



Vers des agents cognitifs, affectifs et sociaux dans  
la simulation  
Soutenance de thèse

Mathieu Bourgais  
Directeur : Laurent VERCOUTER  
Co-encadrant : Patrick TAILLANDIER

30 Novembre 2018

Financé par le projet ANR ACTEUR

# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

# Introduction : La simulation sociale



# Plateformes de simulation et principes de modélisation

- Repast, Mason, Cormas, MIMOSA, Netlogo et GAMA.
- Principe **KISS** (Keep It Simple, Stupid) (Axelrod, 97).
- Principe **EROS** (Enhancing Realism Of Simulation) (Jager, 17).

# Problématiques

Proposer un comportement **expressif** et **crédible** utilisable par un large public pour la **simulation sociale**.

- **Formaliser** les dimensions cognitives, affectives et sociales dans un même cadre.
- **Intégrer** l'ensemble de ces dimensions dans une architecture comportementale.
- Rendre l'architecture le plus **générique** possible.
- Proposer une **implémentation** de cette architecture qui soit la plus accessible possible.

# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

# Schéma méthodologique

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
Théories						
Formalismes						
Mise en place						
Architecture						
Implementation						
Utilisation						

# La cognition

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
----------	-----------	----------	---------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------

- La révolution cognitive (Miller, 56) explique la prise de décision humaine par la cognition (l'ensemble des processus mentaux mis en jeu dans la fonction de connaissance).
- L'analogie du cerveau-ordinateur mène à la création, en IA, de l'architecture comportementale **SOAR** (State Operator And Result) (Laird, Newell et Rosebloom, 87).
- Bratman (87) propose le modèle **BDI** en s'appuyant sur les principes de psychologie naïve. Ce modèle est formalisé en IA (Cohen et Levesque, 90) et implémenté à travers le langage AgentSpeak (Rao, 96)(Bordini, 07).

# Les émotions

Concepts	cognition	<b>émotions</b>	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
----------	-----------	-----------------	---------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------

- Les travaux de **Damasio** (94) montrent que la prise de décision n'est pas uniquement rationnelle.
- Les théories de l'évaluation cognitive des émotions lient les émotions et la cognition (Smith et Lazarus, 90) (Ortony, Clore et Collins, 90).
- La théorie **OCC** a été formalisée avec le modèle BDI (Adam, 07).

# La contagion émotionnelle

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
----------	-----------	----------	---------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------

- **Hatfield (93)** donne une première définition : "la tendance à automatiquement mimer et synchroniser les expressions faciales, la posture, les intonations de la voix et les mouvement d'une autre personne perçue et ainsi de converger émotionnellement vers cette personne."
- Des recherches (Barsade, 02)(Kramer, 04) tendent à élargir cette définition : le processus par lequel un agent adapte ses émotions en fonction des émotions des personnes qui l'entourent, que ce soit physiquement ou via un réseau social.
- Ce processus a été formalisé en IA avec le modèle **ASCRIBE** (Bosse, 09).

# Les relations sociales

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	<b>relations sociales</b>	normes et obligations	personnalité
----------	-----------	----------	---------------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

- Une première approche des relations sociales via un cadre institutionnel (Rocheblave, 62).
- La seconde approche considère les relations sociales comme des relations interpersonnelles sans cadre social (Rousseau, 98).
- **Svennevig** (00) propose un modèle de relation interpersonnel avec un minimum de 4 dimensions : **appréciation**, **dominance**, **solidarité** et **familiarité**.

# Normes sociales et obligations

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	<b>normes et obligations</b>	personnalité
----------	-----------	----------	---------------------------	-----------------------	----------------------------------	--------------

- Tuomela distingue les **normes sociales** (imposées implicitement par une population) des **obligations** (imposés explicitement par une institution). Ces deux processus sont soumis à des sanctions.
- Plusieurs systèmes normatifs sont définis en IA (Dignum, 99)(Stratulat, 02) ayant pour but de diriger entièrement le comportement des agents.
- Lopez y Lopez (06) propose une représentation unifiée des concepts nécessaires à la définition d'un système normatif.

# La personnalité

Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
----------	-----------	----------	---------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------

- Différentes études montrent l'importance de la personnalité dans la prise de décision (Eysenck, 87)(Watson, 92)(Ortony, 02).
- Le modèle **MBTI** (Myers, 85) propose de catégoriser les personnes dans 16 personnalités différentes.
- Le modèle **OCEAN** (McCrae, 92) propose 5 facteurs numériques pour catégoriser la personnalité de quelqu'un.

# Schéma méthodologique

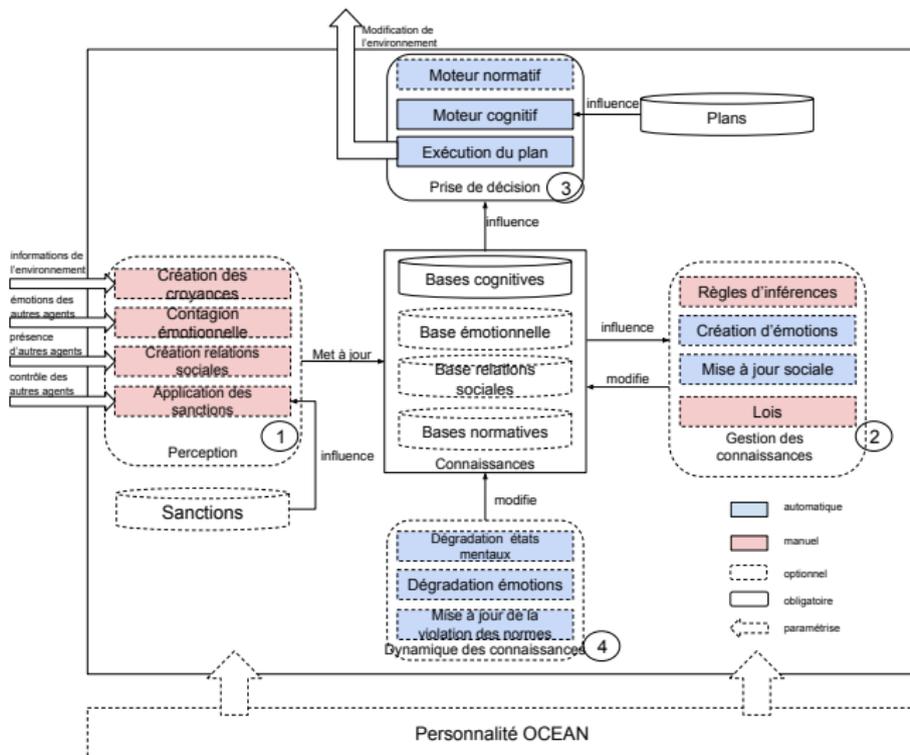
Concepts	cognition	émotions	Contagion émotionnelle	relations sociales	normes et obligations	personnalité
Théories	Bratman	OCC	Hatfield	Modèle dimensionnel	Tuomela	OCEAN
Formalismes	BDI	Adam	ASCRIBE	Svennevig	Lopez y Lopez	Costa et McCrae
Mise en place						
Architecture						
Implementation						
Utilisation						

# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 **BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social**
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

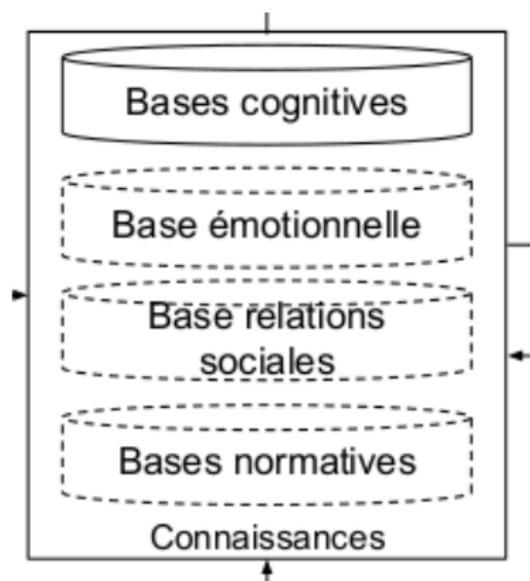
└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

# Architecture développée



└─BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

## Bases de connaissances

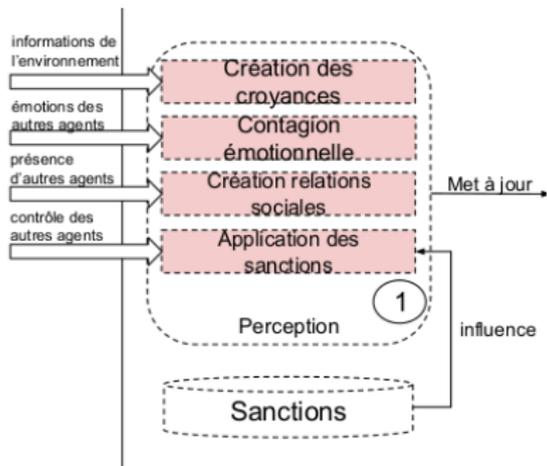


Personnalité OCEAN :

- Ouverture
- Conscience
- Extraversion
- Agréabilité
- Neurotisme

└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

# Perception

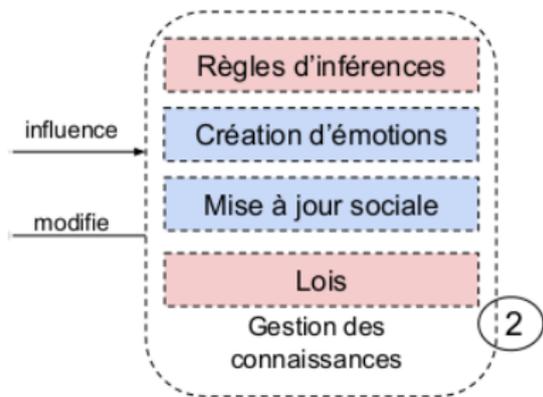


Le module de perception permet de mettre à jour les connaissances de l'agent en fonction de l'environnement. Le modélisateur peut définir un processus pour :

- créer de nouvelles croyances.
- gérer une contagion émotionnelle.
- créer de nouvelles relations sociales.
- contrôler les normes d'autres agents.

└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

## Gestion des connaissances



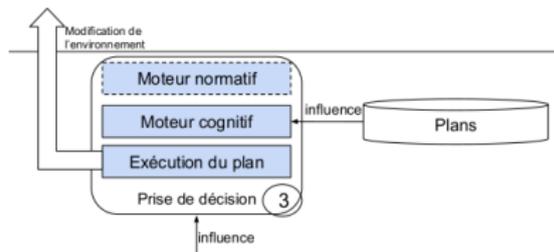
- La définition de règles d'inférences permet de modifier les états mentaux cognitifs en fonction des perceptions.
- La définition de lois permet d'ajouter un système d'obligations au comportement de l'agent.
- La mise à jour sociale modifie les relations sociales en fonction des connaissances.

## Création des émotions

- $Joie_i(P_j, j) = \text{Croyance}_i(P_j) \ \& \ \text{Désire}_i(P)$
- $\text{Espoir}_i(P_j, j) = \text{Attendu}_i(P_j) \ \& \ \text{Désire}_i(P)$
- $\text{Satisfaction}_i(P_j, j) = \text{Espoir}_i(P_j, j) \ \& \ \text{Croyance}_i(P_j)$
- $\text{Content pour}_i(P, j) = i \text{ apprécie } j \ \& \ \text{Joie}_j(P)$
- $\text{Fierté}_i(P_i, i) = \text{Croyance}_i(P_i) \ \& \ P_i \text{ louable}$
- $\text{Admiration}_i(P_j, j) = \text{Croyance}_i(P_j) \ \& \ P_j \text{ louable}$
- $\text{Gratitude}_i(P_j, j) = \text{Admiration}_i(P_j, j) \ \& \ \text{Joie}_i(P_j)$

└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

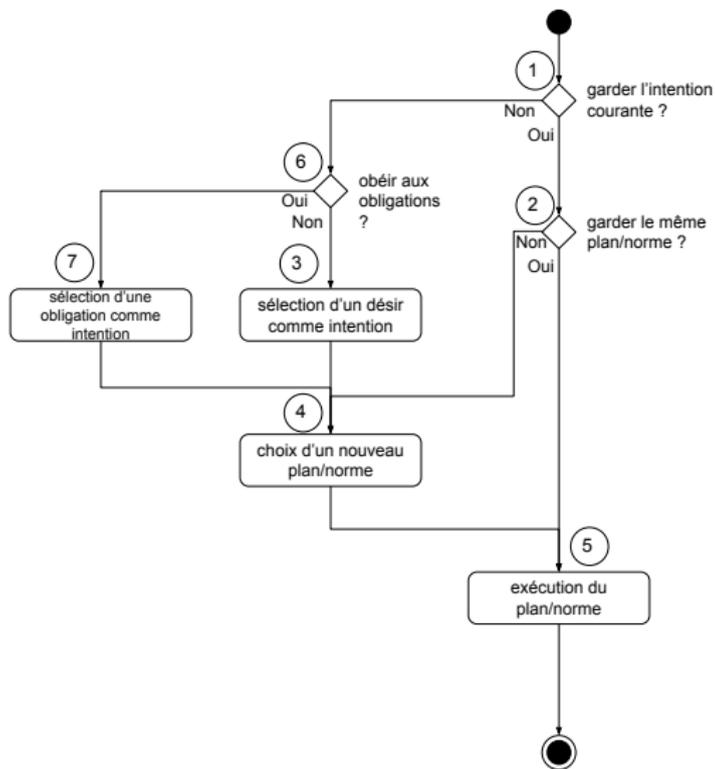
## Prise de décision



- Les **moteurs normatifs et cognitifs** permettent à l'agent de choisir une **intention courante** en fonction des désirs, des obligations et des intentions.
- Un **plan** répondant à l'intention courante est sélectionné parmi les plans, définis au préalable par le modélisateur, répondant à l'intention dans le contexte actuel.

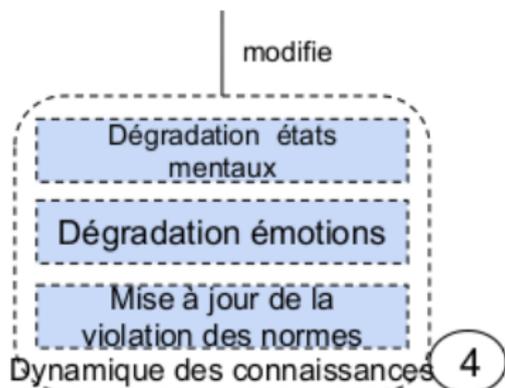
└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

## Moteur normatif et cognitif pour la prise de décision



└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

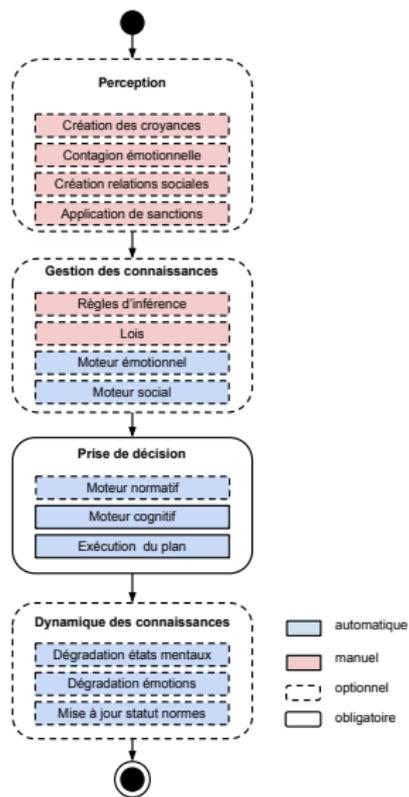
## Dynamique des connaissances



- La durée de vie des états mentaux cognitifs est diminuée.
- L'intensité émotionnelle est diminuée de la valeur de décroissance de chaque émotion.
- Le statut de chaque norme est mis à jour.

└ BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social

# Déroulement des processus

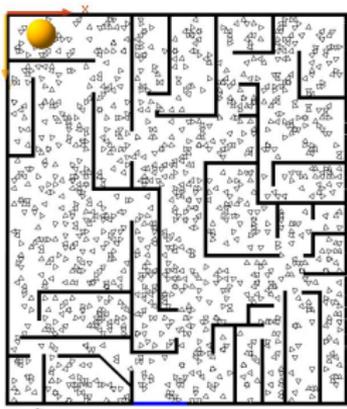


# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

# Présentation du cas du Kiss Nightclub

- Entre 1200 et 1400 personnes dans la boîte de nuit contre 641 préconisés.
- Systèmes de sécurité anti-incendie défectueux (les panneaux de sortie de secours ne fonctionnaient pas, seuls les panneaux indiquant les toilettes étaient allumés).
- 242 décès, la très grande majorité par intoxication, retrouvés aux abords des toilettes.



# Modélisation de l'évacuation du Kiss Nightclub

dimension	comportement
cognition	perception de l'environnement, croyances sur la porte de sortie, fuite simple
émotion	déclenchement de la fuite suite à la peur déclenchée par perception de la fumée
contagion émotionnelle	contagion de la peur d'une catastrophe
relations sociales	aide envers un ami, relations dynamiques de confiance avec les agents aux alentours
normes sociales	suivi des autres agents en fonction de leur confiance
obligation	suivi des panneaux de secours en cas de fuite imposée par trop de fumée

## Résultats de la simulation du Kiss Nightclub

**Table** – Nombre d'agents morts lors de la simulation de la tragédie du Kiss Nightclub (sur 10 simulations)

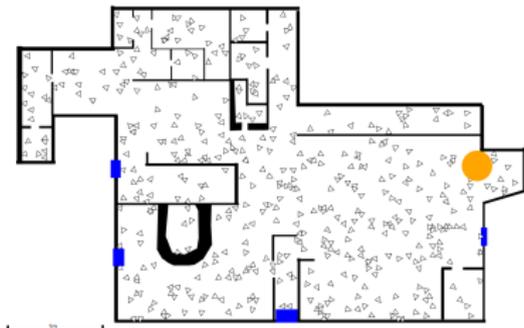
nombre d'agents	1200	1300	1400
moyenne	230.2	237.7	249.4
écart type	20.1	15.6	32.6

**Table** – Temps de calcul, en millisecondes, obtenus pour la simulation de la tragédie du Kiss Nightclub

nombre d'agents	1200	1300	1400
moyenne	861.7	841.4	884.9
écart type	78.4	57.7	101.2

## Présentation du cas du Station Nightclub

- 465 personnes se trouvaient dans la boîte de nuit pour 100 décès.
- L'alarme a fonctionné et la congestion a été un facteur important ; la fumée a été plus dangereuse et plus rapide.
- Le comportement des agents est adapté du comportement développé sur le Kiss Nightclub (ajout d'une alarme et prise en compte de la congestion et des sorties multiples lors de l'évacuation).



## Résultats de la simulation du Station Nightclub

**Table** – Nombre d'agents morts lors de la simulation de la tragédie du Station Nightclub (sur 10 simulations)

nombre d'agents	465
moyenne	98,4
écart type	17,0

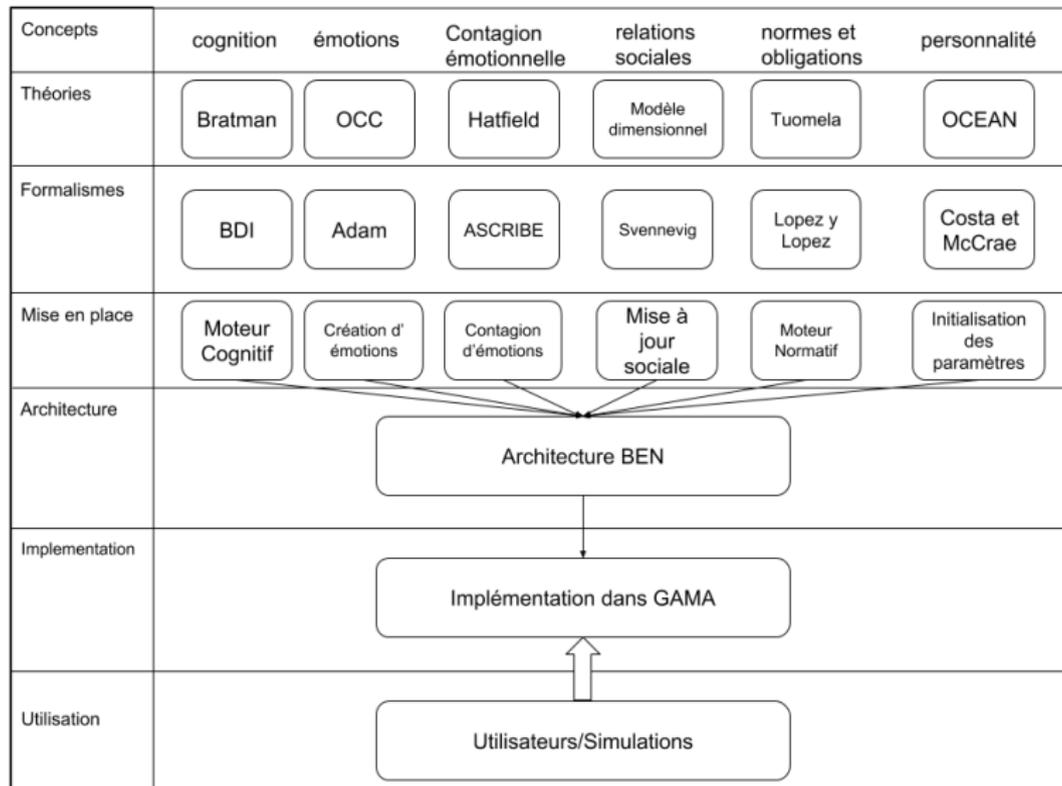
**Table** – Temps de calcul, en millisecondes, obtenus pour la simulation de la tragédie du Station Nightclub

nombre d'agents	465
moyenne	711,8
écart type	55,9

# Plan

- 1 Contexte de la thèse
  - Introduction
  - Problématique
- 2 Théories psychologiques et sociales sur le comportement humain
- 3 BEN : une architecture pour des agents au comportement cognitif, affectif et social
- 4 Application de BEN sur des simulations d'évacuation
  - Évacuation du Kiss Nightclub
  - Évacuation du Station Nightclub
- 5 Conclusion et perspectives

# Résumé de la thèse



## Discussion sur l'utilisation de BEN

L'architecture BEN est déjà utilisée par la communauté :

- Étude de fermiers vietnamiens (Truong, 16) : cognition.
- Projet SWIFT (Adam, 17) : cognition et émotions.
- Projet Li-Bim (Micolier, 18) : cognition et relations sociales.
- Étude du Station Nightclub (Valette, 18) : cognition, émotions et relations sociales.

# Perspectives

- Ajout de possibilités pour définir manuellement les moteurs cognitifs, émotionnels et sociaux.
- Ajout de nouvelles dimensions affectives et sociales (comme la prise en compte de l'expérience, de la culture).
- Vidéo de la soutenance :  
<https://webtv.normandie-univ.fr/videos/soutenance-m-bourgais/>

# Conclusion

Questions.

## Productions scientifiques

- *A BDI agent architecture for the GAMA modeling and simulation platform*, P. Taillandier, M. Bourgeois, P. Caillou, C. Adam and B. Gaudou, MABS 2016
- *Une architecture d'agents mêlant cognition et émotions pour la simulation des systèmes complexes*, M. Bourgeois, P. Taillandier and L. Vercouter, JFSMA 2016, démonstration et poster
- *An Agent Architecture Coupling Cognition and Emotions for Simulation of Complex Systems*, M. Bourgeois, P. Taillandier and L. Vercouter, SSC 2016
- *Enhancing the Behavior of Agents in Social Simulations with Emotions and Social Relations*, M. Bourgeois, P. Taillandier and L. Vercouter, MABS 2017
- *Emotion modeling in Social Simulation : a Survey*, M. Bourgeois, P. Taillandier, C. Adam and L. Vercouter, JASSS Mars 2018

# Tests sur la personnalité

**Table** – Nombre d'agents morts avec une personnalité à 0

nombre d'agents	465	1200
moyenne	0,7	3,4
écart type	0,78	1,43

**Table** – Nombre d'agents morts avec une personnalité à 1

nombre d'agents	465	1200
moyenne	137,1	362,8
écart type	16,26	20,16

# Tests sur le nombre d'agents

**Table** – Nombre d'agents morts dans le Kiss Nightclub

nombre d'agents	2400	3000	641
moyenne	418,8	513,7	147,3
écart type	25,1	25,7	13,6

**Table** – Nombre d'agents morts dans le Station Nightclub

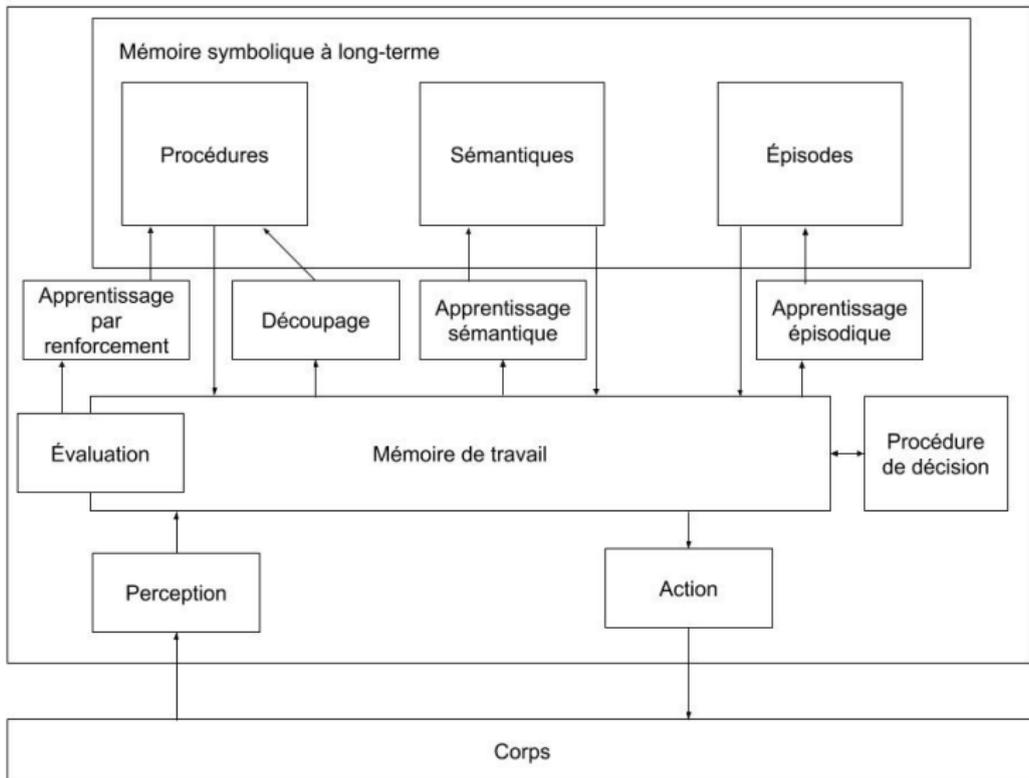
nombre d'agents	930	1000
moyenne	522	570,2
écart type	21,5	30,1

## Les architectures comportementales

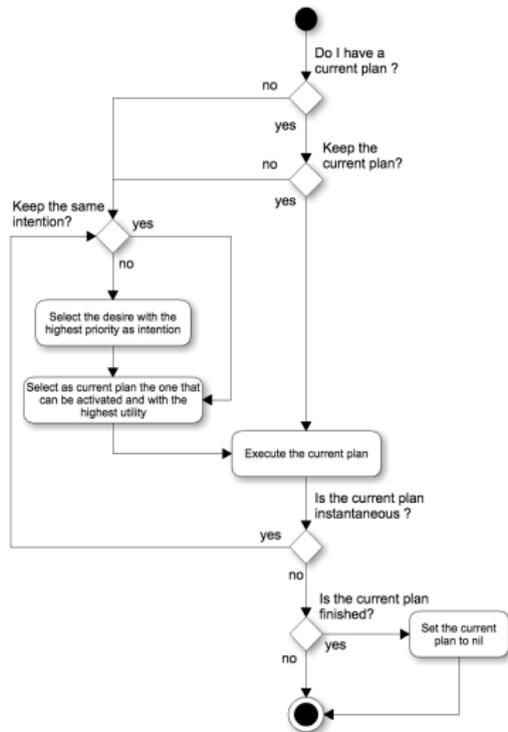
Une **architecture comportementale** propose des processus et des flux de contrôle sur des bases de données pour amener un agent à prendre une décision.

- Cognitive : **SOAR** (Laird, Newell et Rosebloom, 87), **ACT-R** (Byrne, 98), **CLARION** (Sun, 01), **BDI** (Bratman, 87)
- Normative : **EMIL-A** (Andrighetto, 07), **NoA** (Kollingbaum, 05), **BOID** (Broersen, 01), **BRIDGE** (Dignum, 08)
- Émotionnelle : **EMA** (Gratch 04), **DETT** (Van Dyke Parunak, 06), **eBDI** (Jiang, 07)

# Architecture SOAR



## L'architecture BDI de GAMA



## Formalisme développé

- Les prédicats représentent le monde :  $P$  représente un fait,  $P_j$  représente une action.
- Les états mentaux cognitifs de l'agent sont représentés par :  $M_i(P/M/E, \text{force}, \text{vie})$ .
- L'agent possède 6 types d'états mentaux : **Croyances**, **Désirs**, **Intentions**, **Incertitudes**, **Obligations** et **Idéaux**.
- Les plans d'actions sont représentés par  $P_i(I, C, Pr, B)$ .
- Les émotions sont représentées par :  $E_i(P, A, I, D)$ .
- Les relations sociales sont représentées par :  $(L, D, S, F, T)_{i,j}$
- La personnalité est représentée par  $(O, C, E, A, N)_i$
- Une norme est représentée par  $N_i(I, C, O, Pr, B, V)$ .

## Calcul des intensités émotionnelles

- $I[Joie_i(P)] = V[Belief_i(P)] \times V[Desire_i(P)] \times (1 + (0,5 - N))$
- $I[ContentPour_i(P)] = I[Joie_j(P)] \times L[R_{i,j}] \times (1 - (0,5 - A))$
- $I[Fierte_i(P)] = V[Belief_i(P)] \times |V[Ideal_i(P)]| \times (1 + (0,5 - O))$
- $D[E_i(P)] = N \times I[E_i(P)] \times \Delta t$

## Mise à jour sociale

- $L[R_{i,j}] = L[R_{i,j}] + |L[R_{i,j}||](1 - |L[R_{i,j}||)S[R_{i,j}] + \alpha_L(1 - |L[R_{i,j}||)(mPos - mNeg)$
- $D[R_{i,j}] = D[R_{i,j}] + \alpha_D(1 - |D[R_{i,j}||)(mSE - mOE)$
- $S[R_{i,j}] = S[R_{i,j}] + S[R_{i,j}] \times (1 - S[R_{i,j}]) \times (\alpha_{S1} \frac{sim-opp}{NbKnow} - \alpha_{S2} mNeg)$
- $F[R_{i,j}] = F[R_{i,j}](1 + L[R_{i,j}])$

Avec :

- $\alpha_L = 1-N$
- $\alpha_D = 1-N$
- $\alpha_{S1} = 1-O$
- $\alpha_{S2} = 1-N$