

# Quelle Intelligence Artificielle pour la ville intelligente du futur?

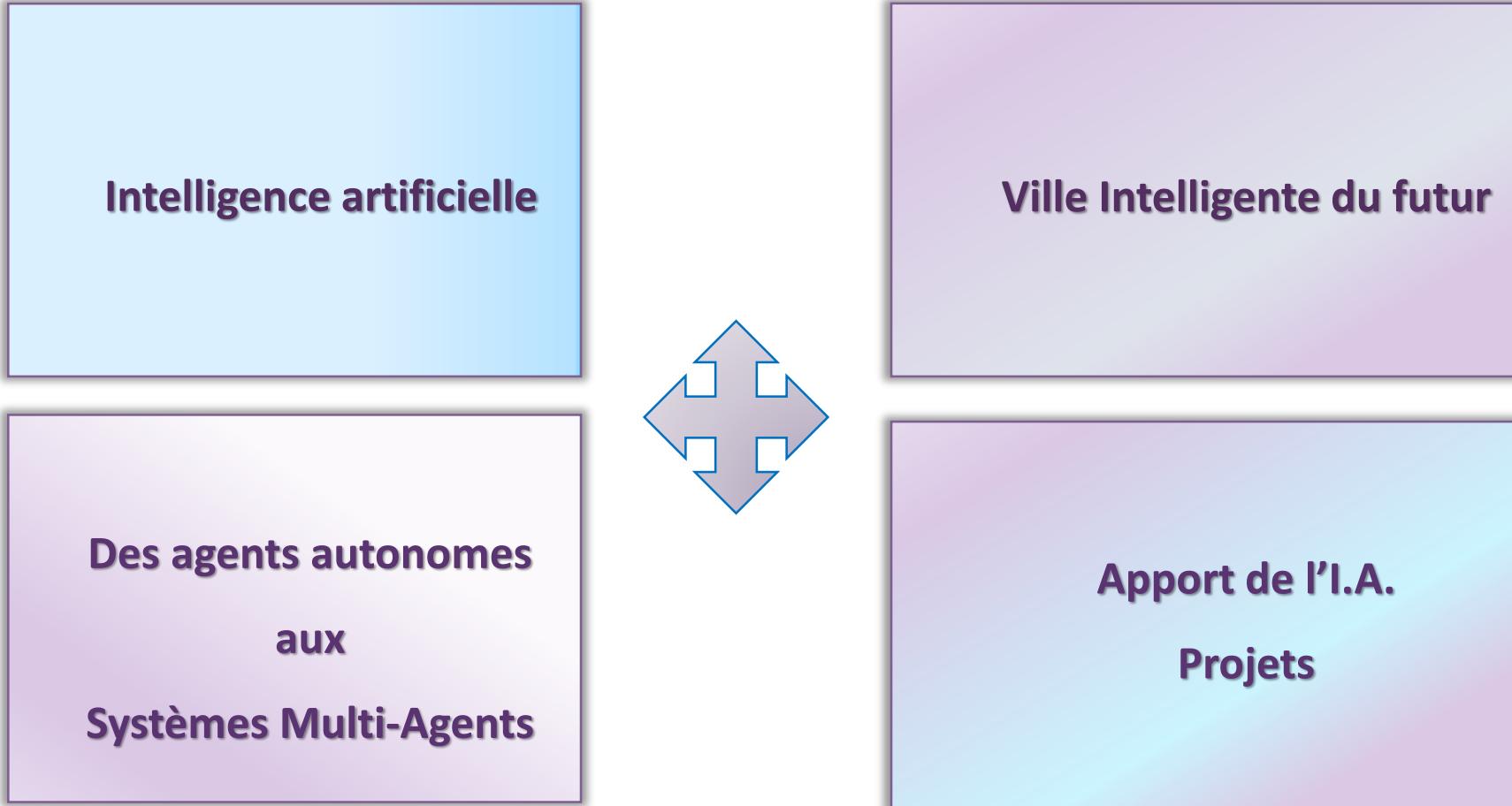


Amal El Fallah-Seghrouchni

Professeure à Sorbonne Université - En délégation au CNRS

Responsable de l'équipe SMA du LIP6 - CNRS UMR 7606

# Plan



# Intelligence Artificielle

## de quoi parle-t-on ?

### Portrait de l'I.A.

*[Un portrait, présenté comme la création d'une intelligence artificielle, a été mis aux enchères à New York, le 25 octobre. Il a été vendu pour 432 500 dollars, explosant l'estimation de la maison Christie's, qui l'estimait entre 7 000 et 10 000 dollars.] – Le monde – 21 Octobre 2018*



Ceci n'est pas du ML/DL

# Différentes I.A.

Doter une machine (ordinateur, robot, ..) de capacités « dites intelligentes », en mimant ou en s'inspirant des humains ou plus généralement de la nature

l'intelligence humaine

Modèles  
Cognition



l'intelligence du vivant (adaptation)

Intelligence  
bio-inspirée  
  
Vie  
Artificielle



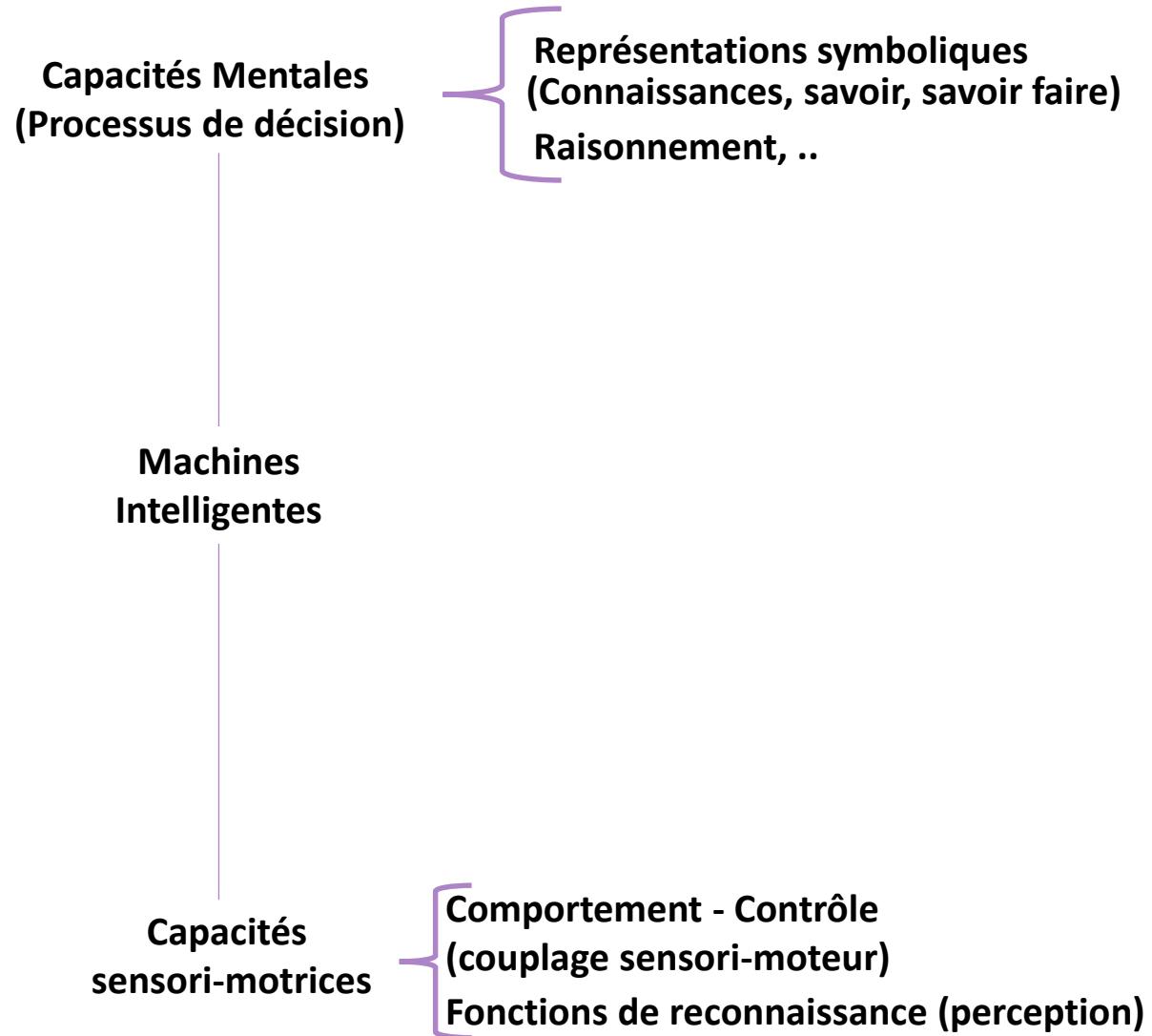
Différentes visions  
de l'intelligence

Différentes IA / Différentes approches

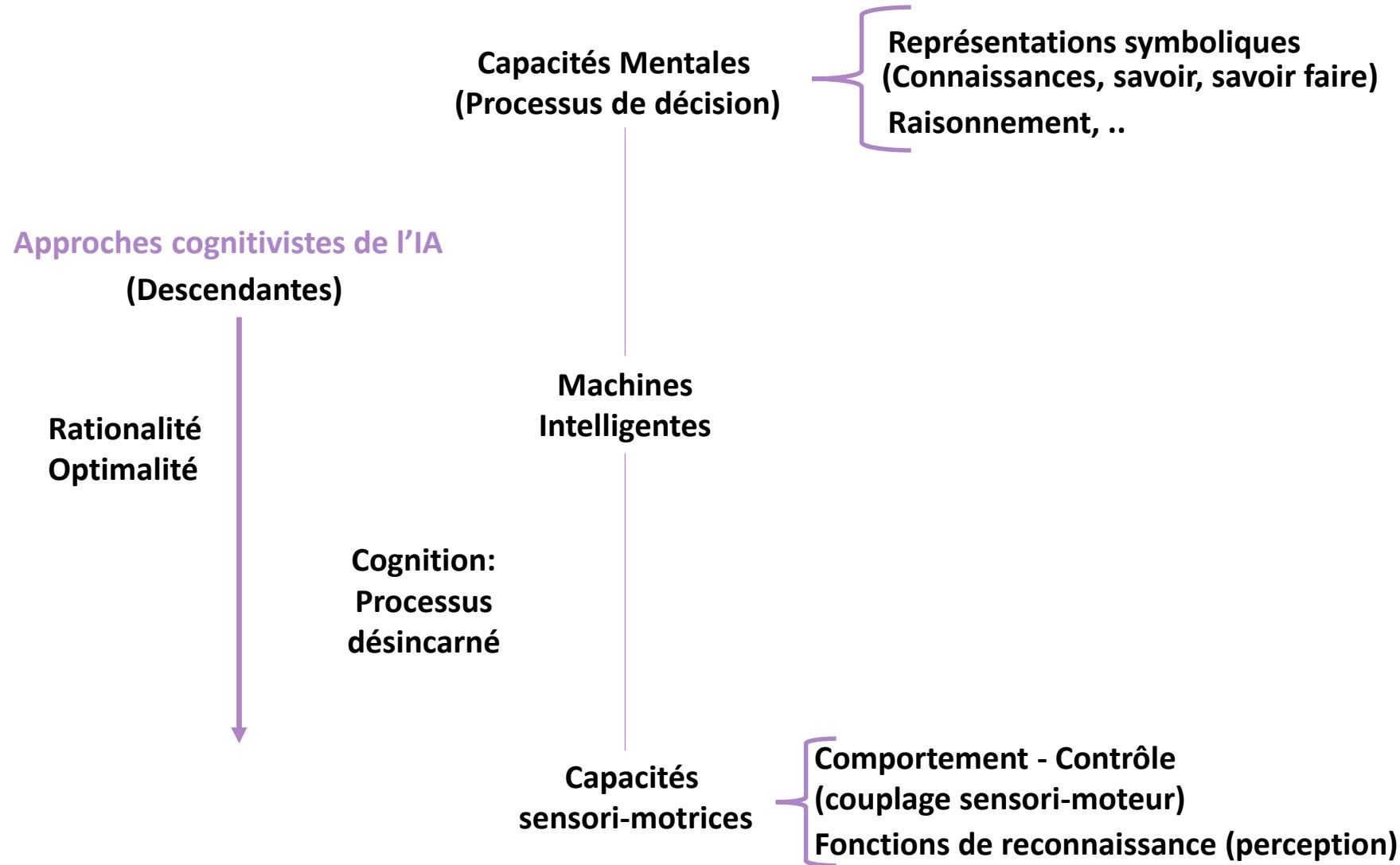
Cognitivisme

Constructivisme

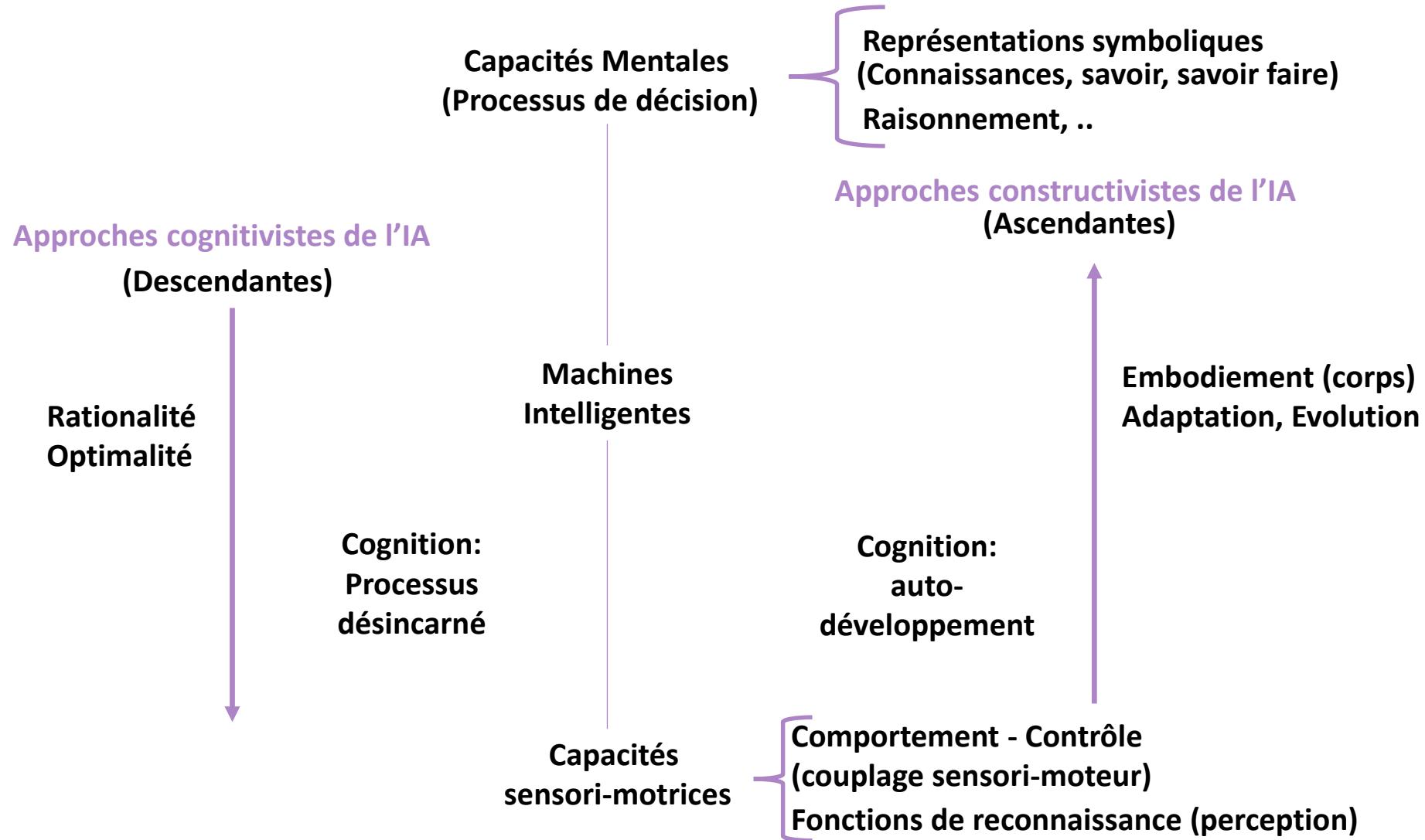
# Différentes I.A.



# Différentes I.A.



# Différentes I.A.

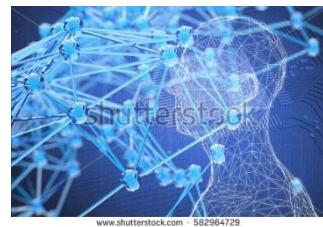


# Différentes I.A.

Doter une machine (ordinateur, robot, ..) de capacités « dites intelligentes », en mimant ou en s'inspirant des humains ou plus généralement de la nature

l'intelligence humaine

Modèles  
Cognition



l'intelligence du vivant (adaptation)

Intelligence  
bio-inspirée  
  
Vie  
Artificielle



Différentes visions  
de l'intelligence

Différentes IA / Différentes approches

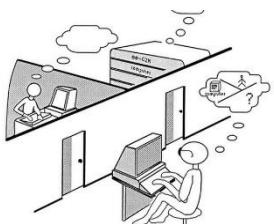
IA forte : La machine développe sa propre intelligence

IA faible : La machine exécute un modèle d'une forme d'intelligence, inspiré d'une intelligence naturelle

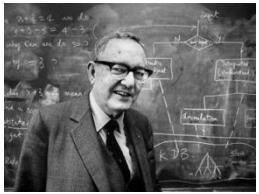
IA générale : L'intelligence n'est pas spécifique à un (type de) tâche donné (e)

# Historique de l'I.A.

par David Civera 8 avril 2016 <http://www.tomshardware.fr/articles/intelligence-artificielle-histoire,5-213.html>



Le test de Turing (1950)



Satisficing (1956)



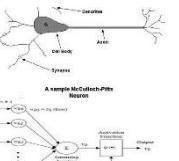
Perceptron (1960) PDP-10 (1966)



Deep Blue (1997)



Cortana (2014)



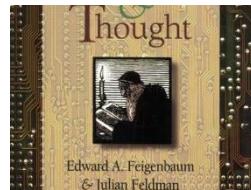
Réseau neuronal (1943)



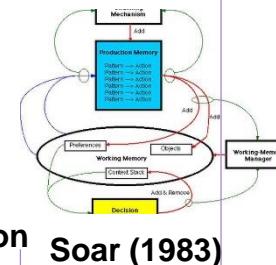
The Logic Theorist (1956) LISP (1958)



Reconnaissance et adaptation (1963)  
LISP (1958)



Edward A. Feigenbaum & Julian Feldman



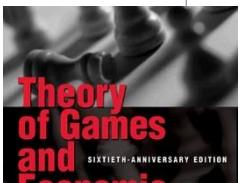
Soar (1983)



Siri et Google Now (2011)



IBM Watson /Jeopardy (2011)



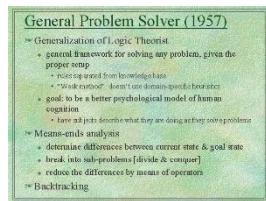
Konrad Zuse Z3 (1941)



The General Problem Solver(1957)



Jeu de dames (1951)



Le premier système expert (1965)

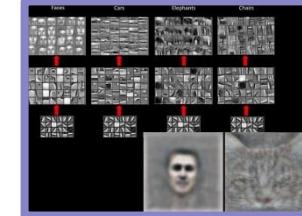


Prolog (1972)

DART (1991)



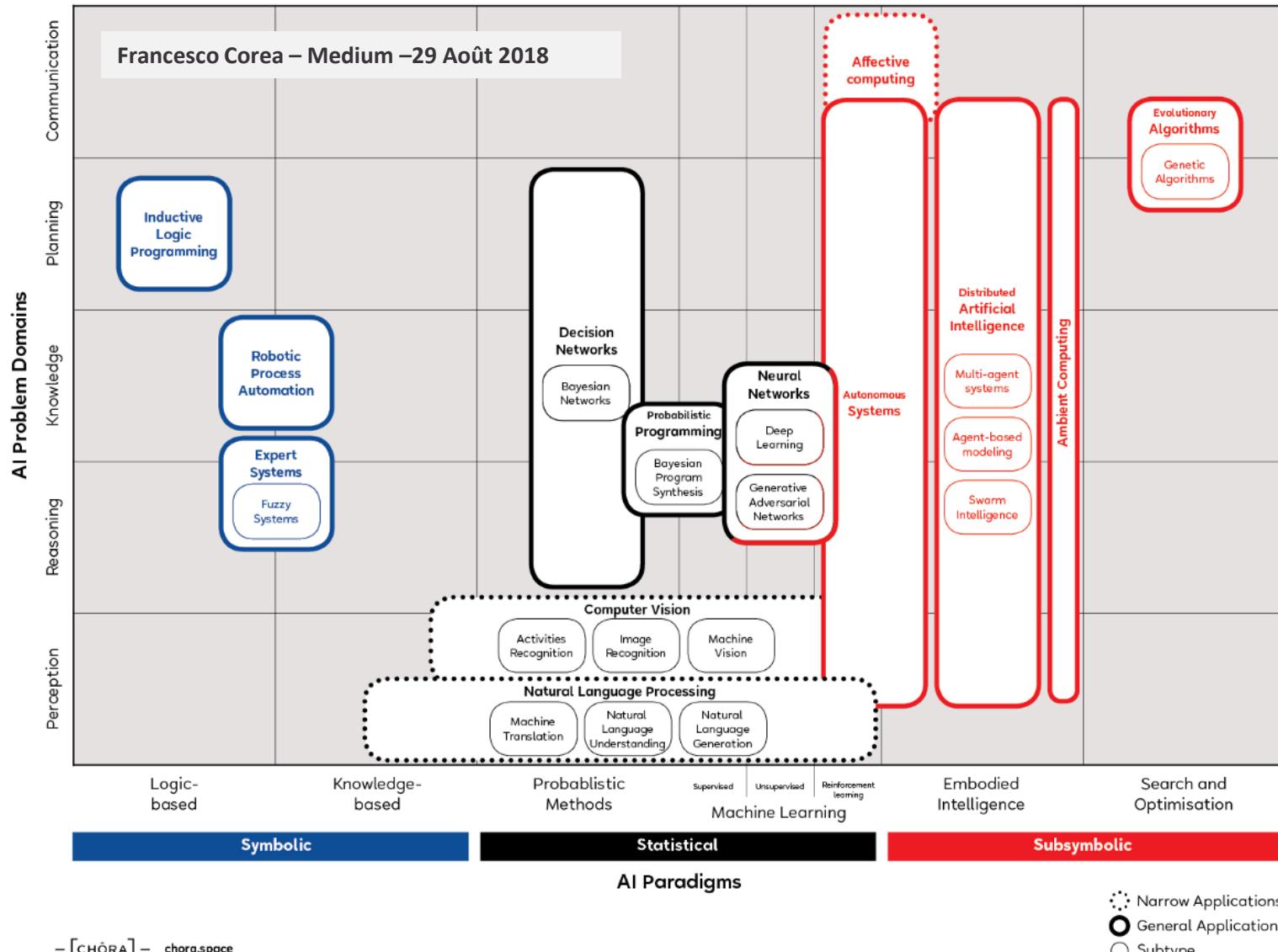
Deep Learning (2012)



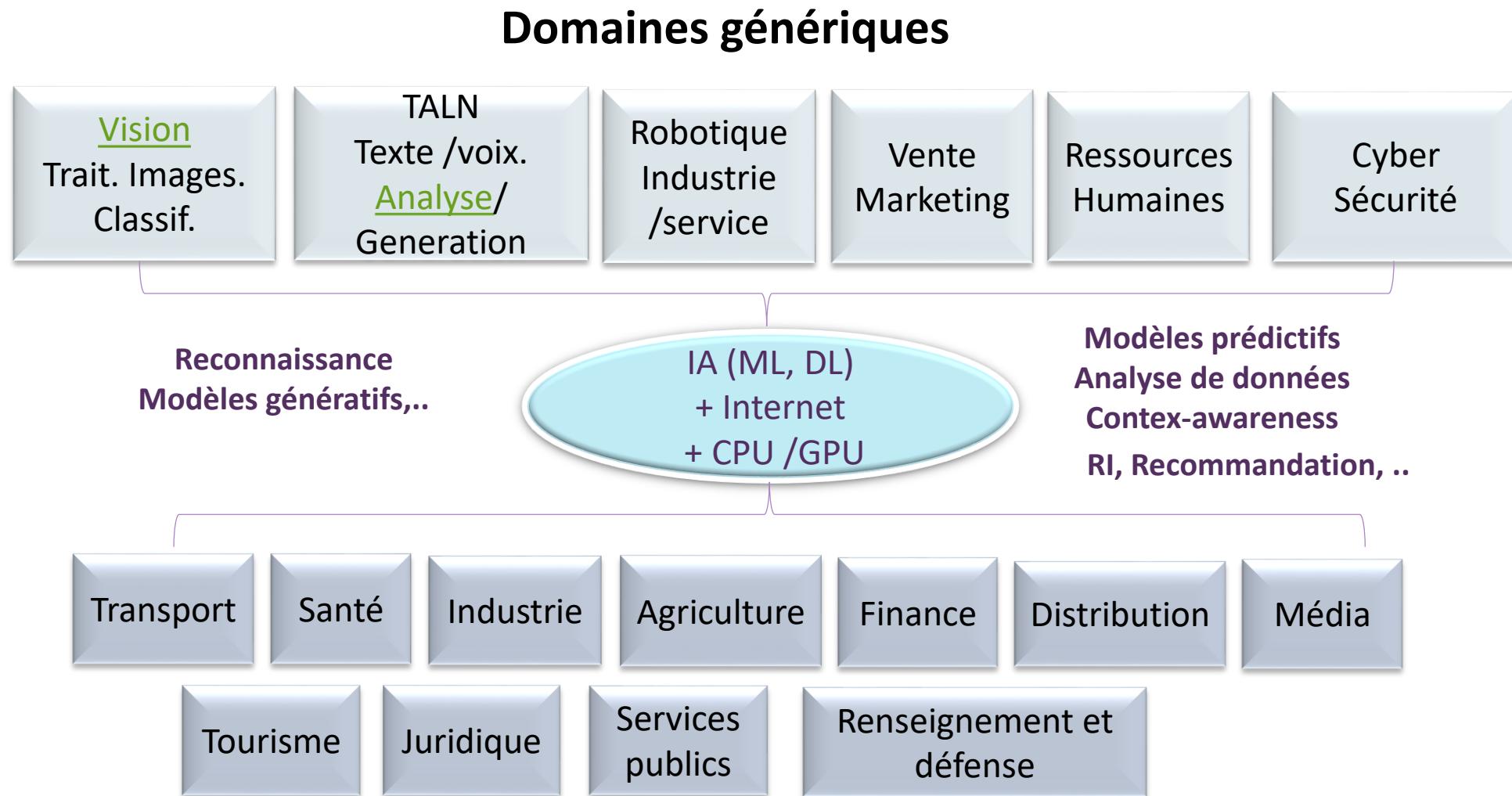
Google AlphaGO (2016)

# L'I.A. aujourd'hui

# Paradigmes de l'I.A.



# Domaines de transformation, Humain-IA



# IA actuelle (ML/DL) : Défauts et Défis

- Biais des données
  - Diversification et représentativité des données
  - Manque de « bon sens » -- Dérapage des IA (Étique)
  - Pistes: Auto-génération de données / simulation
- Apprentissage en continu /(Internet /corpus)
  - Mise en situation / expérience / appropriation ?
  - Transfert d'Apprentissage (Transfer Learning)
  - Généralisation et adaptation
- Boite Noire: Non intelligibilité
  - Pouvoir explicatif
  - Contrôlabilité , Acceptabilité

# Paradigmes de l'I.A.

Amal El Fallah-Seghrouchni

## Autonomie

Représentation des connaissances,

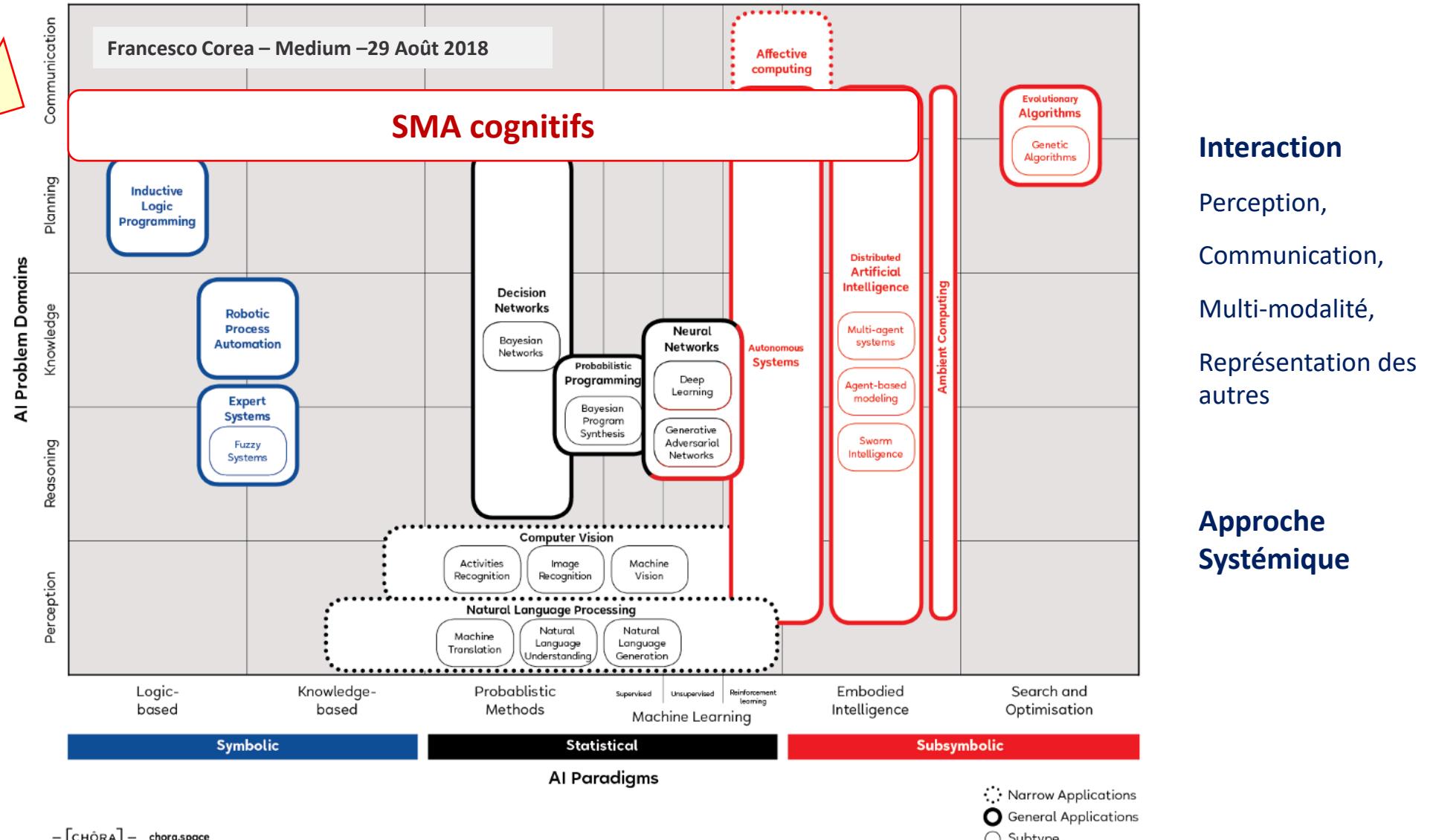
Planification et action,

Raisonnement et prise de décision

Apprentissage,

Optimisation,

Simulation, ...



# Les SMA, un changement de paradigme (1/3)

De l'individuel au collectif

## Paradigme de l'Intelligence Artificielle Distribuée (I.A.D.)

Concevoir, développer, simuler des systèmes complexes sous forme  
d'organisations d'agents autonomes en interaction



Simulation urbaine



Emergence  
Chorégraphie



Gestion du trafic



Etude de systèmes complexes



Allocation de tâches & Coordination



Interaction H/M



Résolution distribuée  
de problèmes

# Les SMA, un changement de paradigme (2/3)

## Distribution du contrôle et des connaissances

Contrôle de la complexité

### Distribution fonctionnelle

- Multi-expertise / points de vue multiples ;
- Décomposition de problèmes et allocation de tâches ;

### Distribution physique

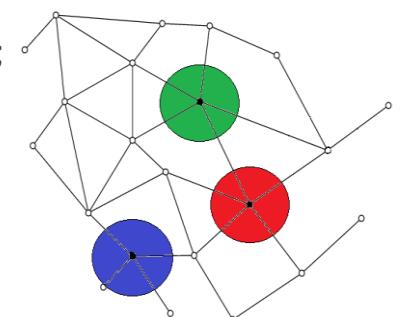
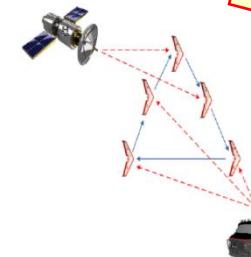
- Problèmes intrinsèquement distribués : flottille de drones en formation, réseaux, contrôle aérien;
- Robotique mobile, véhicules autonomes ;

### Distribution informatique

- Développement de machines parallèles ;
- Développement des langages à objets / parallèles ; des architectures distribuées ;

### Faire coopérer des systèmes pré-existants, hétérogènes, distribués, autonomes

- Sources d'information dans le web, workflow inter-organisationnel.
- Initiatives mixtes impliquant Humains et Agents



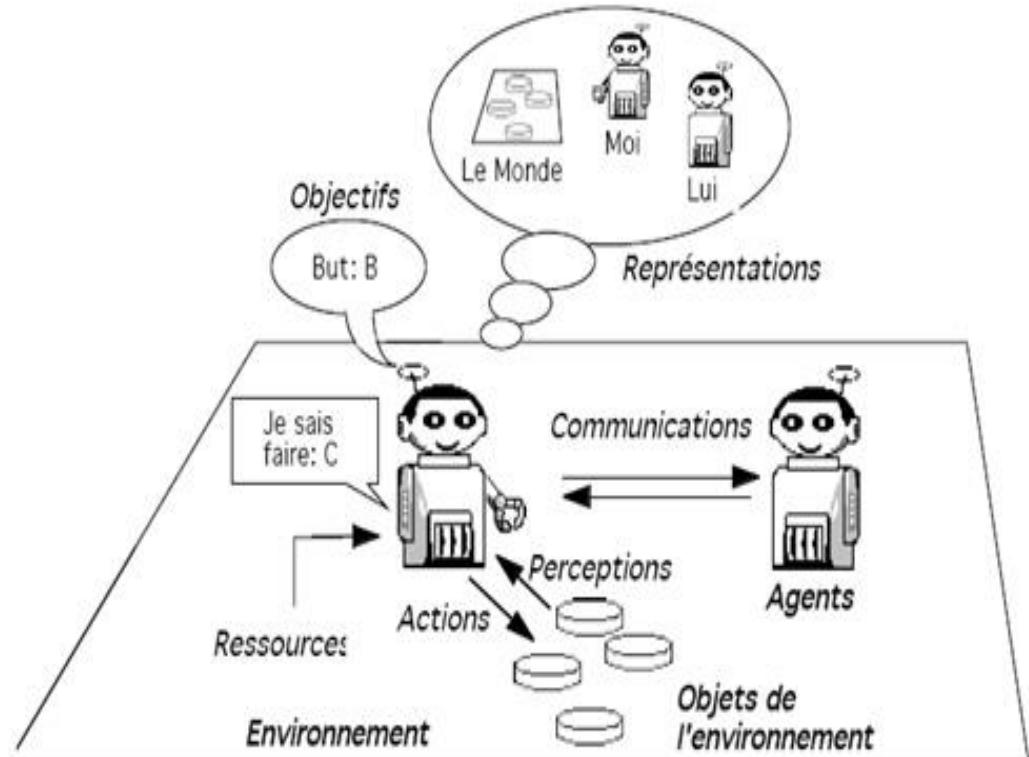
# La notion d'agent

Autonomie &  
Robustesse

La clé de voûte d'un agent est sa capacité à agir, à observer ses actions et  
à en changer le cours par apprentissage et en toute autonomie

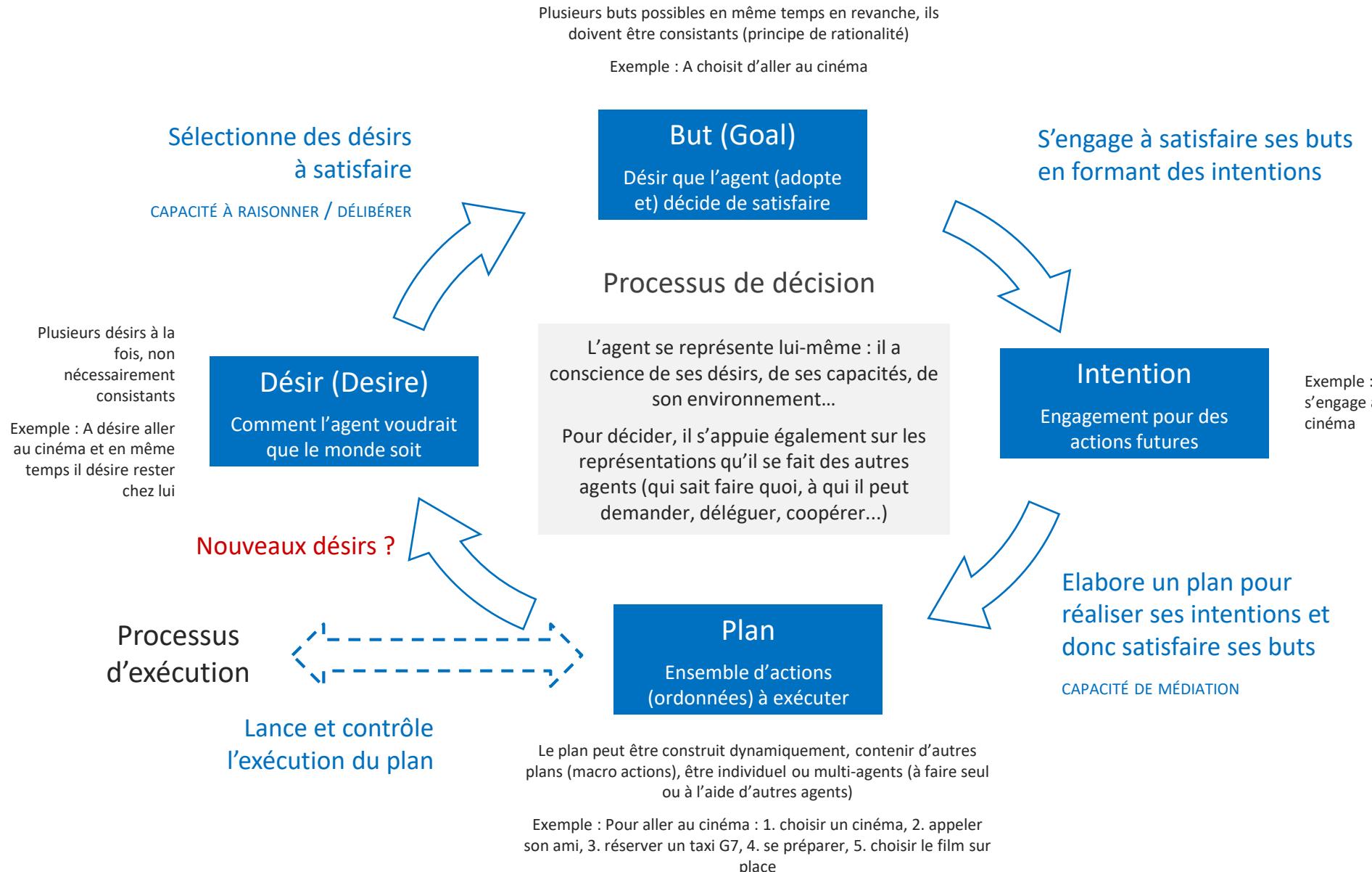
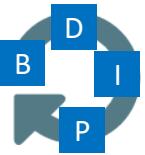
Un agent est une entité réelle ou virtuelle

- évoluant dans un environnement,
- capable de le percevoir et d'agir dessus,
- qui peut communiquer avec d'autres agents,
- qui exhibe un comportement autonome,
- lequel peut être vu comme la conséquence
  - de ses connaissances (= représentations),
  - de ses interactions avec d'autres agents
  - et des buts qu'il poursuit



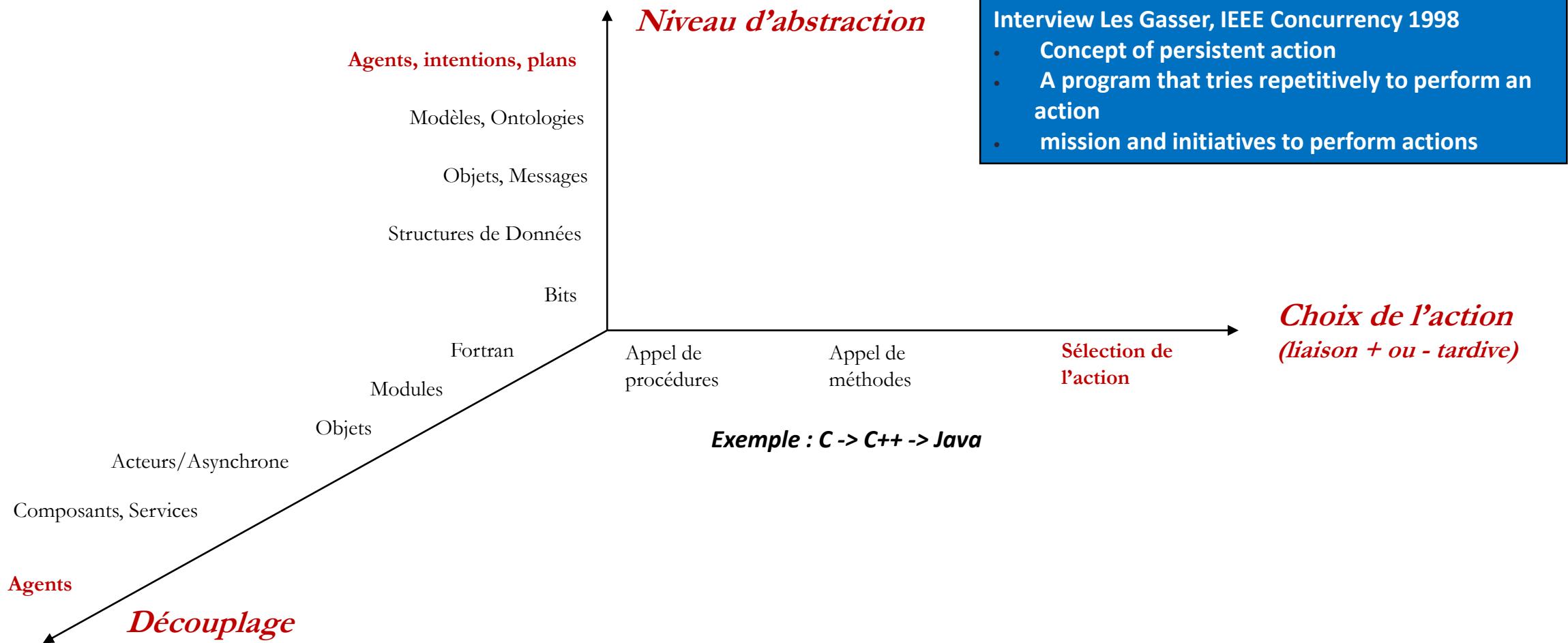
Définition d'un Agent Intelligent (Jacques Ferber, 1996)

# L'agent a un comportement dirigé par ses buts

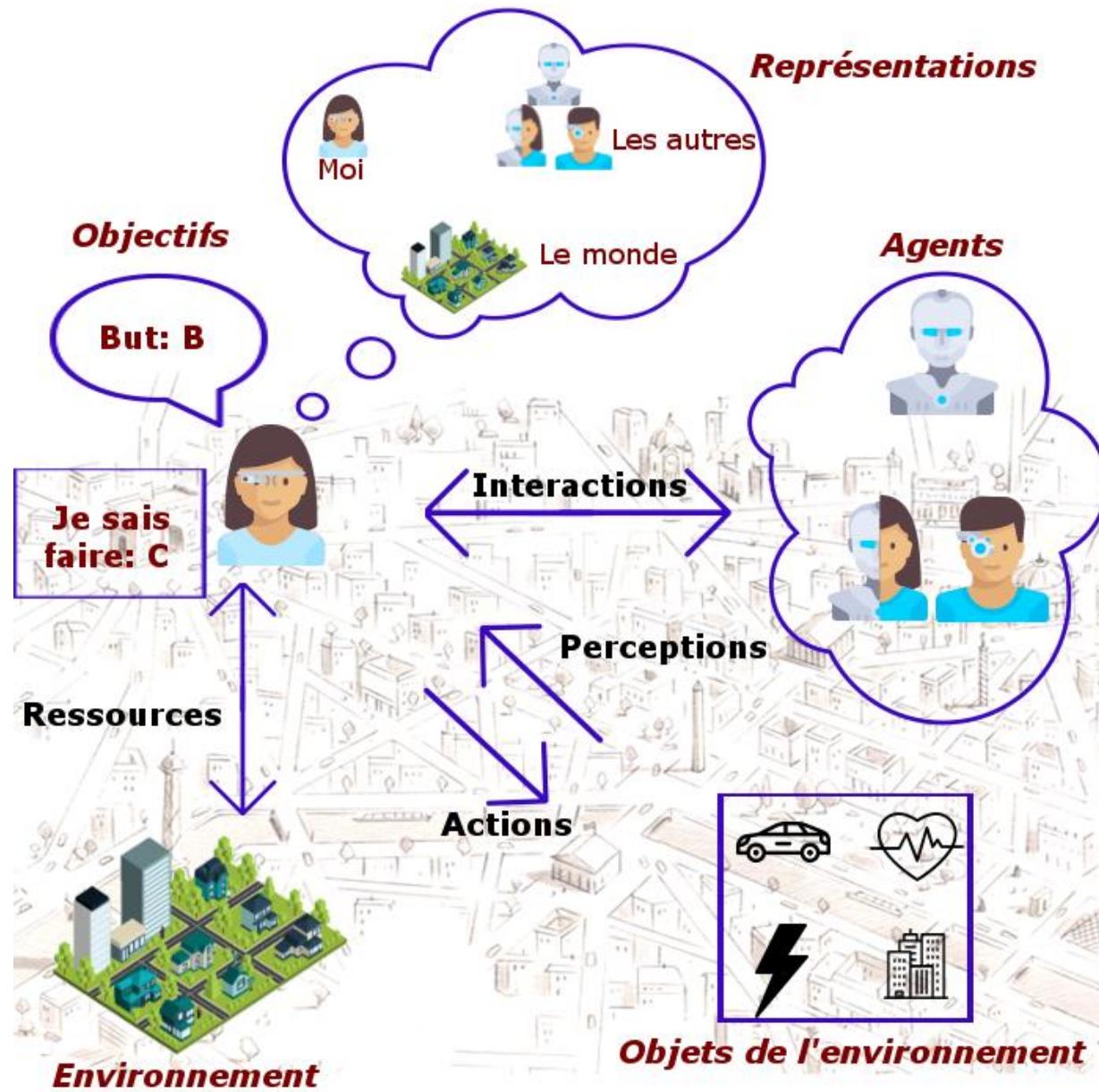


# Les SMA, un changement de paradigme (3/3)

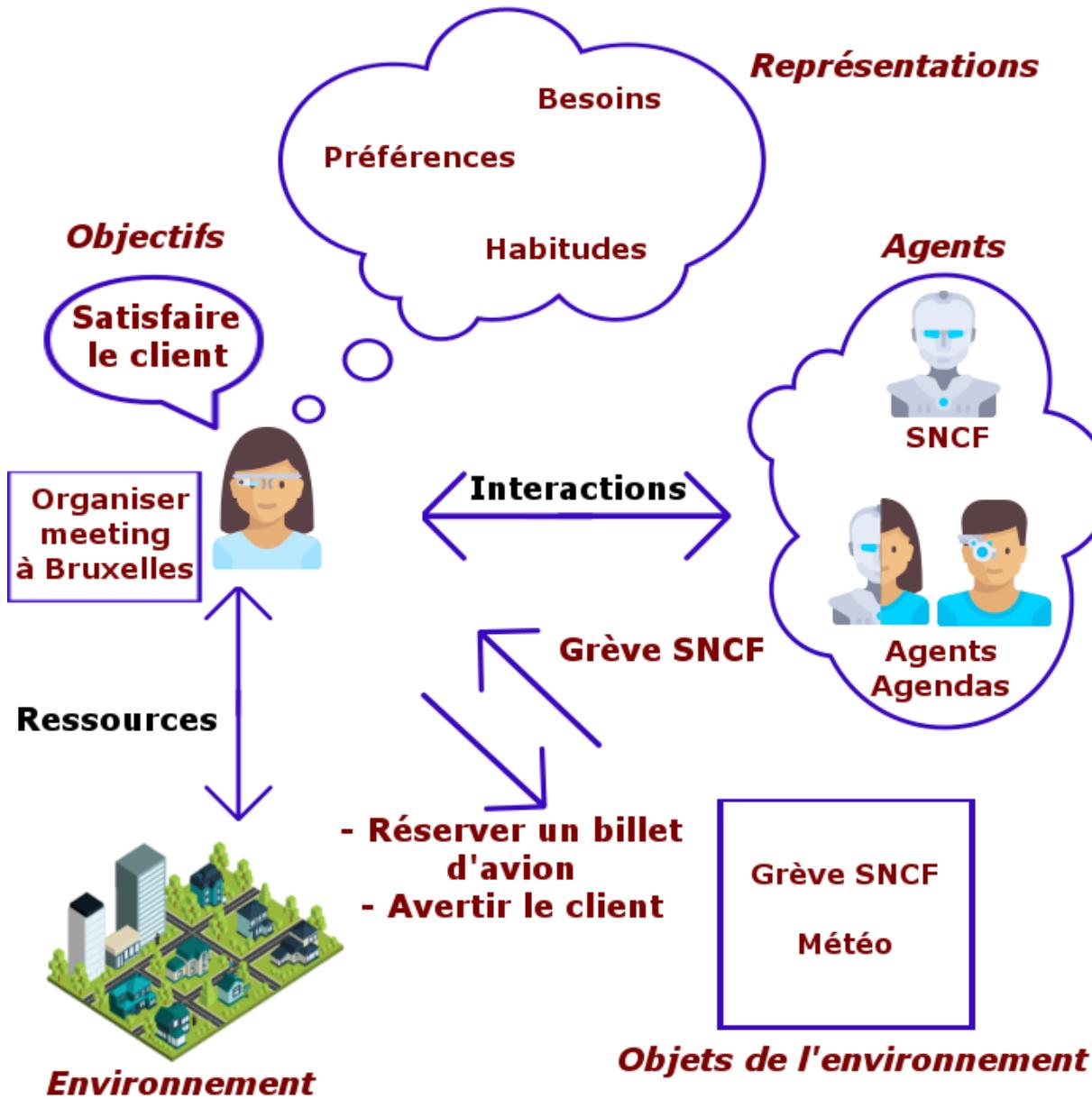
## Langages, plateformes et méthodologies



# Exemple d'un agent assistant



# Agenda Intelligent Personnel



# Défis de l'I.A. identifiés dans le rapport France-IA

# Systèmes de décision & Incertitude

Défi

- Décider sous **incertitude** : certaines décisions ne sont pas répétées et **ne doivent pas être prise sur la base de « bonnes moyennes »**
- Intégrer **l'attitude pessimiste ou optimiste** du décideur en cas d'incertitude épistémique (ex. information manquante)
- Expliquer, argumenter les décisions prises
- Proposer des **options susceptibles d'être intéressantes** pourvu que certaines actions complémentaires accompagnent la décision
- Proposer des **plans d'actions** et non pas que des décisions isolées

# Projet Dem@t-Factory

## Supervision multi-agents de systèmes distribués

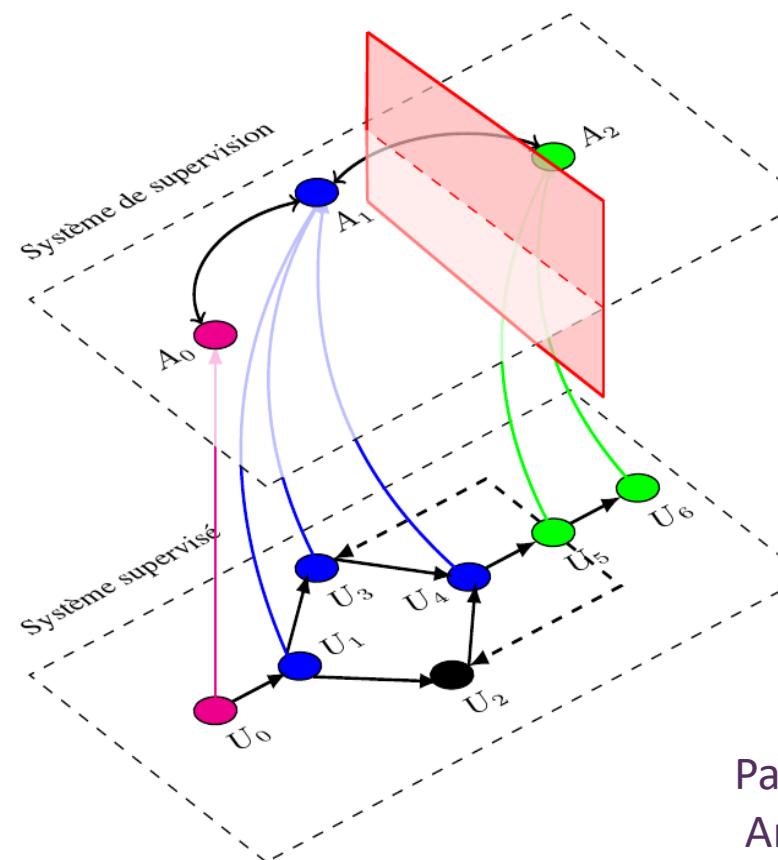
Résolution distribuée et coopérative de problèmes

Dématérialisation des documents de la BNF



### Système supervisé

- Fautes multiples
- Communications asynchrones



### Système de Supervision

- Information incomplète
- Communications incertaines

Partenaires Banctec,  
Artemis (Expert System), ..

# Projet Dem@t-Factory

## Système de supervision multi-agents

- Agents cognitifs autonomes
- Diagnostic et réparation distribuée
- Architecture robuste aux pannes de communications
- Réactivité dépendante du degré d'aversion au risque considéré

## Coordination et atteinte de consensus en environnement asynchrone

### Prise de décision « *anytime* » dans l'incertain

#### Validation

- Plateforme d'émulation
- Hypothèses et données réelles
- Démonstration des capacités de l'approche (temps de réponse)
- Démonstration de la générnicité des méthodes proposées

# Systèmes de planification

## Actions conjointes / Planification collaborative

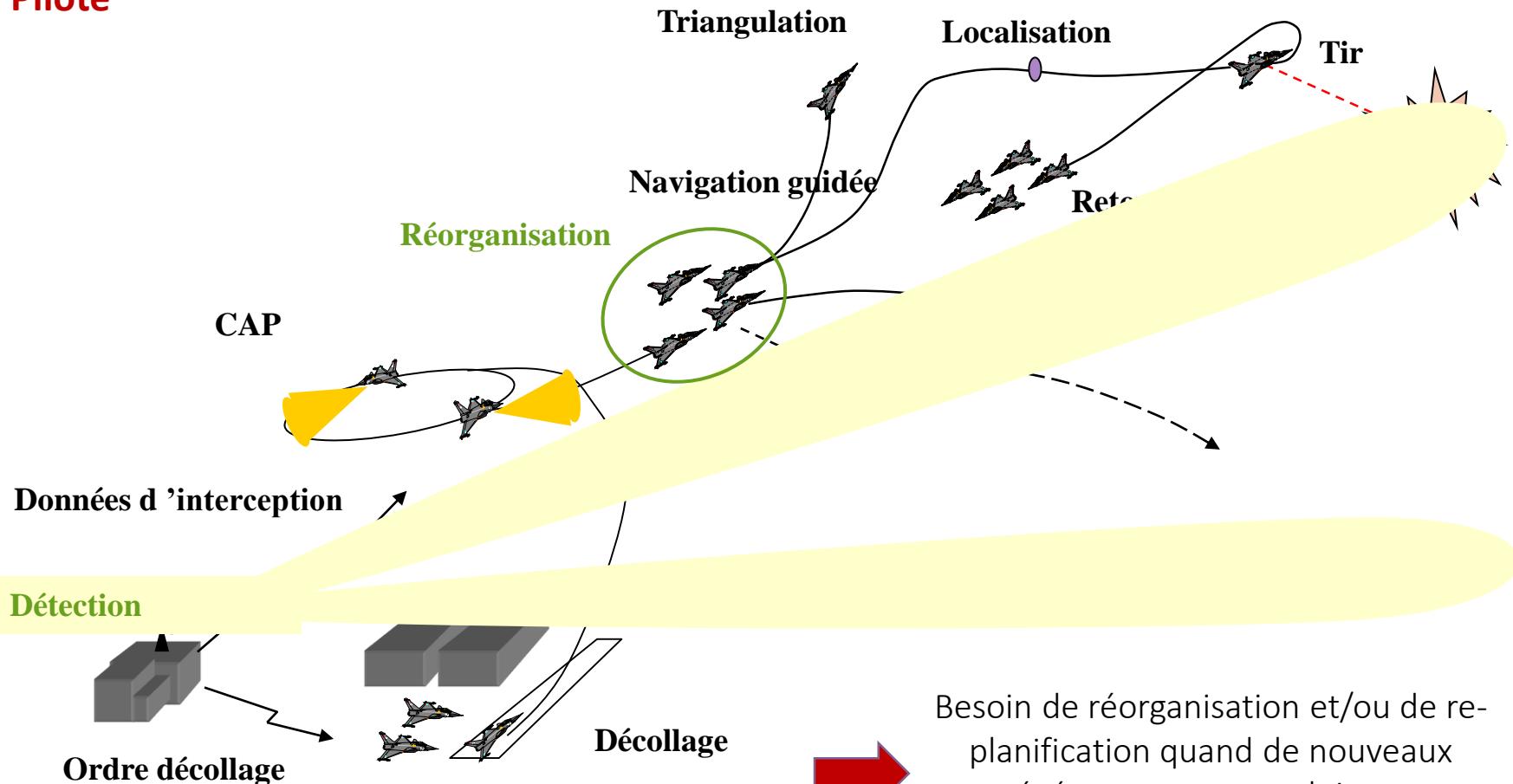
Défi

- **Partager** des informations sur l'environnement, sur leurs objectifs communs ou individuels, et sur la manière d'accomplir les tâches.
- **Maintenir** une communication leur permettant d'inférer que le **co-acteur** est bien **engagé** dans la tâche commune.
- **Elaborer un modèle** de l'autre, de ses connaissances et de ses intentions, ce qui exige une capacité de prise de perspective et de raisonnement sur autrui.
- Prendre en compte les contraintes temporelles,
- **Inclure les actions** qui seront effectuées par l'autre agent
- **Intégrer** des actions de **coordination**

# Planification de missions aériennes

## Une Mission d'Interception

Agent : Pilote



# Systèmes de recommandation

## Sérendipité

Défi

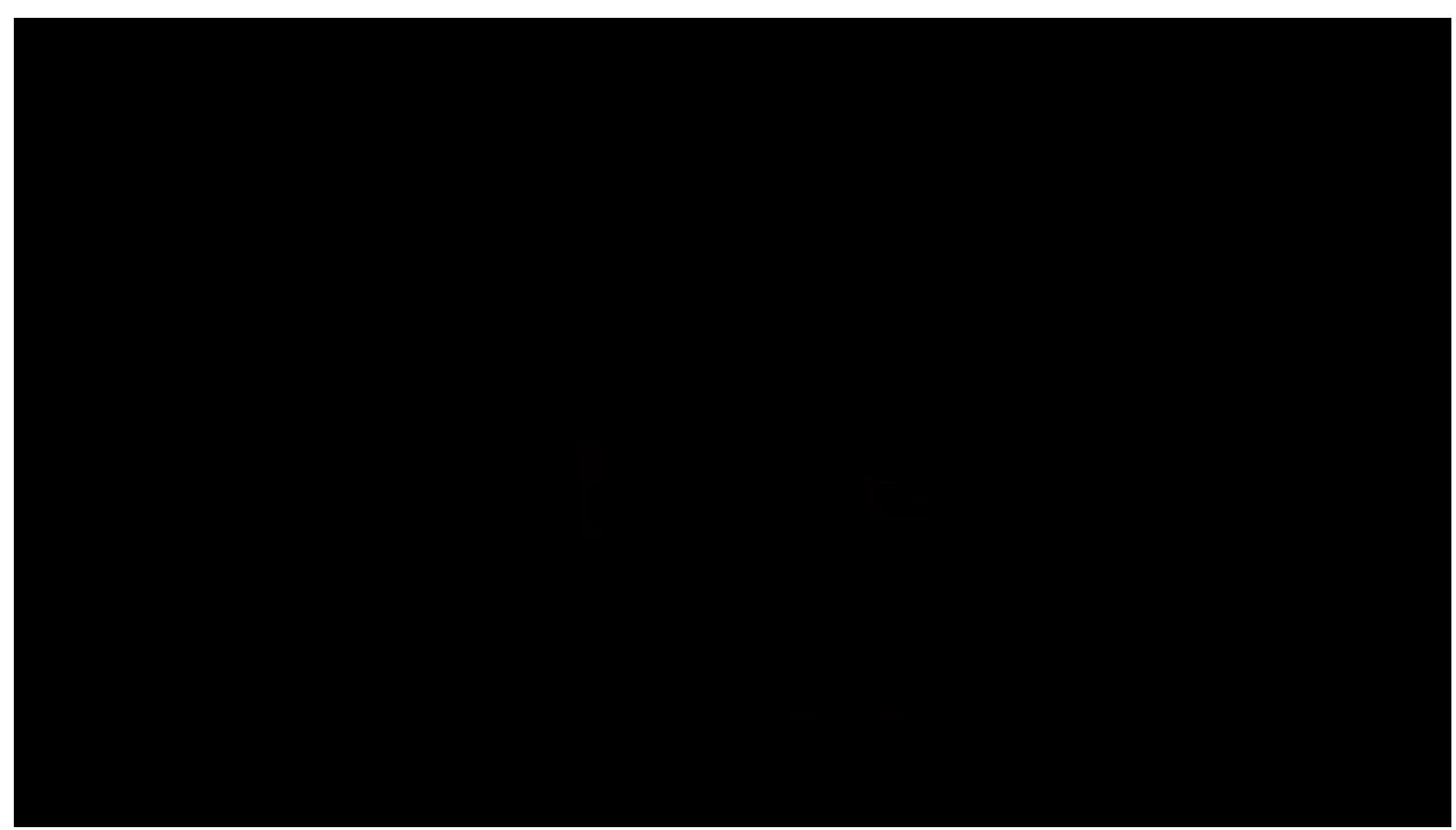
- **Prédire l'évaluation** qu'un client potentiel peut faire d'un produit, sur la base des évaluations données par le client et d'autres clients sur différents produits,
- gérer le problème de la **sérendipité**, c.à.d la capacité à proposer des choses nouvelles, plutôt que seulement des produits trop semblables à ceux déjà bien notés par le client,
- **Expliquer** les propositions en référence aux choix précédents du client, et à ce qu'on a pu apprendre de son profil ou de ses préférences.

Question ouverte : Comment « programmer » la sérendipité ?

# Robotic Assistance in Coordination of Patient Care

MIT

Gombolay, M., X. Jessie Yang, B. Hayes, N. Seo, Z. Liu, S. Wadhwania, T. Yu, N. Shah, T. Golen, and J. Shah



# Intentionnalité et Emotions

Défi

- Détection et reconnaissance chez l'humain à partir de **signaux multimodaux** (e.g., acoustiques, visuels, parole, texte)
  - **Simulation** par la machine (comme par le comportement non-verbal d'un robot, la voix de synthèse émotionnelle)
  - **Adaptation** de la machine aux émotions et intentions des utilisateurs
- 
- Large variété d'émotions et d'intentions dans une interaction
  - Analyse de signaux multimodaux et fusion
  - Modèles d'adaptation sont des modèles de raisonnement du **processus cognitif de l'humain et des modèles de stratégies de dialogue**

# Projet Terra Dynamica (FUI 8)

## Objectifs

- Simulation d'une ville virtuelle (100000 acteurs)
- 4 domaines d'applications immédiats
  - Urbanisme
  - Transport
  - Jeu vidéo
  - Sécurité
- 3 contraintes fortes
  - Environnement complexe et dynamique
  - Grand nombre d'agents
  - Temps réel



**THALES**

**LIP** UPMC  
IUT PARISUNIVERSITAS

**KT**  
GAMES

**CiTU**  
PARAGRAPHE

UNIVERSITÉ  
**PARIS 8**  
VINCENNES SAINT-DENIS

**IFSTTAR**

**BeTomorrow**  
Your partner for innovative solutions

**STAR-APIC**

**davi**

**le cnam**

**dgcis**

direction générale de la compétitivité  
de l'industrie et des services

**y'**

**Yvelines**  
Conseil général

**Île de France**

**MAIRIE DE PARIS**

**RÉGION**  
**Aquitaine**

**Seine-Saint-Denis**  
LE DÉPARTEMENT

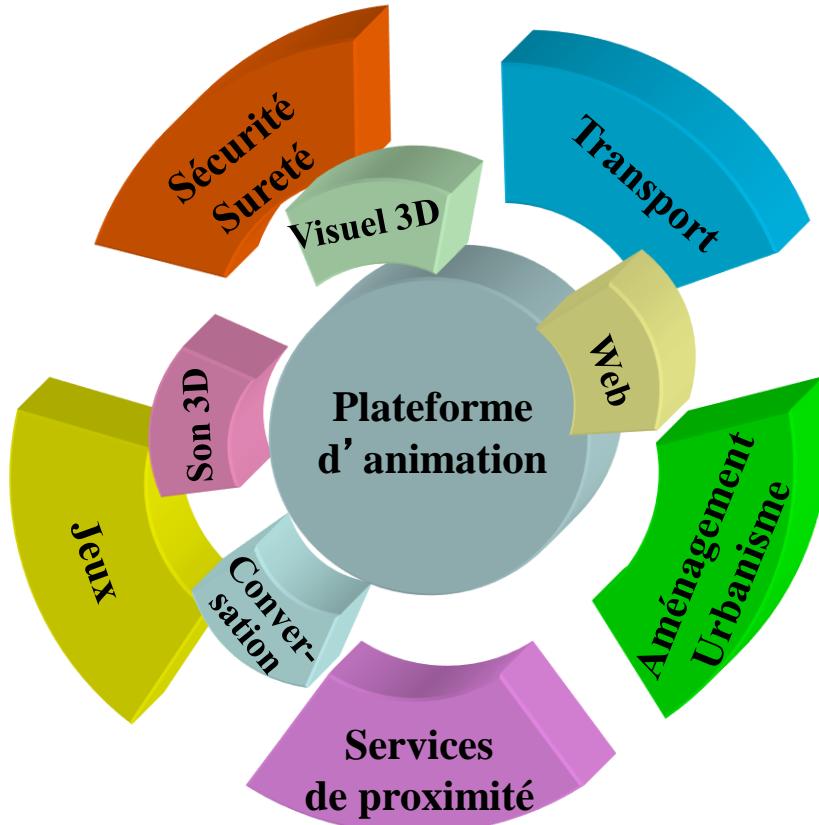
**val**  
**d'Oise**  
le département

**advancity**  
ville & mobilité durable

**cap-digital**  
Paris Region

**TERRA DYNAMICA**

# Apport des SMA au projet TerraDynamica



Projet d'équipe SMA : **4 permanents et 6 doctorants**

**SMA : Leader, Contributeur**

## Plateforme D'animation

- **Environnement**
  - moteur physique
  - cartographie sémantique
- **IA « bas niveau »**
  - « path planning »
  - « path following »
  - « avoidance »
- **IA « haut niveau »**
  - comportement réactif
  - comportement cognitif
  - coordination multi-agents
- **Facteurs humains**
  - moteur motivationnel & émotionnel
- **Scénarisation**
  - scénarios adaptatifs

# TerraDynamica

*Représenter la « vie dans la ville »*

*Accent mis sur la crédibilité des personnages et la modélisation multi-niveaux*

Fournir une simulation interactive temps réel des acteurs urbains (animation et représentation) dans la suite de la modélisation & visualisation urbaine réalisée dans le cadre du projet *TerraNumerica*.



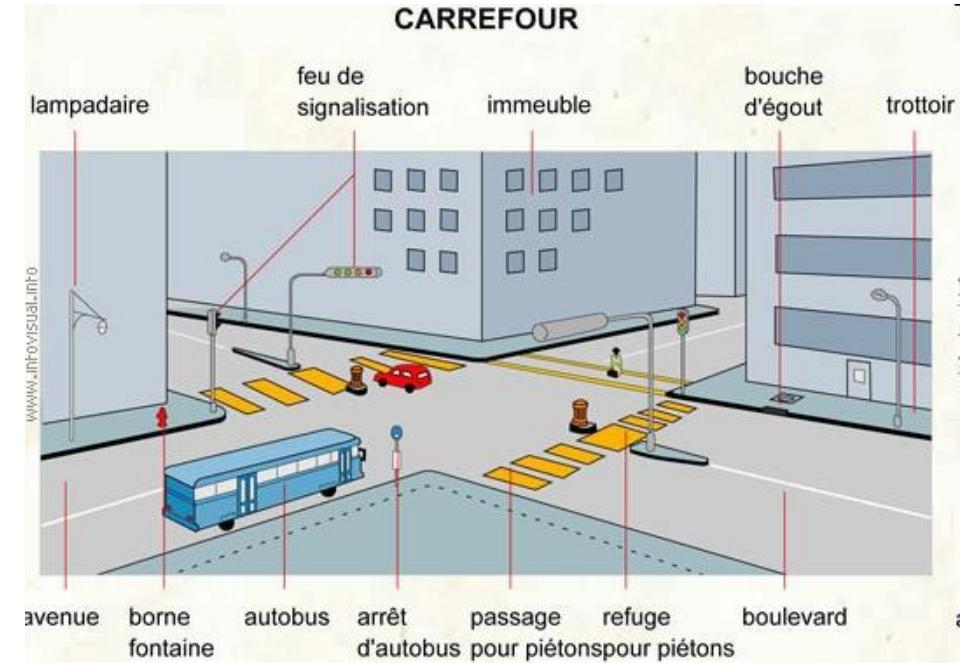
# Simulation des déplacements en milieu urbain à l'aide d'un module sémantique

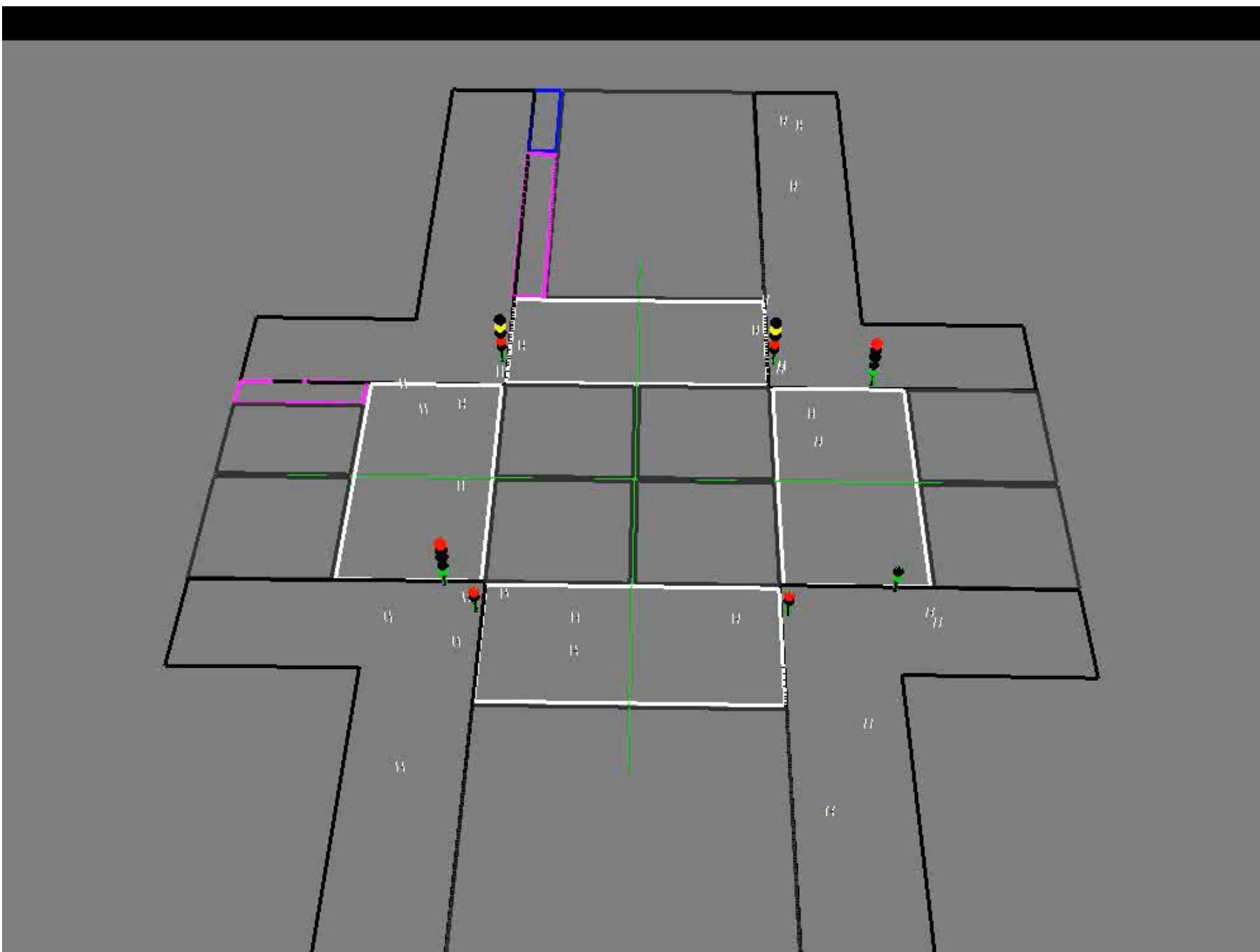
Environnement urbain *complexe*



Donner un sens aux composants de l'environnement  
Définir des algorithmes de navigation qui permettent  
d'interpréter et d'intégrer ces données sémantiques

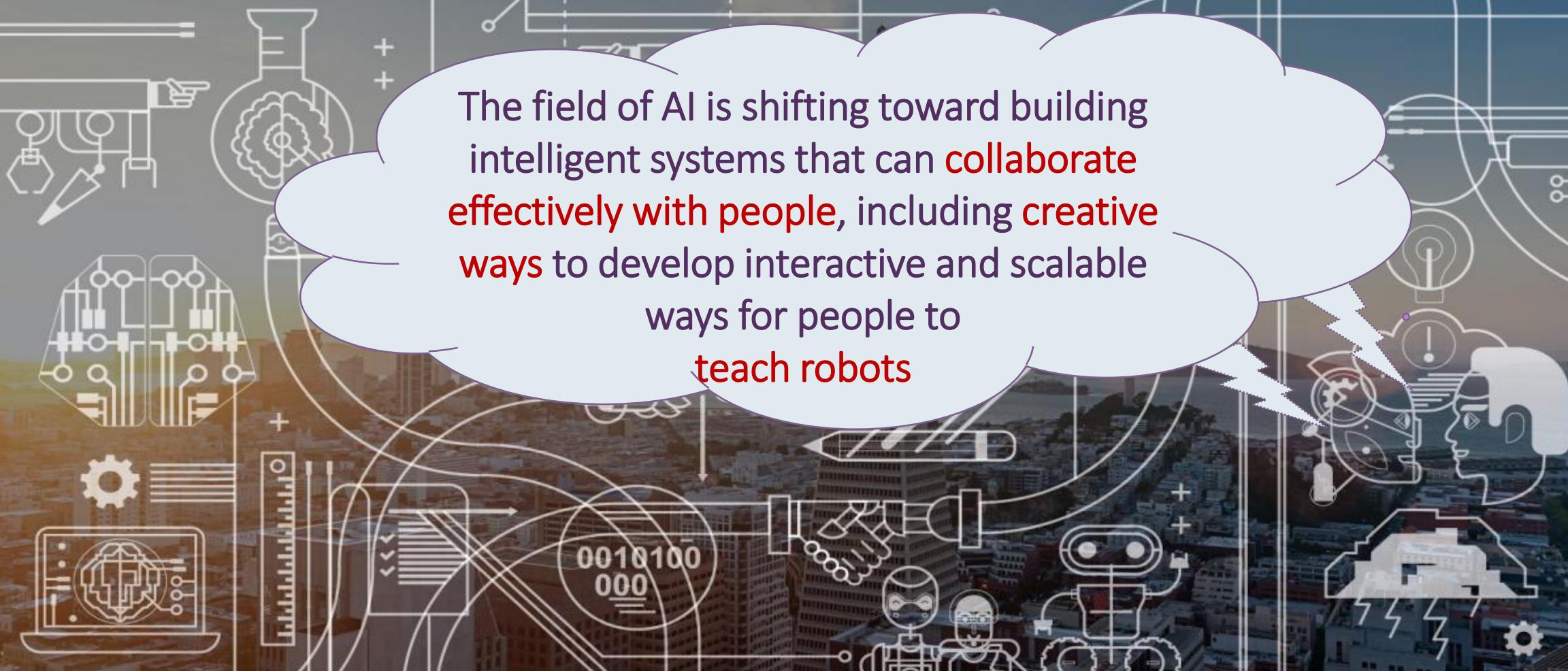
Vidéo





# Trends on AI [Stanford, 100 Years of A.I.]

Stanford University - One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100)



The field of AI is shifting toward building intelligent systems that can **collaborate effectively with people**, including **creative ways** to develop interactive and scalable ways for people to **teach robots**

# Conclusions du rapport de Stanford

## Aller vers des **systèmes collaboratifs**

Développer des systèmes autonomes qui peuvent travailler en collaboration avec d'autres systèmes et avec les humains

## « Sortir » des échanges stylisés en allant vers un **vrai dialogue**

Renforcer les études sur le traitement du langage naturel

## Pousser l'**apprentissage automatique à grande échelle**

Si le deep learning a donné de bons résultats en reconnaissance, l'apprentissage par renforcement aidera à apprendre des **expériences**

## Collaborer avec d'autres **thématisques** qui restent centrales

Robotique, vision, crowdsourcing, Internet des Objets (IoT)..

Systèmes multi-agents

Interaction v.s. chatbot

Renforcement/Expérience

Approche plus large

# Ville Intelligente du Futur

# Ville intelligente du futur

## Une vision

- C'est une ville **inclusive** qui offre des possibilités d'évolution et d'épanouissement à tous
- C'est une ville **solidaire**, intergénérationnelle qui incarne **l'intelligence collective**

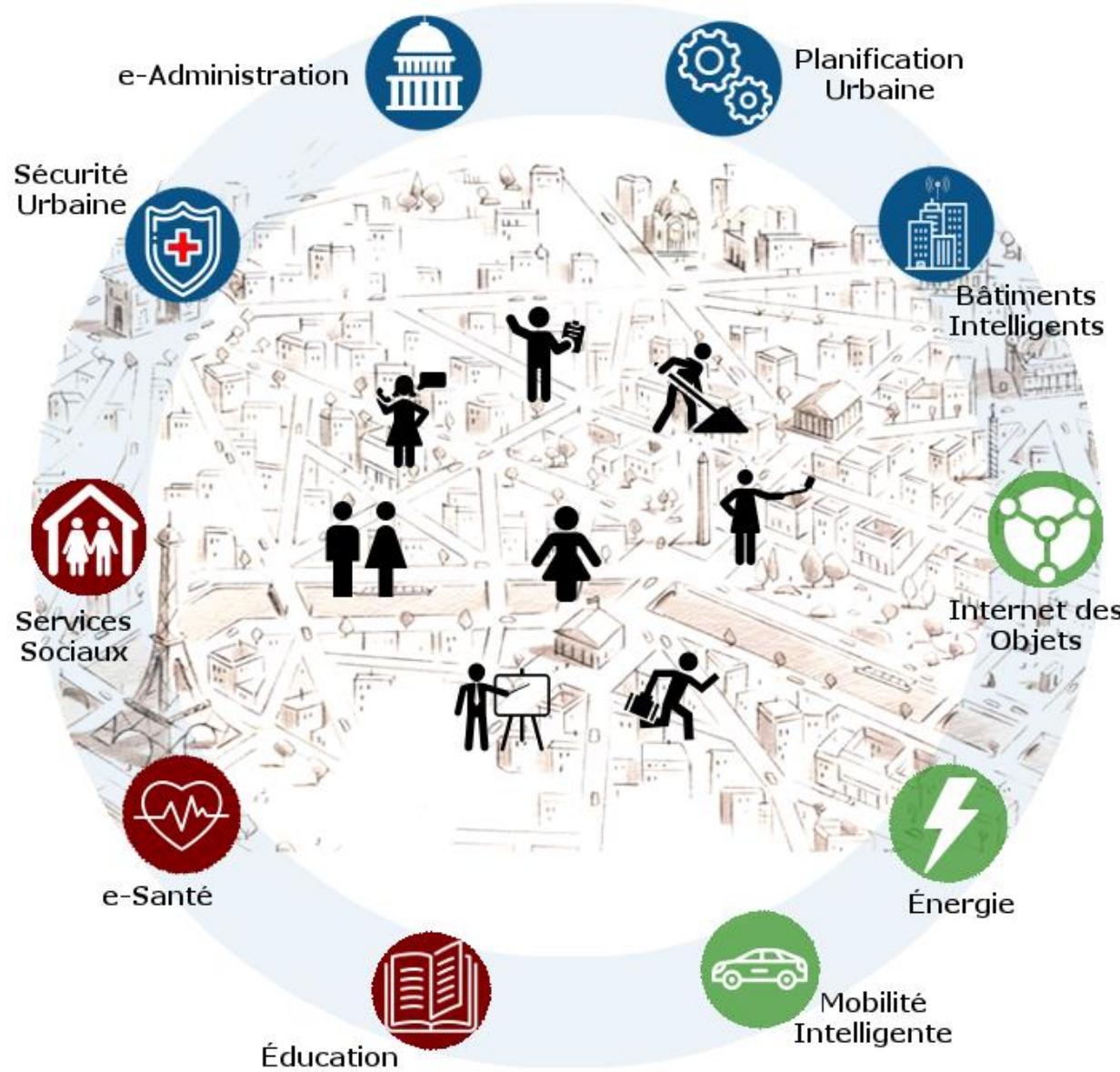
## Deux grands défis

- Un défi technologique : un haut niveau de technologies de l'information et de la communication
- Un défi sociétal : remettre l'humain au centre des développements technologiques

**Quels services offrir aux citoyens pour répondre et anticiper leurs besoins ?**

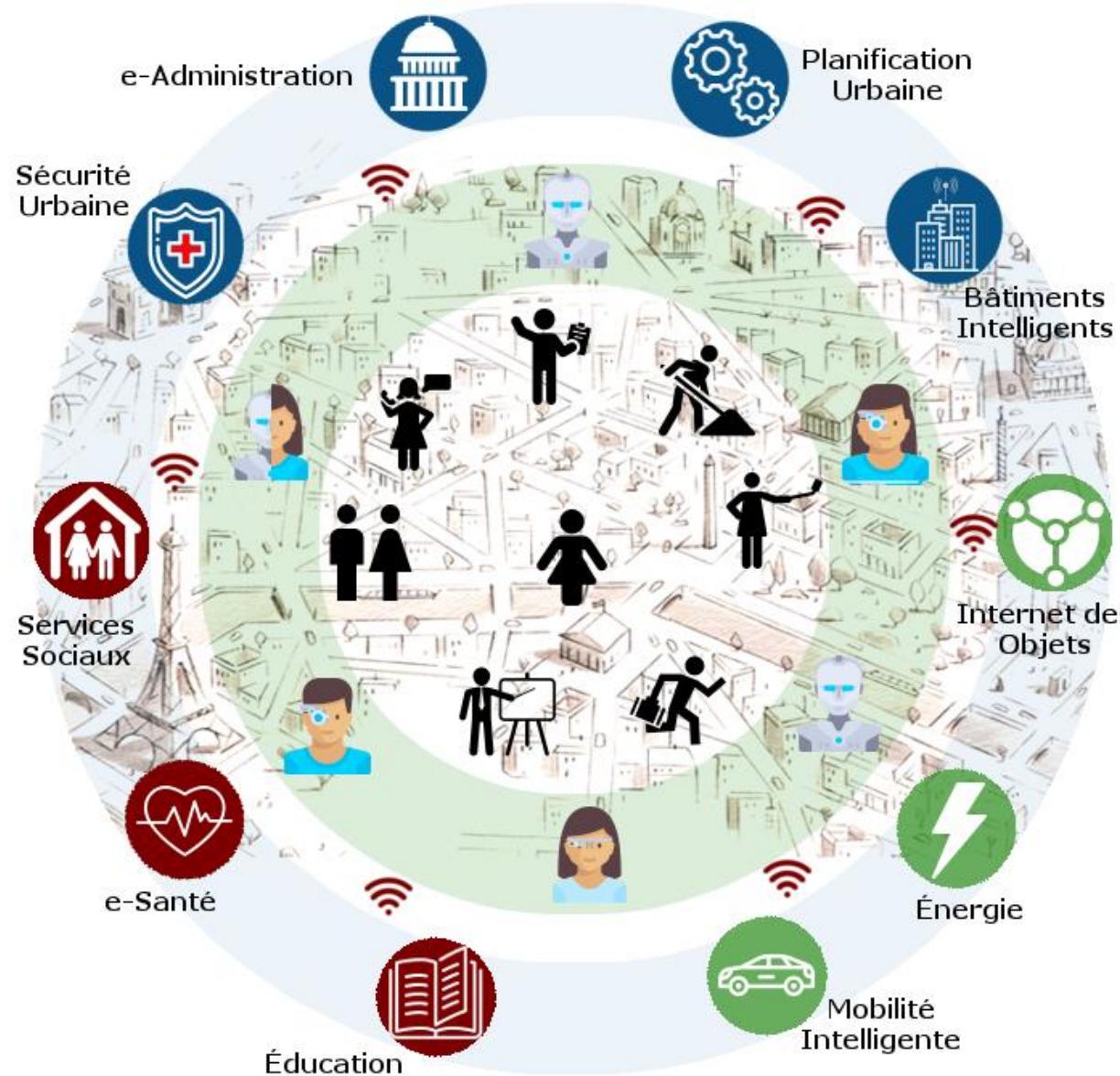
**Quels moyens mettre en œuvre ?**

# Des services intelligents

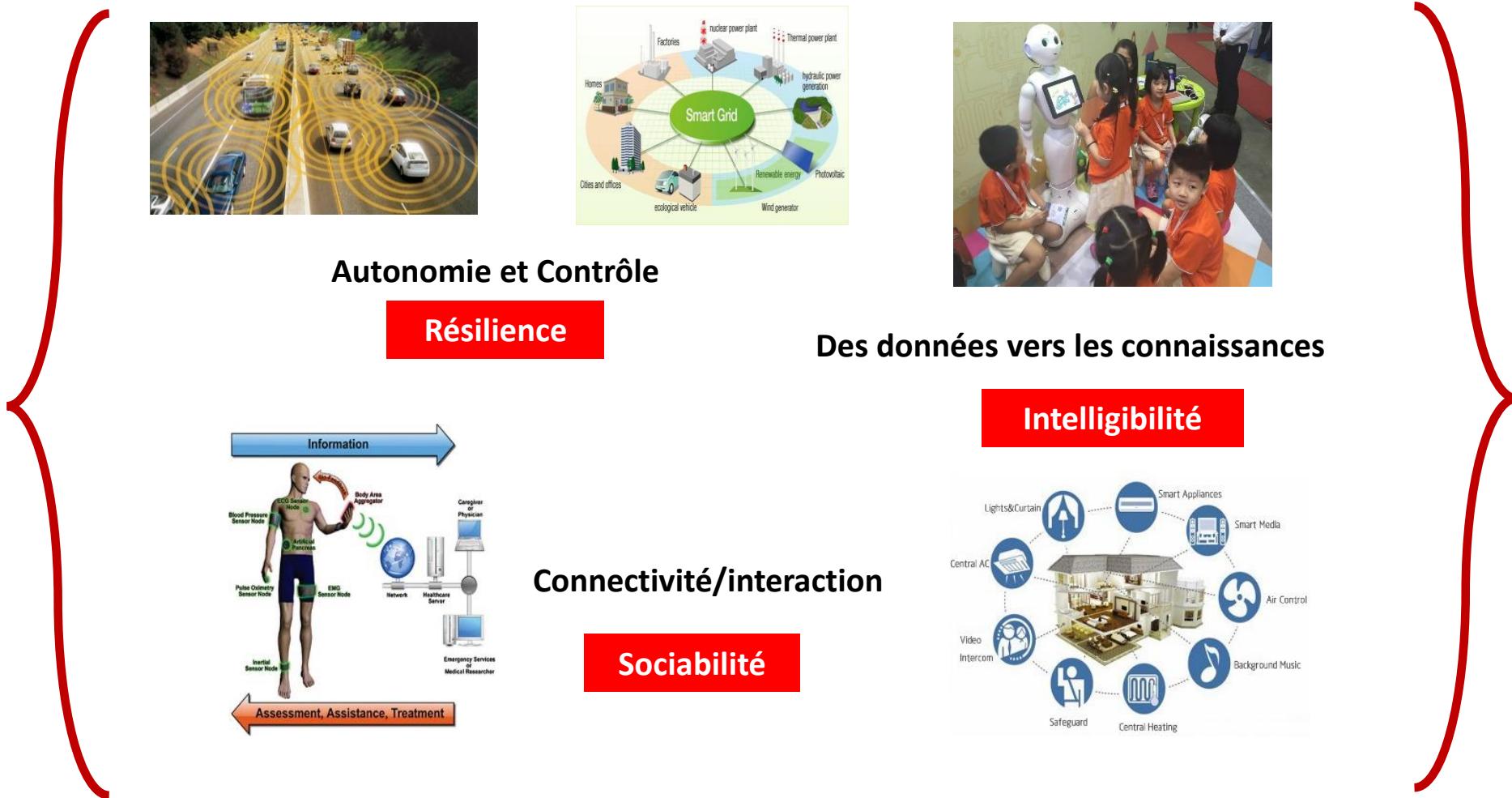


# Des services adaptés et adoptés par les citoyens

Grâce aux agents et aux SMA



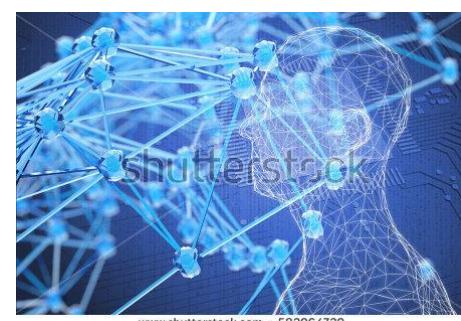
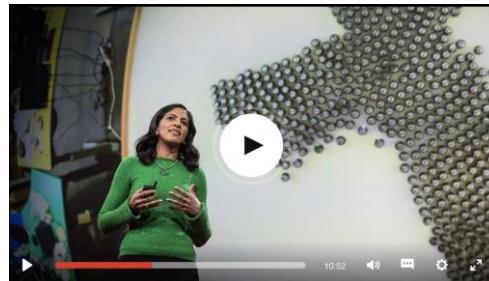
# Relever les défis de la ville intelligente du futur adopter une vision holistique de l'I.A.



# Une vision holistique de l'I.A.

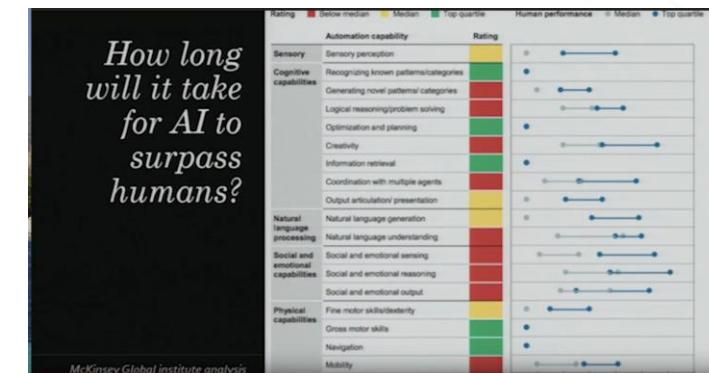
Structurer les informations du monde, se connecter à son corps et créer du sens, puis sélectionner la communication la plus efficace pour créer une culture commune permettant la coopération

## Intelligence Collective



## Intelligence cognitive

## Intelligence Sociale



## Intelligence émotionnelle



# Une vision holistique de l'I.A.

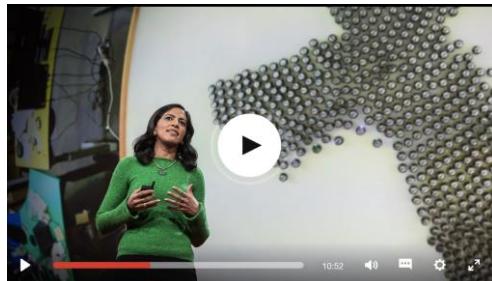
De l'intégration des outils et des solutions de l'IA à l'intégration des modèles

Co-construction du sens (IA-IA , IA-Humain, Humain-Humain (utilisant l'IA)

Explorer d'autres apprentissages (ex. Développemental / Constructiviste)

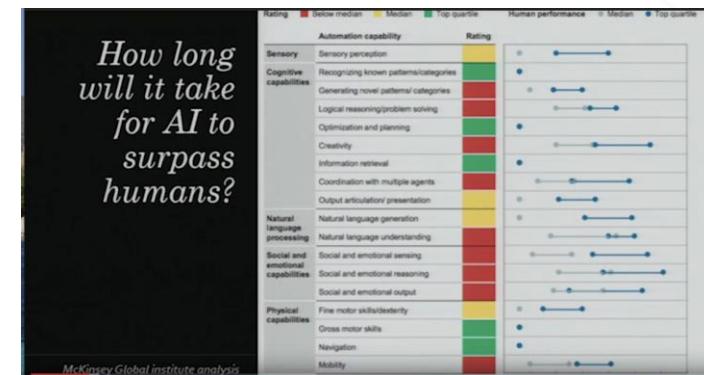
Eduquer / Former (Humain) à l' IA - Eduquer l'IA (ex. éthique , normes sociales)

## Intelligence Collective



## Intelligence cognitive

## Intelligence Sociale



## Intelligence émotionnelle



# Questions actuelles de l'IA

Comment structurer les informations que l'agent (humain ou IA) reçoit du monde?

Catégorisation /Abstraction

Comment lier au monde cette information structurée, ou, comment construire le « sens » pour l'agent (humain ou IA)?

Problem d'ancrage symbolique (Embodiment)

Comment synchroniser ce sens avec celui que perçoivent et élaborent les autres agents (Humain ou IA)? (Sans quoi, il n'y a pas de communication possible et on obtient une forme isolée, incompréhensible, d'intelligence)

Socialisation et partage de culture

Comment faire en sorte que (de façon autonome) l'agent agisse au lieu de ne rien faire (sauf si cela a du sens)?

Autonomie et pro-activité

# Pyramide cognitive

## Les 5 niveaux de la pyramide cognitive



### faculté de ressentir et de penser

ressentir (éprouver des émotions), penser (intelligence de soi, réflexivité, je ≠ autre, je = sujet + objet, s'introspecter)

### faculté de comprendre donc de s'adapter

prospecter (« *se poser les bonnes questions* », d'où la notion d'empathie) puis abstraire des connaissances sous forme de concepts reliés à d'autres concepts

### corrélation mémorisée d'informations

apprendre, prédire en extrapolant les connaissances acquises  
«  »

### donnée signifiante

modéliser, prévoir

### représentation (conventionnelle)

figurer quelque chose

Source : Bernard Georges

# Conclusion

## La ville intelligente du futur



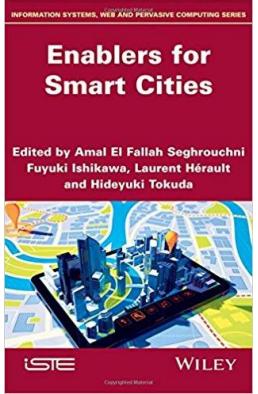
Source: Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation

Nouveaux environnements de déploiement  
Nouveaux utilisateurs et de nouveaux usages  
Nouveaux systèmes  
Nouvelle I.A.

49 % d'utilisateurs utilisent leur téléphone ou tablette au réveil avant de sortir du lit (Source : AOL, Sondage Omnibus, 2016)

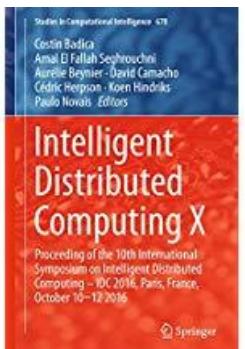
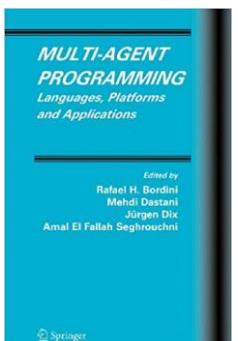
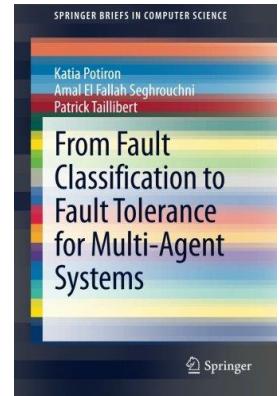
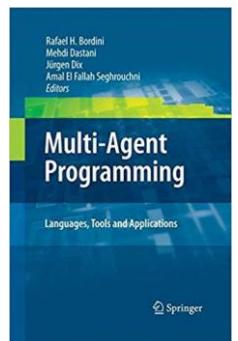
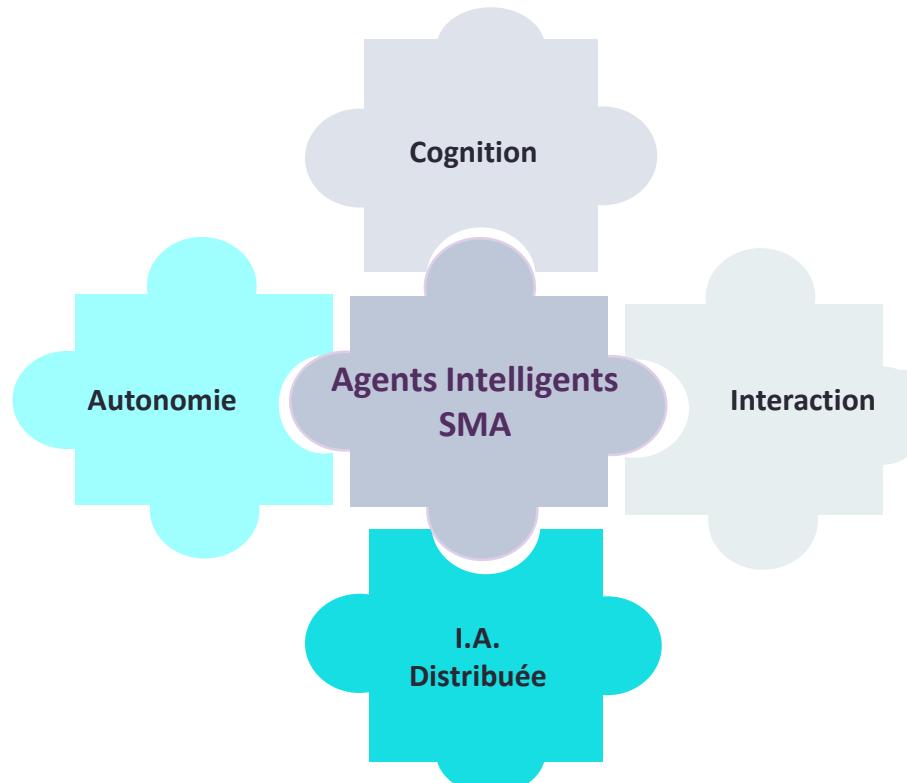
Nombre d'appareils mobiles connectés par habitant atteindra 1,5 M d'ici 2020 (Cisco Visual Networking Index, 2016)

60% des utilisateurs « ne peuvent pas vivre sans » leurs smartphones



# Merci de votre attention

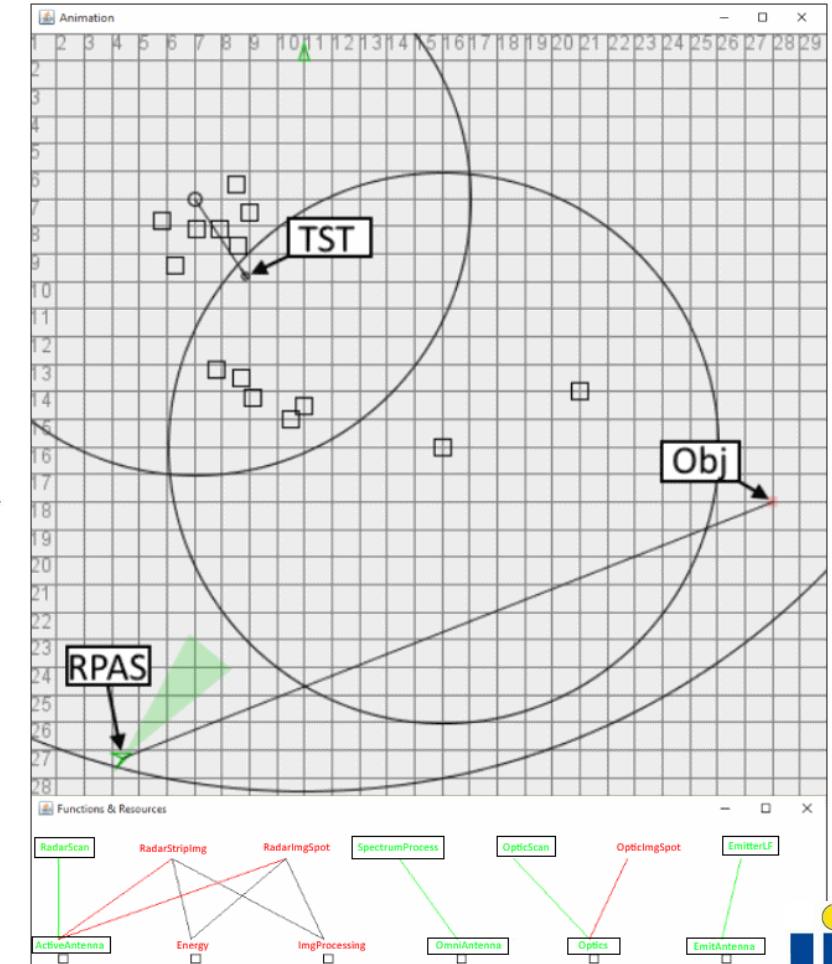
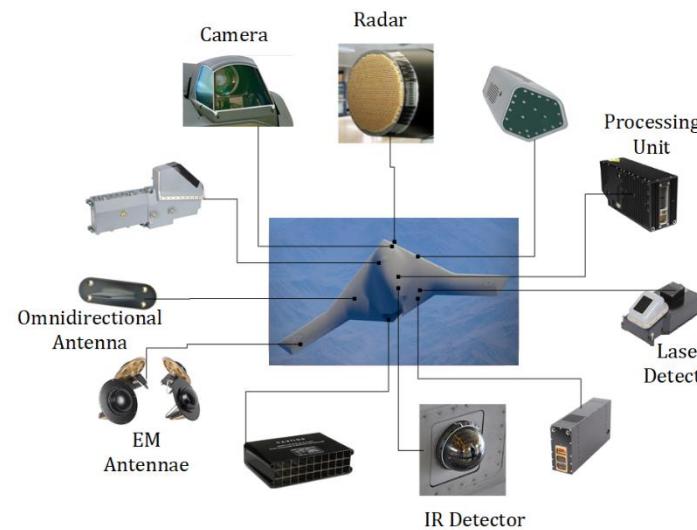
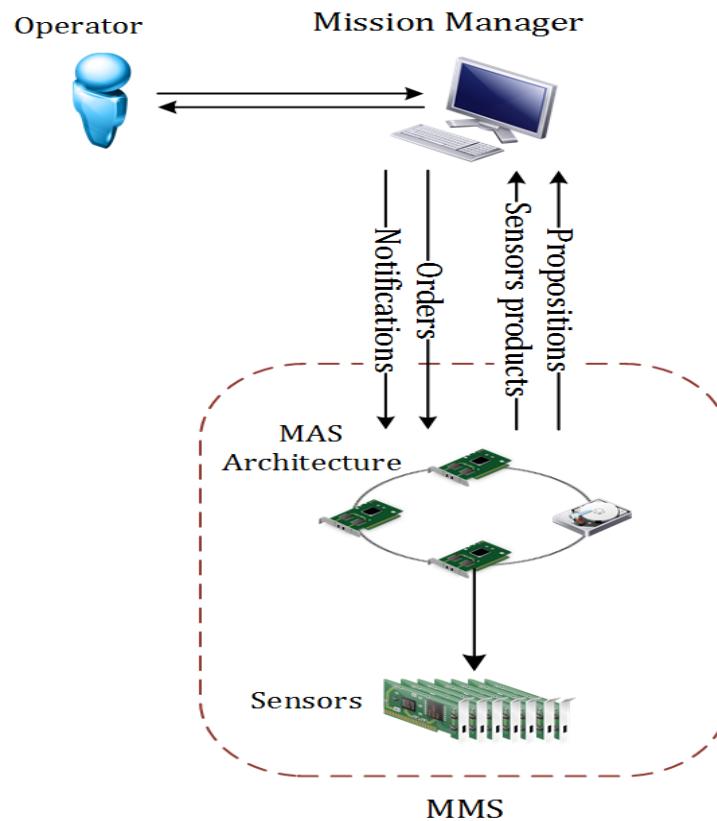
[Amal.Elfallah@lip6.fr](mailto:Amal.Elfallah@lip6.fr)



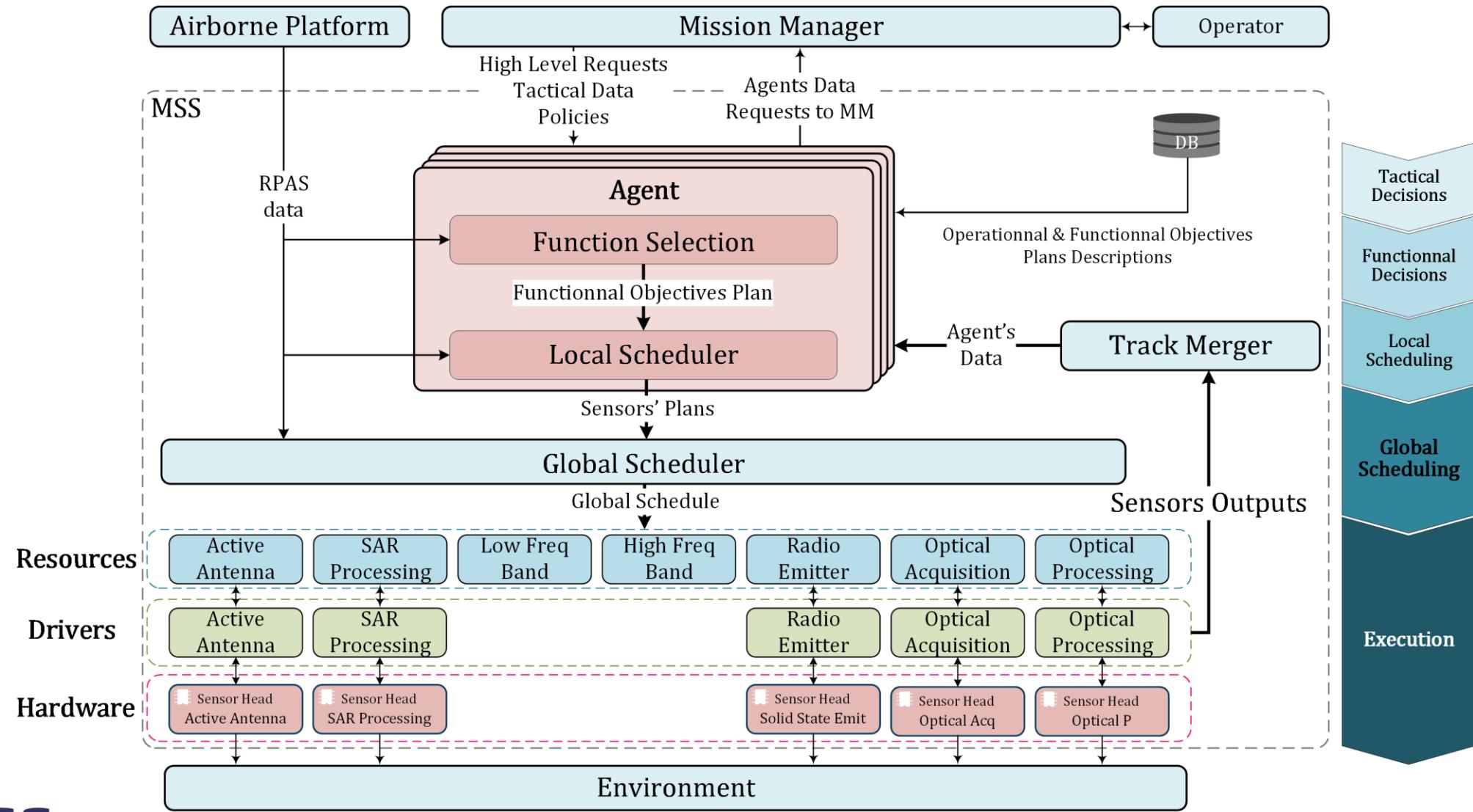
## D'autres exemples de projets SMA

# Projet RAMSES en collaboration avec T.S.A (2014-2017)

## Architecture d'une Nouvelle Génération des plateformes aéroportées Optimisation des ressources senseurs

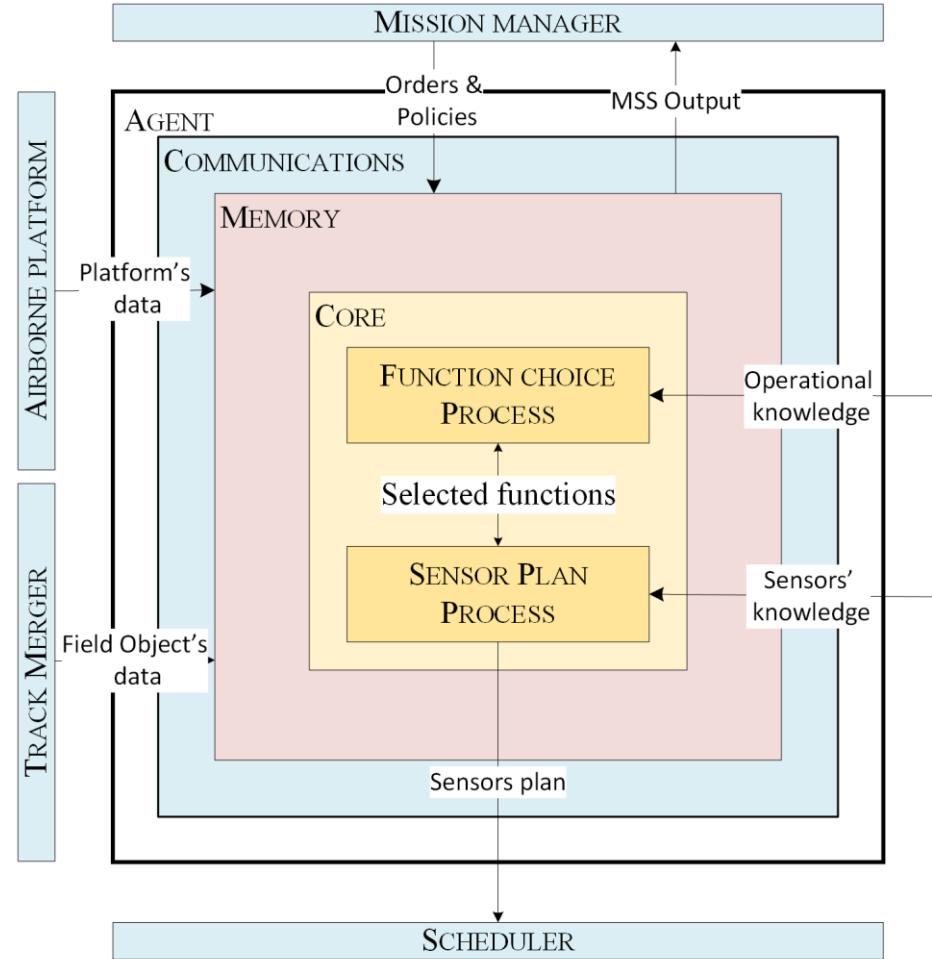


# Le Système Multi-Senseurs Multi-Agents

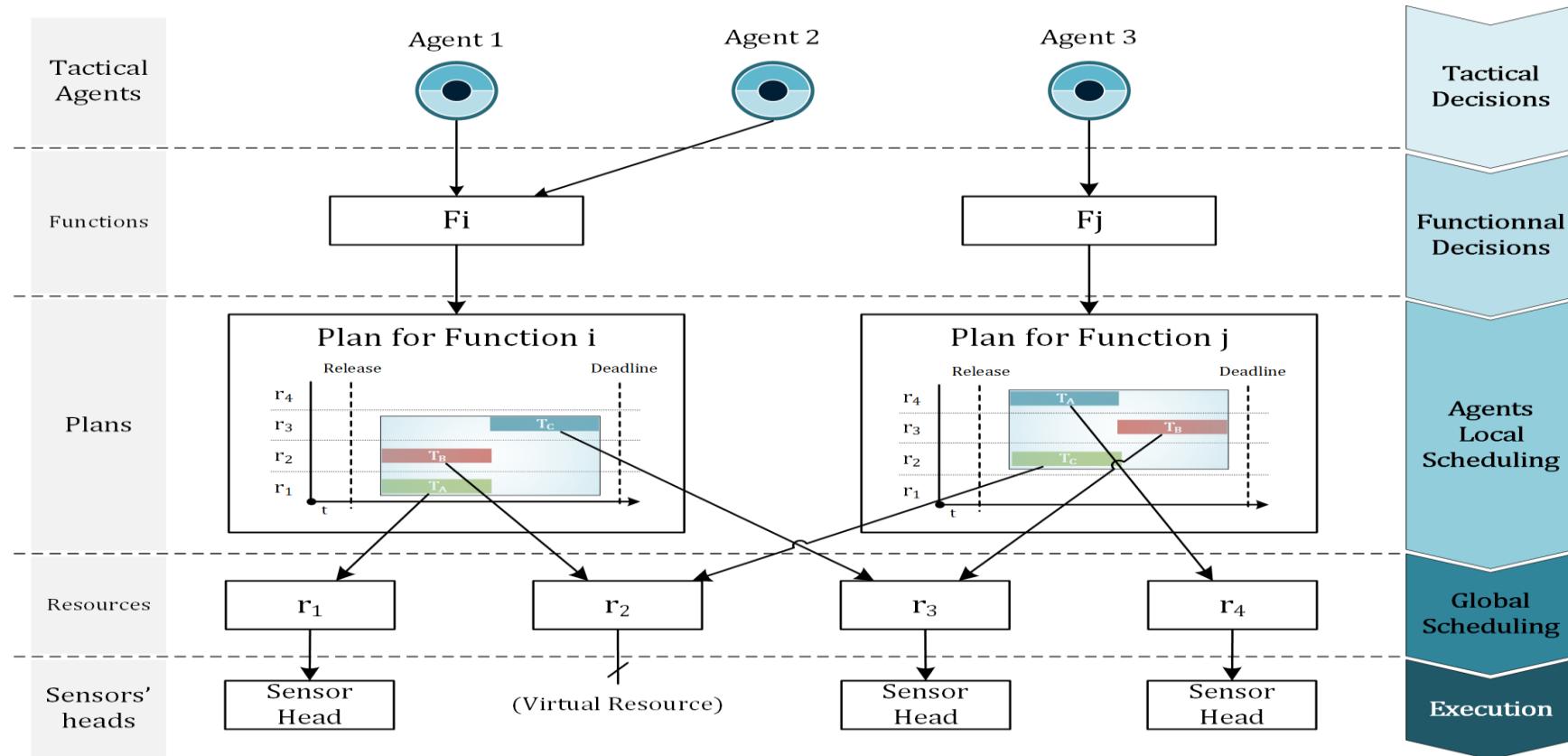


# Approche SMA

## Architecture d'un agent tactique

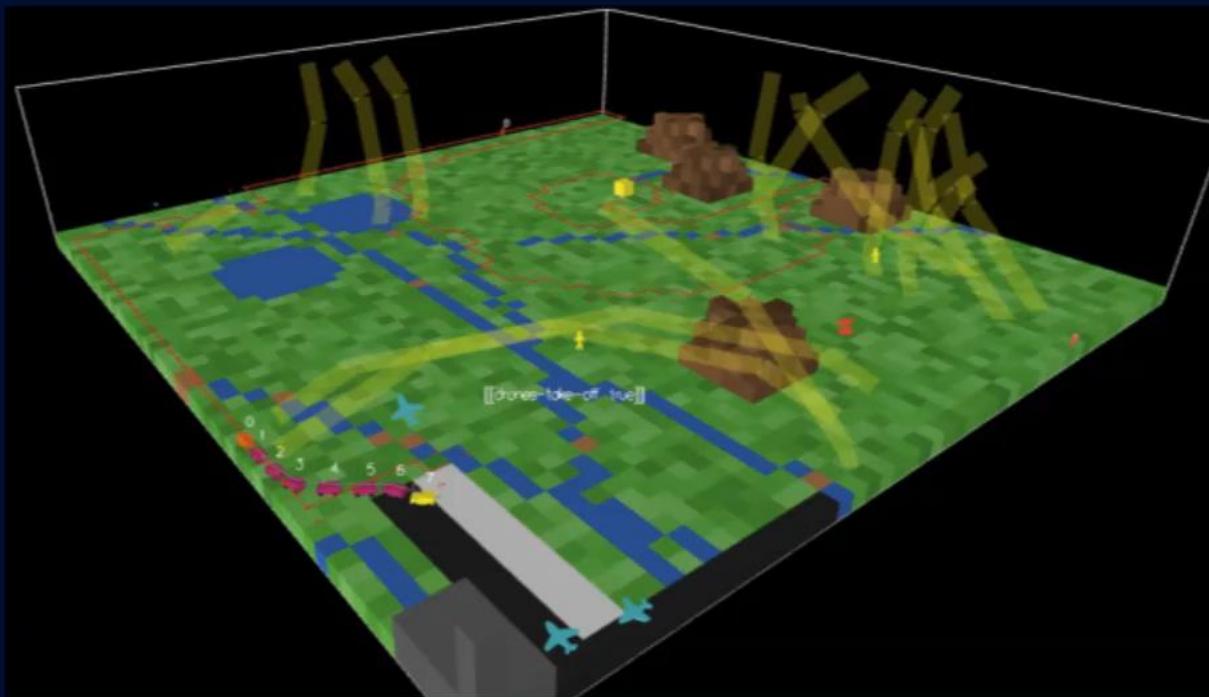


# Ordonnancement des plans de fonctions



## **Mission de drones pour l'escorte de convois**

Projet de simulation multi-agents en NetLogo

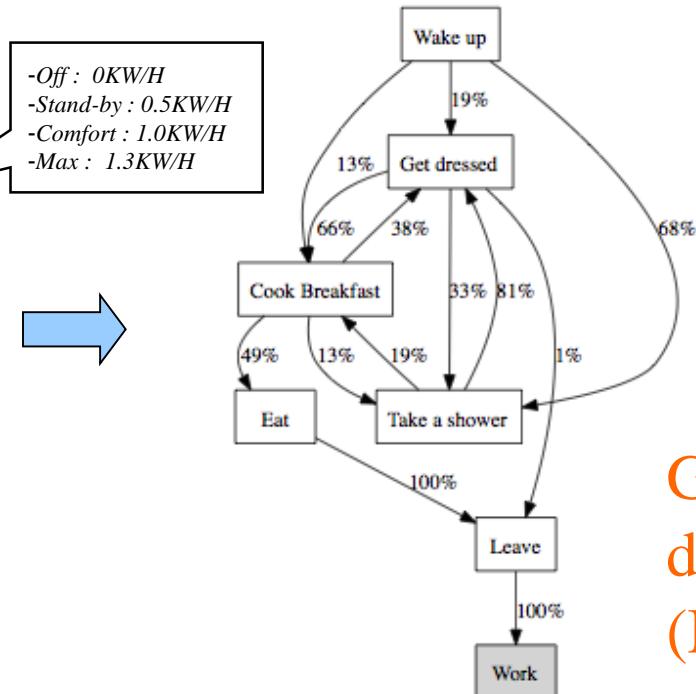
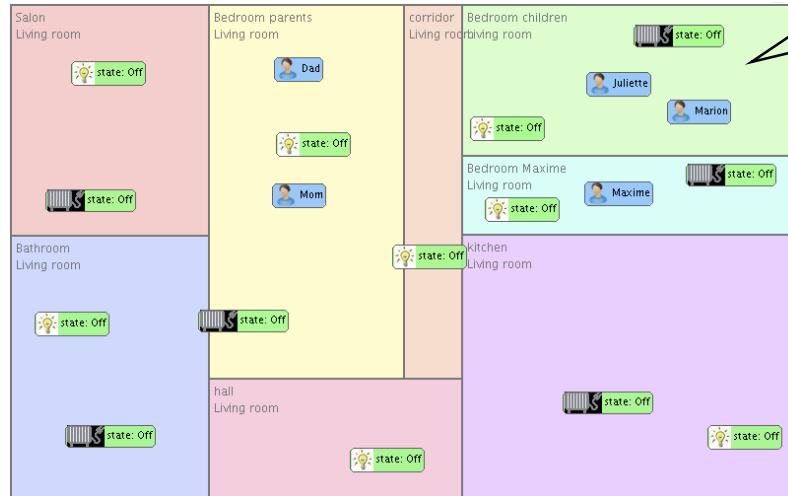


Issam BANI, Olivier HOTEL, Stephen LARROQUE

[github.com/LRQ3000/netlogo-mas-drones](https://github.com/LRQ3000/netlogo-mas-drones)

# Simulation du comportement humain - Green I.T.

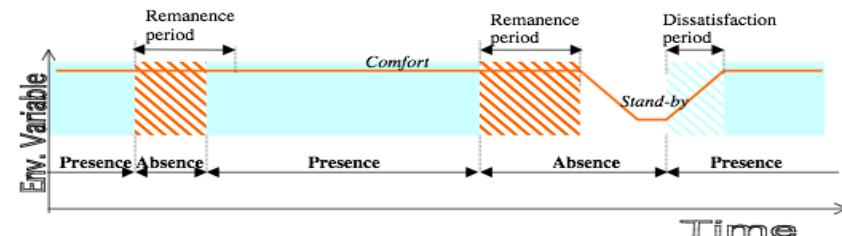
## Simulateur de la maison



Graphe d'activité (MDP)

STRATEGY	SATISFACTION (%)	GLOBAL CONSUMPTION
MERELY REACTIVE	70	2644
REMAIN.	72	2870
TRAJECT. OBSERV. ACTIVITY. OBSERV.	70	1955
68	1656	

Réduction de la consommation

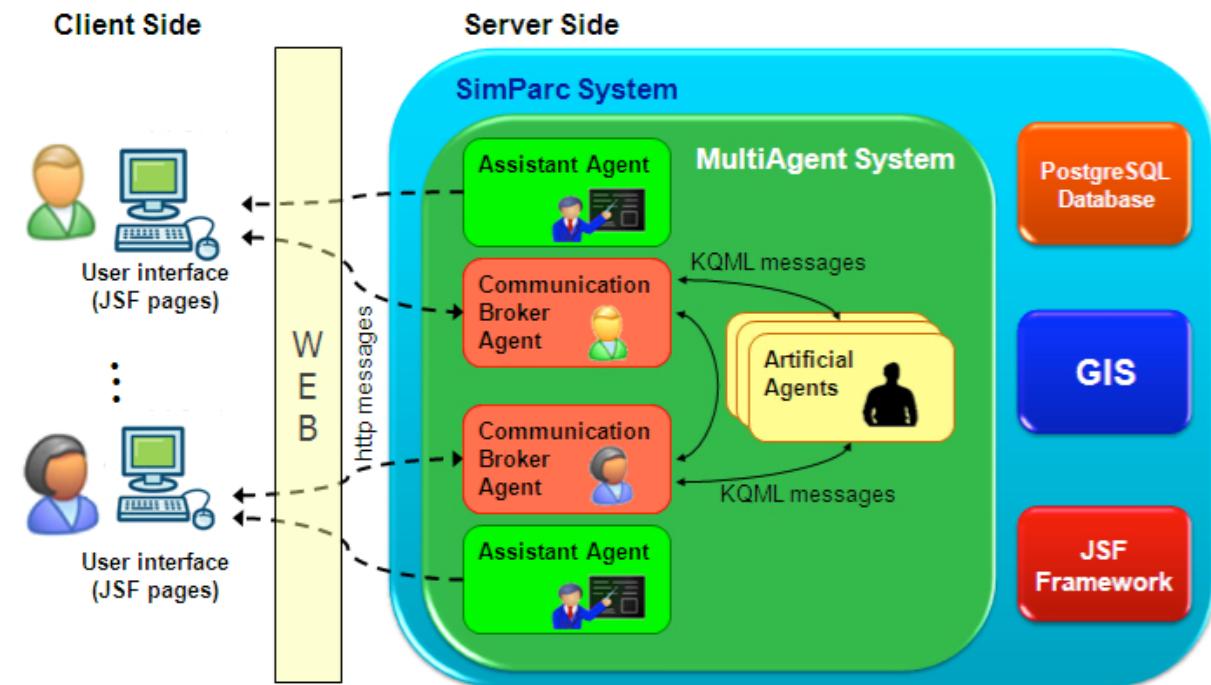


# Aide à la Gestion et Décision Participative d'Espaces Protégés Projet SimParc

- **Gestion d'Espaces Protégés**
  - Ex: Parcs naturels, réserves marines...
  - Pour la conservation de la biodiversité,
  - l'inclusion sociale,
  - et le développement économique

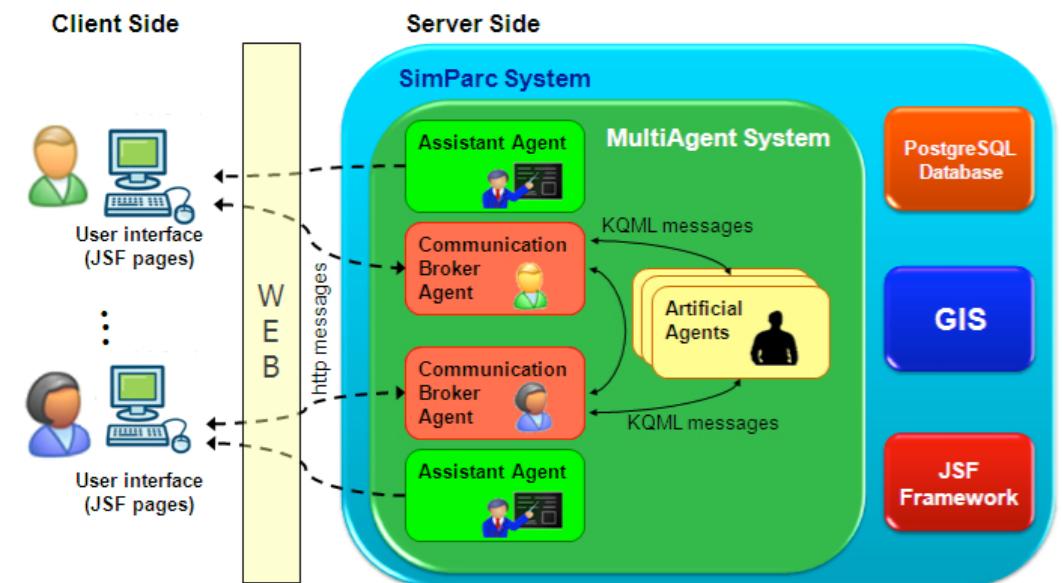


- **Conflits d'usages des ressources**
  - Espèces protégées
  - Développement du tourisme
  - Activités traditionnelles
  - ...



# Aide à la Gestion et Décision Participative d'Espaces Protégés Projet SimParc

- Liés à différents types d'acteurs sociaux (Stakeholders)
  - Environnementaliste
  - Opérateur de tourisme
  - Pêcheurs traditionnels
  - ...
- **Approche : Jeu sérieux**
- Simulant le processus de décision d'un conseil de gestion d'espace protégé
- Agents artificiels d'assistance technique à la délibération et la négociation



# Aide à la Gestion et Décision Participative d'Espaces Protégés Projet SimParc

## Approche :

- Agents d'Assistance en expertise technique au niveau de chaque acteur
- Agent de viabilité
  - Estimation de la viabilité (biodiversité, économique...)
  - Adéquation entre objectifs et politiques de contrôle
  - Propositions de relâchement des contraintes pour concilier les positions de divers acteurs sociaux
- Agent de médiation
  - Propositions de compromis
  - Explication des arguments pour et contre
- Agent de décision
- ...



<http://www-desir.lip6.fr/~briot/simparc/>