Limiter les dommages
- Gérer les imprévus
- Comprendre (et gérer) les mouvements de foule en cas de panique
- Déceler les failles

# Les acteurs de la simulation

---

# Organisation des agents

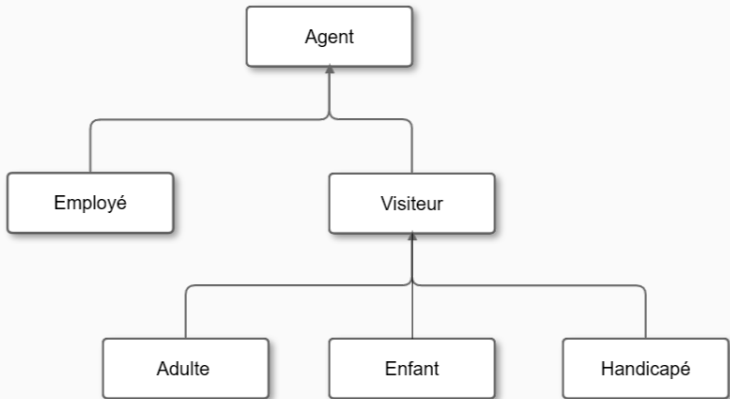


Figure 1: La hiérarchie des agents



# Organisation des agents - La classe mère



**Figure 2:** La classe mère agent

Cette classe regroupera les fonctions communes à tous les agents : le déplacement, le champ de vision... A cette classe, nous ferons hériter deux classes filles qui distingueront les différents types de personnes.

# Organisation des agents - Employés et Visiteurs



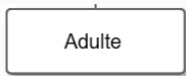
**Figure 3:** Les deux grands types d'agents

Il y aura deux grandes classes qui hériteront de la classe mère Agent...

# Organisation des agents - Employés et Visiteurs

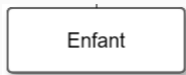
- Employé : Elle définira le comportement des agent ayant une plus grande connaissance de l'environnement testé. Pour un musée par exemple, ce peut être les gardiens, les caissiers ou les conservateurs... A la différence des visiteurs, ils auront une meilleure connaissance des chemins d'évacuation et pourront aider les visiteurs.
- Visiteur : Celle-ci sera la classe mère regroupant les principaux agents qui nous permettront de tester l'environnement, nous l'avons séparée en 3 autres différentes classes.

# Organisation des agents - Les adultes



**Figure 4:** Adultes

Les adultes seront les agents avec un comportement normal, ils formeront la majeure partie de la population.



**Figure 5:** Enfants

Moins autonomes que les adultes, ils n'auront pas la même force de décision et auront tendance à rester à proximité des adultes.

# Organisation des agents - Les handicapés



**Figure 6:** Handicape

Nous nous limiterons aux handicapé moteurs dans un premier temps, ces agents auront donc le même comportement que les adultes, mais ne pourront pas toujours emprunter les même voies de secours. Leur présence permettra le test des aménagements à leur rencontre (présence d'ascenseurs, rampes...)

Chaque agent ayant des comportements différents, il nous faut trouver un modèle pour les rendre le plus réaliste possible.

# Trois niveaux de modélisation

---



# Micro : comportement individuel

La théorie **B**elief **D**esire **I**ntention de Michael Bratman

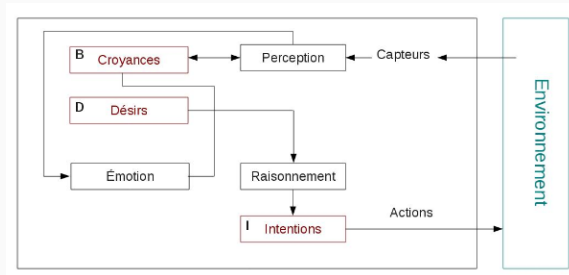


Figure 7: Le Schéma de Croyance, Désir et Intention

# Micro : comportement individuel

Tout d'abord le niveau individuel de comportement, nous utiliserons l'architecture BDI qui fonctionne comme suit:

Chaque agent possédera des croyances (Belief), qui seront influencées par sa perception de l'environnement.

Prenons l'exemple de Gaston, un agent visitant un musée avec sa femme et son fils. Ce dernier souhaite aller aux toilettes et s'éclipse. Soudain l'alarme retenti, Gaston souhaite donc retrouver son fils qui, d'après ses croyances, est aux toilettes. En effet, tant qu'il ne l'aura pas vu ailleurs, ou ne sera pas allé aux dites toilettes pour vérifier, sa croyance sur l'emplacement de son fils ne changera pas.

# Micro : comportement individuel

Les désirs seront la représentation des buts que l'agent souhaite voir réalisé. Reprenons Gaston, dans le cas présent, ses désirs seraient de sortir et de retrouver son fils.

Chaque agent aura également des émotions qui, comme les croyances, seront influencées par les perceptions. Pour illustrer cela, imaginons que sur le chemin des toilettes, un pan de mur en flamme s'abatte devant Gaston. Cela lui inspirera une grande terreur et pourrait bien changer ses plans... Ce qui nous amène au raisonnement.

L'ensemble des croyances, des désirs et des émotions d'un agent vont conditionner son raisonnement qui déterminera la priorité de chaque désir. Gaston, s'il est un père modèle, cherchera à retrouver son fils avant de s'enfuir. Mais si la panique l'envahi, il risque de faire passer sa vie avant tout et préférera sortir coûte que coûte.

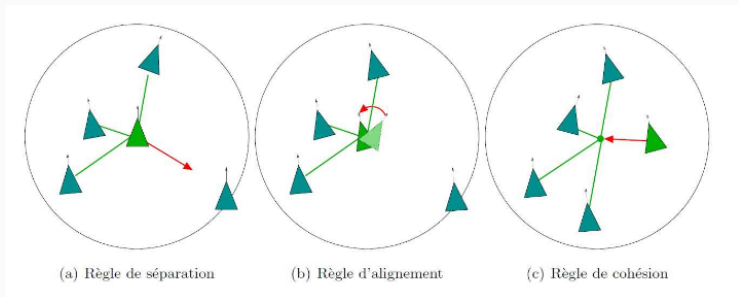
En fonction de ce raisonnement, l'agent produira une suite d'actions qui influencera son environnement et formera ses intentions, son plan sur le long terme, pour accomplir son désir. Cette étape est importante car il ne faut pas qu'il change d'avis constamment. L'agent doit accomplir son but avant de passer à quoi que ce soit d'autre, sauf si un événement vient le bouleverser comme cité plus haut.

- Belief, Desire, Intention
- Comportements réflexes

- **B**elief, **D**esire, **I**ntention
- Comportements réflexes
- Suivi d'un plan à long terme

# Meso : comportement de groupes

Relations fortes entre certains agents



**Figure 8:** Les différentes composantes du flocking



## Meso : comportement de groupes

Certains agents auront une relation forte avec d'autres : de la famille, des amis... Lorsqu'ils se déplaceront, ils auront tendance à former un groupe entre eux et rester proches.

Pour représenter cela nous utiliserons l'algorithme du flocking qui se compose de 3 vecteurs.

# Meso : comportement de groupe

Séparation : Chaque agent a un espace vital qu'il souhaite être respecté. Ce vecteur calculera la direction l'éloignant le plus efficacement des agents trop près.

```
1 private Vector3 Separate(List<Agent> neighbors){
2     List<Agent> nearestAgents = new List<Agent>();
3
4     foreach(Agent a in neighbors){
5         if(Vector3.Distance(a.transform.position, MyAgent.transform.position) <= MyAgent.Settings.SafeSpace){
6             nearestAgents.Add(a);
7         }
8     }
9
10    Vector3 sep = Vector3.zero;
11
12    foreach(Agent a in nearestAgents){
13        sep += MyAgent.transform.position - a.transform.position;
14    }
15    sep.y = 0;
16    return (sep.magnitude > 1.0f ? sep.normalized : sep);
17
18 }
```

Figure 9: Code de la fonction de séparation

# Meso : comportement de groupe

Alignement : Ce vecteur fait la moyenne des directions prises par tous les agents du groupe.

```
1 private Vector3 Align(List<Agent> neighbors){
2     Vector3 ali = Vector3.zero;
3
4     foreach(Agent a in neighbors){
5         ali += (Vector3) a.transform.TransformDirection(Vector3.forward);
6     }
7     ali.y = 0;
8     return (ali.magnitude > 1.0f ? ali.normalized : ali);
9 }
```

Figure 10: Code de la fonction d'alignement

# Meso : comportement de groupe

Cohésion : Ce dernier calcule la position au centre de tous les membres du groupe et renvoie le vecteur dirigeant l'agent à ce point, lui permettant de se rapprocher des autres.

```
1  private Vector3 Cohere(List<Agent> neighbors){
2      Vector3 coh = Vector3.zero;
3
4      foreach(Agent a in neighbors){
5          coh += a.transform.position - transform.position;
6      }
7      coh.y = 0;
8      return (coh.magnitude > 1.0f ? coh.normalized : coh);
9  }
```

Figure 11: Code de la fonction de cohésion

# Macro : comportement général

La foule par un système multi-agent

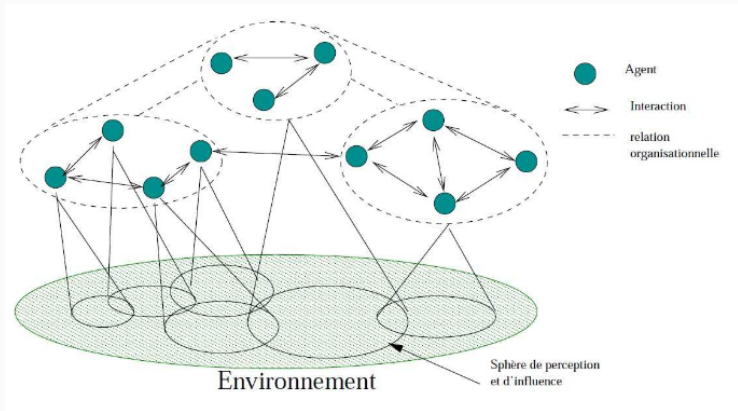


Figure 12: Les différentes interactions du SMA

## Macro : comportement général

Ce comportement ne sera pas implémenté à proprement parler, mais sera plutôt un résultat des deux niveaux précédents. En effet, on peut voir sur la figure 12 nous pouvons voir la modélisation des groupes méso avec les cercles en pointillés. On remarque le lien entre deux agents d'un groupe différent : cela pourrait représenter Gaston qui voit un agent de sécurité et décide de suivre ses directives, ses croyances lui indiquant qu'un agent de sécurité l'aidera à sortir sain et sauf.

Le mot de la fin

---

- Modélisation d'un aspect social au comportement des agents



- Modélisation d'un aspect social au comportement des agents
- Utilisation du modèle BDI

- Modélisation d'un aspect social au comportement des agents
- Utilisation du modèle BDI
- Gestion de la panique

- Modélisation d'un aspect social au comportement des agents
- Utilisation du modèle BDI
- Gestion de la panique
- Ajout de comportements spécifiques (agressivité, altruisme, meneur...)

# Sources

---

- <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F31684>
- <http://www.gtfi.org/>

- `https://www.youtube.com/watch?v=mBDNykcauYc`
- `http://www.afcan.org/dossiers_techniques/odigo.html`
- `https://www.anylogic.com/`

# Les études de comportements

- Thèse de Jéméry PATRIX
- Thèse de Haïfa ABDELHAK
- Thèse de Pierre ALLAIN
- TER Aurélia SPANNEUT
- Crowd behaviour during high-stress evacuations in an immersive virtual environment

# La pause démo

---



Avez-vous des questions ?

---