

Intérêts et usages de la théorie des fonctions de croyance pour les systèmes d'aide à la décision fondés sur les systèmes multi-agents.

Application à l'entomologie médico-légale.

Alexandre Veremme^(1, 2)

Univ. Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

(1) UCLille, HEI Pôle ISV, F-59800 Lille, France

(2) UArtois, LGI2A EA 3926, F-62400 Béthune, France

Soutenance de thèse - 08 décembre 2010

Introduction

Outils

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ *Tout est complexe*

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ *Tout est complexe*
- ▶ Complexe ? C'est-à-dire :

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ *Tout est complexe*
- ▶ Complexe ? C'est-à-dire :
 - ▶ Grand nombre d'*acteurs hétérogènes* en *interaction*
 - ▶ *Perçoivent, décident* et *agissent* de leur propre chef
 - ▶ Notions : *rétroaction, émergence, multi-niveaux, etc.*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ *Tout est complexe*
- ▶ Complexe ? C'est-à-dire :
 - ▶ Grand nombre d'*acteurs hétérogènes* en *interaction*
 - ▶ *Perçoivent, décident* et *agissent* de leur propre chef
 - ▶ Notions : *rétroaction, émergence, multi-niveaux, etc.*

Exemple : les systèmes financiers

- ▶ Multitude d'acteurs différents
- ▶ En interactions variées
- ▶ Ayant tous des comportements spécifiques

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ *Tout est complexe*
- ▶ Complexe ? C'est-à-dire :
 - ▶ Grand nombre d'*acteurs hétérogènes* en *interaction*
 - ▶ *Perçoivent, décident* et *agissent* de leur propre chef
 - ▶ Notions : *rétroaction, émergence, multi-niveaux, etc.*

Exemple : les systèmes financiers

- ▶ Multitude d'acteurs différents
- ▶ En interactions variées
- ▶ Ayant tous des comportements spécifiques
- ▶ Comportements individuels relativement simples
- ▶ Globalement : évolution parfois imprévisible (crises)

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Selon Edgar Morin :

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Selon Edgar Morin :
 - ▶ Tout objet = un système : “unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus”
 - ▶ Système \Rightarrow organisation
 - ▶ Organisation \Rightarrow désordre + ordre

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Selon Edgar Morin :
 - ▶ Tout objet = un système : “unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus”
 - ▶ Système \Rightarrow organisation
 - ▶ Organisation \Rightarrow désordre + ordre
- ▶ Désordre : essentiel et irréductible

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Selon Edgar Morin :
 - ▶ Tout objet = un système : “unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus”
 - ▶ Système \Rightarrow organisation
 - ▶ Organisation \Rightarrow désordre + ordre
- ▶ Désordre : essentiel et irréductible
 - ▶ Besoin de : aléatoire, imprécision, incertitude, incomplétude, ambiguïté, conflit, etc.

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Selon Edgar Morin :
 - ▶ Tout objet = un système : “unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus”
 - ▶ Système \Rightarrow organisation
 - ▶ Organisation \Rightarrow désordre + ordre
- ▶ Désordre : essentiel et irréductible
 - ▶ Besoin de : aléatoire, imprécision, incertitude, incomplétude, ambiguïté, conflit, etc.
- ▶ Comment interagir avec ces systèmes complexes ?

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Cadre général : expliquer une observation présente et déterminer les états passés ayant entraîné cette observation

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Cadre général : expliquer une observation présente et déterminer les états passés ayant entraîné cette observation
- ▶ Complexité \Rightarrow impossibilité d'observer ou difficulté de reproduire une observation

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Cadre général : expliquer une observation présente et déterminer les états passés ayant entraîné cette observation
- ▶ Complexité \Rightarrow impossibilité d'observer ou difficulté de reproduire une observation
- ▶ Mais (heureusement) existence de l'outil informatique :
 - ▶ Simulations numériques (SMA/SOA et AC)
 - ▶ Paradigmes de représentation et de manipulation des imperfections (fonctions de croyance)

- ▶ Travaux de recherches transversaux entre la biologie et l'informatique

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Travaux de recherches transversaux entre la biologie et l'informatique
- ▶ Enquête criminelle
- ▶ Lorsque Intervalle *Port Mortem* > 3 jours : méthodes médico-légales habituelles inefficaces
- ▶ Seul recours pour dater la mort d'une personne : entomologie médico-légale
 - ▶ Analyse des insectes nécrophages retrouvés sur ou à proximité du cadavre

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Travaux de recherches transversaux entre la biologie et l'informatique
- ▶ Enquête criminelle
- ▶ Lorsque Intervalle *Port Mortem* > 3 jours : méthodes médico-légales habituelles inefficaces
- ▶ Seul recours pour dater la mort d'une personne : entomologie médico-légale
 - ▶ Analyse des insectes nécrophages retrouvés sur ou à proximité du cadavre
- ▶ Paramètre prépondérant dans une expertise : la température

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

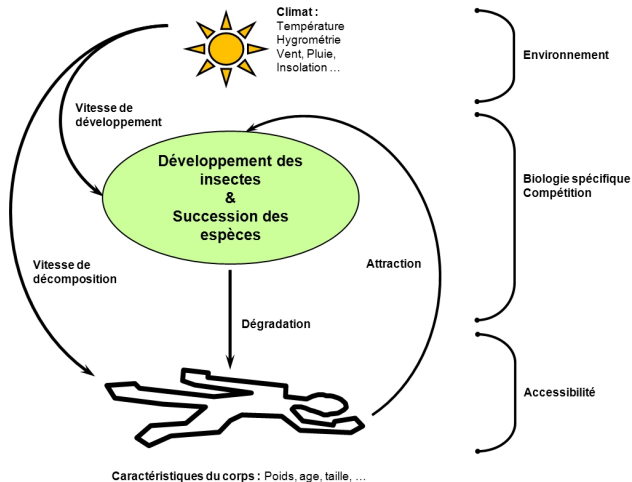


Figure: Ecosystème cadavre-entomofaune-environnement. De Charabidze, 2010.

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Problèmes :
 - ▶ Estimation de la température :
 - ▶ Micro-climats
 - ▶ Inertie thermique du cadavre
 - ▶ Effet des masses de larves

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Problèmes :
 - ▶ Estimation de la température :
 - ▶ Micro-climats
 - ▶ Inertie thermique du cadavre
 - ▶ Effet des masses de larves
 - ▶ Variabilité inter-individuelle

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Problèmes :
 - ▶ Estimation de la température :
 - ▶ Micro-climats
 - ▶ Inertie thermique du cadavre
 - ▶ Effet des masses de larves
 - ▶ Variabilité inter-individuelle
 - ▶ Multiplicité des modèles biologiques

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Problèmes :
 - ▶ Estimation de la température :
 - ▶ Micro-climats
 - ▶ Inertie thermique du cadavre
 - ▶ Effet des masses de larves
 - ▶ Variabilité inter-individuelle
 - ▶ Multiplicité des modèles biologiques
- ▶ D'où le besoin des experts entomologistes (de l'IML de Lille) : disposer d'un outil d'aide à la décision

Théorie : système évidentiel d'aide à la décision (SEAD) - (1)

- ▶ Proposition d'une architecture générique de système évidentiel d'aide à la décision
- ▶ Pour fournir des explications d'observations (imparfaites) effectuées sur un système d'étude
- ▶ Motivations :

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Théorie : système évidentiel d'aide à la décision (SEAD) - (1)

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

- ▶ Proposition d'une architecture générique de système évidentiel d'aide à la décision
- ▶ Pour fournir des explications d'observations (imparfaites) effectuées sur un système d'étude
- ▶ Motivations :
 - ▶ Multi-sources, multi-modèles
 - ▶ Imperfections des mesures (réelles et virtuelles)
 - ▶ Méta-informations disponibles

Théorie : système évidentiel d'aide à la décision (SEAD) - (2)

- ▶ SEAD basé sur le principe de l'étalonnage de paramètres

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Théorie : système évidentiel d'aide à la décision (SEAD) - (2)

- ▶ SEAD basé sur le principe de l'étalonnage de paramètres
- ▶ Composé d'un ensemble de processus *en interaction* répondant chacun à une question locale, en :
 - ▶ Utilisant des "informateurs" (sources)
 - ▶ Ayant des capacités de manipulation des croyances
 - ▶ Les exprimant dans le cadre de la théorie des fonctions de croyance

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Théorie : système évidentiel d'aide à la décision (SEAD) - (2)

- ▶ SEAD basé sur le principe de l'étalonnage de paramètres
- ▶ Composé d'un ensemble de processus *en interaction* répondant chacun à une question locale, en :
 - ▶ Utilisant des "informateurs" (sources)
 - ▶ Ayant des capacités de manipulation des croyances
 - ▶ Les exprimant dans le cadre de la théorie des fonctions de croyance

Définition : étalonnage

"Processus itératif de comparaison de modèles à une réalité observée. Il consiste à faire des ajustements puis des validations jusqu'à ce que le modèle soit jugé suffisamment précis"

Définition : validation

"Processus consistant à comparer un modèle et son comportement au système réel et son comportement"

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

 Systèmes multi-agents

 Fonctions de croyance

 Niveau crédal

 Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

 Contexte

 Architecture générale

 Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

 Modélisation agents

 SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

 Systèmes multi-agents

 Fonctions de croyance

 Niveau crédal

 Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

 Contexte

 Architecture générale

 Cas de la validation
 de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

 Modélisation agents

 SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

- Systemes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

- Systemes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

► Méta-modèle

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Méta-modèle
- ▶ “Système composé d’entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans le lequel ils sont localisés”

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d’un
système évidentiel
d’aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l’entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Méta-modèle
- ▶ “Système composé d’entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans le lequel ils sont localisés”

▶ Agent :

- ▶ Capable d’agir dans l’environnement
- ▶ Capable de communiquer
- ▶ Mu par un ensemble de tendances
- ▶ Possédant des ressources propres
- ▶ Capable de percevoir l’environnement
- ▶ Soumis à des contraintes

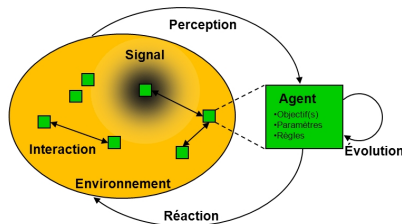


Figure: Schématisation d'un modèle multi-agents. De Charabidze, 2010.

- ▶ Méta-modèle
- ▶ “Système composé d’entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans le lequel ils sont localisés”

▶ Agent :

- ▶ Capable d’agir dans l’environnement
- ▶ Capable de communiquer
- ▶ Mu par un ensemble de tendances
- ▶ Possédant des ressources propres
- ▶ Capable de percevoir l’environnement
- ▶ Soumis à des contraintes

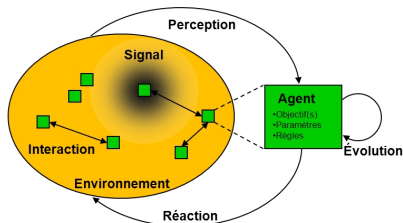


Figure: Schématisation d'un modèle multi-agents. De Charabidze, 2010.

- ▶ Deux types à retenir : réactif / cognitif

- ▶ Méta-modèle
- ▶ “Système composé d’entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans le lequel ils sont localisés”

▶ Agent :

- ▶ Capable d’agir dans l’environnement
- ▶ Capable de communiquer
- ▶ Mu par un ensemble de tendances
- ▶ Possédant des ressources propres
- ▶ Capable de percevoir l’environnement
- ▶ Soumis à des contraintes

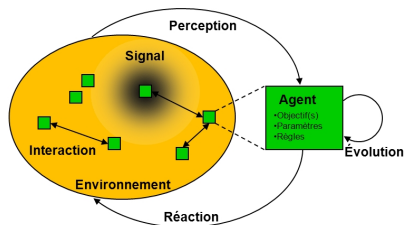


Figure: Schématisation d'un modèle multi-agents. De Charabidze, 2010.

- ▶ Deux types à retenir : réactif / cognitif
- ▶ SMA : génériques

- ▶ Méta-modèle
- ▶ “Système composé d’entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans le lequel ils sont localisés”

▶ Agent :

- ▶ Capable d’agir dans l’environnement
- ▶ Capable de communiquer
- ▶ Mu par un ensemble de tendances
- ▶ Possédant des ressources propres
- ▶ Capable de percevoir l’environnement
- ▶ Soumis à des contraintes

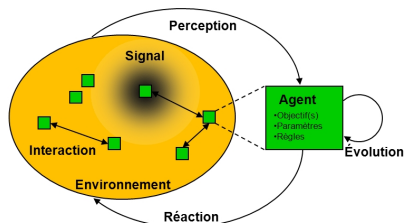


Figure: Schématisation d'un modèle multi-agents. De Charabidze, 2010.

- ▶ Deux types à retenir : réactif / cognitif
- ▶ SMA : génériques \Rightarrow tout système interprétable selon le *paradigme agent*

- ▶ Définitions précédentes : applicables pour un modèle où les agents seraient des *programmes informatiques*
 - ▶ Autonomes, exécutés au sein d'une *plateforme multi-agents*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Définitions précédentes : applicables pour un modèle où les agents seraient des *programmes informatiques*
 - ▶ Autonomes, exécutés au sein d'une *plateforme multi-agents*
- ▶ But : simuler un modèle agents d'un système d'étude
- ▶ Plusieurs plateformes existantes : p. ex., MadKit/TurtleKit

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Définitions précédentes : applicables pour un modèle où les agents seraient des *programmes informatiques*
 - ▶ Autonomes, exécutés au sein d'une *plateforme multi-agents*
- ▶ But : simuler un modèle agents d'un système d'étude
- ▶ Plusieurs plateformes existantes : p. ex., MadKit/TurtleKit

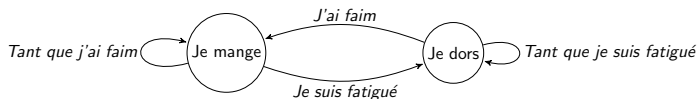


Figure: Exemple d'automate à états finis, implémentable sous TurtleKit.

Théorie des fonctions de croyance et modèle de croyances transférables (MCT)

- ▶ Aussi appelée théorie de l'évidence, fondée sur les travaux de A. P. Dempster et G. Shafer (1967/1976)
- ▶ MCT : interprétation subjective et non-probabiliste (P. Smets et R. Kennes, 1995)
- ▶ Prise en compte des imperfections (imprécisions, incertitudes *etc.*) des informations

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Théorie des fonctions de croyance et modèle de croyances transférables (MCT)

- ▶ Aussi appelée théorie de l'évidence, fondée sur les travaux de A. P. Dempster et G. Shafer (1967/1976)
- ▶ MCT : interprétation subjective et non-probabiliste (P. Smets et R. Kennes, 1995)
- ▶ Prise en compte des imperfections (imprécisions, incertitudes *etc.*) des informations
- ▶ Deux niveaux :
 - ▶ Le niveau *crédal* : représentation et manipulation des informations
 - ▶ Le niveau *pignistique* : prise de décision

- ▶ Soit une question Q posée à un agent Ag susceptible d'y répondre

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Soit une question Q posée à un agent Ag susceptible d'y répondre
- ▶ Soit $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n, \dots, \omega_N\}$ un ensemble fini appelé cadre de discernement

- ▶ Soit une question Q posée à un agent Ag susceptible d'y répondre
- ▶ Soit $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n, \dots, \omega_N\}$ un ensemble fini appelé cadre de discernement
- ▶ Une fonction de masse de croyance m_{Ag}^Ω
 - ▶ Application de 2^Ω dans $[0, 1]$
 - ▶ Vérifiant la propriété suivante : $\sum_{A \subseteq \Omega} m_{Ag}^\Omega(A) = 1$
 - ▶ Représentant le degré de croyance attribué à la proposition A et à aucun sous-ensemble plus spécifique de A



Illustration

- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question :
"quelle est la couleur du feu ?"
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



Illustration

- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question :
"quelle est la couleur du feu ?"
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\textit{rouge}, \textit{orange}, \textit{vert}\}$
- ▶ Ag_1 est parfaitement certain que le feu est rouge :
 $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{\textit{rouge}\}) = 1$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



Illustration

- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question : “quelle est la couleur du feu ?”
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}$
- ▶ Ag_1 est parfaitement certain que le feu est rouge :
 $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_2 a quelques problèmes de vue : à cette distance, ne distingue pas la couleur mais est certain qu'il n'est pas vert (donc soit orange soit rouge) : $m_{Ag_2}^{\Omega}(\{\text{orange}, \text{rouge}\}) = 1$



Illustration

- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question : “quelle est la couleur du feu ?”
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}$
- ▶ Ag_1 est parfaitement certain que le feu est rouge :
 $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_2 a quelques problèmes de vue : à cette distance, ne distingue pas la couleur mais est certain qu'il n'est pas vert (donc soit orange soit rouge) : $m_{Ag_2}^{\Omega}(\{\text{orange}, \text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_3 est daltonien : confusion des couleurs entre vert/rouge/orange : $m_{Ag_3}^{\Omega}(\{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}) = 1$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Illustration



- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question : "quelle est la couleur du feu ?"
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}$
- ▶ Ag_1 est parfaitement certain que le feu est rouge :
 $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_2 a quelques problèmes de vue : à cette distance, ne distingue pas la couleur mais est certain qu'il n'est pas vert (donc soit orange soit rouge) : $m_{Ag_2}^{\Omega}(\{\text{orange}, \text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_3 est daltonien : confusion des couleurs entre vert/rouge/orange : $m_{Ag_3}^{\Omega}(\{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}) = 1$
- ▶ Ag_4 est un capteur électronique, sa mesure est quantitative :
 $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{vert}\}) = 0.05$, $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{orange}\}) = 0.35$ et
 $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 0.60$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Illustration



- ▶ On demande à des automobilistes de répondre à la question :
"quelle est la couleur du feu ?"
- ▶ Cadre de discernement $\Omega = \{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}$
- ▶ Ag_1 est parfaitement certain que le feu est rouge :
 $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_2 a quelques problèmes de vue : à cette distance, ne distingue pas la couleur mais est certain qu'il n'est pas vert (donc soit orange soit rouge) : $m_{Ag_2}^{\Omega}(\{\text{orange}, \text{rouge}\}) = 1$
- ▶ Ag_3 est daltonien : confusion des couleurs entre vert/rouge/orange : $m_{Ag_3}^{\Omega}(\{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}) = 1$
- ▶ Ag_4 est un capteur électronique, sa mesure est quantitative :
 $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{vert}\}) = 0.05$, $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{orange}\}) = 0.35$ et
 $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\text{rouge}\}) = 0.60$
- ▶ Question : à partir de ces 4 sources, quelle est la couleur du feu ?

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

► Affaiblissement

- Soit un agent *supérieur* Ag_{Sup} ayant des connaissances sur la fiabilité d'un agent-source Ag qu'il consulte

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

► Affaiblissement

- Soit un agent *supérieur* Ag_{Sup} ayant des connaissances sur la fiabilité d'un agent-source Ag qu'il consulte
- Utilisation d'un facteur de pondération α proportionnel à la fiabilité de la source :

$$\begin{cases} \alpha m_{Ag_{Sup}}^{\Omega}(A) &= (1 - \alpha) \cdot m_{Ag}^{\Omega}(A), \quad \forall A \subset \Omega, \\ \alpha m_{Ag_{Sup}}^{\Omega}(\Omega) &= (1 - \alpha) \cdot m_{Ag}^{\Omega}(\Omega) + \alpha. \end{cases} \quad (1)$$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

► Affaiblissement

- Soit un agent *supérieur* Ag_{Sup} ayant des connaissances sur la fiabilité d'un agent-source Ag qu'il consulte
- Utilisation d'un facteur de pondération α proportionnel à la fiabilité de la source :

$$\begin{cases} \alpha m_{Ag_{Sup}}^{\Omega}(A) &= (1 - \alpha) \cdot m_{Ag}^{\Omega}(A), \quad \forall A \subset \Omega, \\ \alpha m_{Ag_{Sup}}^{\Omega}(\Omega) &= (1 - \alpha) \cdot m_{Ag}^{\Omega}(\Omega) + \alpha. \end{cases} \quad (1)$$

Illustration (suite)

- Observation du feu sous la pluie : Ag_4 peu fiable d'où une erreur sur deux observations.
- Croyances de Ag_{Sup} à partir de celles de Ag_4 :
 $m_{Ag_4}(\{\text{vert}\}) = 0.025$, $m_{Ag_4}(\{\text{orange}\}) = 0.175$,
 $m_{Ag_4}(\{\text{rouge}\}) = 0.30$ et $m_{Ag_4}(\{\Omega\}) = 0.5$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOAApplication à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeekModélisation agents
SEAD ForenSeekConclusions et
perspectives

- ▶ Fusion / combinaison de fonctions de masse de croyance fournies par deux sources Ag_1 et Ag_2 :
 - ▶ Sources distinctes et fiables : règle de combinaison conjonctive

$$m_{Ag_1 \odot Ag_2}^\Omega(A) = \sum_{B \cap C = A} m_{Ag_1}^\Omega(B) m_{Ag_2}^\Omega(C), \forall A \subseteq \Omega \quad (2)$$

- ▶ Fusion / combinaison de fonctions de masse de croyance fournies par deux sources Ag_1 et Ag_2 :
 - ▶ Sources distinctes et fiables : règle de combinaison conjonctive

$$m_{Ag_1 \odot Ag_2}^\Omega(A) = \sum_{B \cap C = A} m_{Ag_1}^\Omega(B) m_{Ag_2}^\Omega(C), \forall A \subseteq \Omega \quad (2)$$

- ▶ Sources non-distinctes et fiables : règle de combinaison conjonctive prudente

$$m_{Ag_1 \oslash Ag_2}^\Omega = \bigcap_{\emptyset \neq A \subseteq \Omega} A^{\omega_{Ag_1}^\Omega(A) \wedge \omega_{Ag_2}^\Omega(A)} \quad (3)$$

Illustration (suite)

- ▶ L'agent *supérieure* Ag_{Sup} souhaite établir sa croyance en la couleur du feu à partir des connaissances des agents Ag_1 , Ag_2 , Ag_3 et Ag_4

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Illustration (suite)

- ▶ L'agent *supérieur* Ag_{Sup} souhaite établir sa croyance en la couleur du feu à partir des connaissances des agents Ag_1 , Ag_2 , Ag_3 et Ag_4
- ▶ Rappels :
 - ▶ $m_{Ag_1}^{\Omega}(\{rouge\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_2}^{\Omega}(\{orange, rouge\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_3}^{\Omega}(\{rouge, orange, vert\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{vert\}) = 0.025$, $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{orange\}) = 0.175$,
 $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{rouge\}) = 0.30$ et $m_{Ag_4}^{\Omega}(\{\Omega\}) = 0.5$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Illustration (suite)

- ▶ L'agent *supérieur* Ag_{Sup} souhaite établir sa croyance en la couleur du feu à partir des connaissances des agents Ag_1 , Ag_2 , Ag_3 et Ag_4
- ▶ Rappels :
 - ▶ $m_{Ag_1}^\Omega(\{\text{rouge}\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_2}^\Omega(\{\text{orange}, \text{rouge}\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_3}^\Omega(\{\text{rouge}, \text{orange}, \text{vert}\}) = 1$
 - ▶ $m_{Ag_4}^\Omega(\{\text{vert}\}) = 0.025$, $m_{Ag_4}^\Omega(\{\text{orange}\}) = 0.175$,
 $m_{Ag_4}^\Omega(\{\text{rouge}\}) = 0.30$ et $m_{Ag_4}^\Omega(\{\Omega\}) = 0.5$

m^Ω	$Ag_1 \oplus Ag_2$	$Ag_{1,2} \oplus Ag_3$	$Ag_{1,2,3} \oplus Ag_4$
{rouge}	1	1	0.8
{orange}	0	0	0
{vert}	0	0	0
{rouge, orange}	0	0	0
{rouge, vert}	0	0	0
{orange, vert}	0	0	0
{ Ω }	0	0	0
{ \emptyset }	0	0	0.2

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Opération de grossissement et de raffinement permettant :
 - ▶ de changer de question
 - ▶ d'exprimer des croyances d'un cadre de discernement plus *grossier* à un cadre plus *fin*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

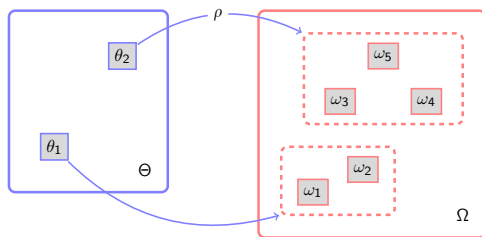
Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Opération de grossissement et de raffinement permettant :
 - ▶ de changer de question
 - ▶ d'exprimer des croyances d'un cadre de discernement plus *grossier* à un cadre plus *fin*
- ▶ Soient deux cadres Θ et Ω et une fonction de raffinement de 2^Θ dans 2^Ω : ρ



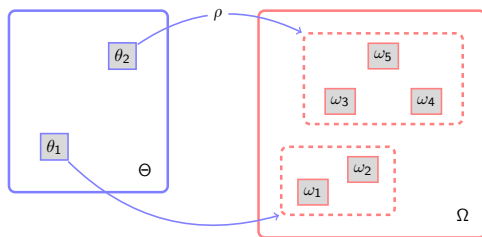


Illustration (suite)

- ▶ Nouvelle question : "Est-il possible de franchir le feu tricolore ?"
 - ▶ Cadre de discernement $\Theta = \{oui, non\}$

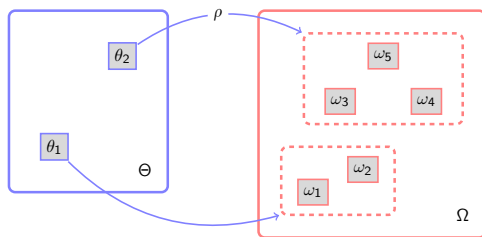


Illustration (suite)

- ▶ Nouvelle question : “Est-il possible de franchir le feu tricolore ?”
 - ▶ Cadre de discernement $\Theta = \{oui, non\}$
- ▶ $\rho(\{oui\}) = \{vert\}$ et $\rho(\{non\}) = 2^\Omega \setminus \{vert\}$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

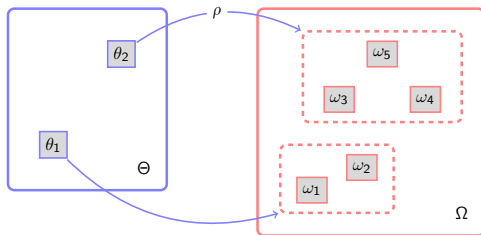
Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Illustration (suite)

- ▶ Nouvelle question : “Est-il possible de franchir le feu tricolore ?”
 - ▶ Cadre de discernement $\Theta = \{oui, non\}$
- ▶ $\rho(\{oui\}) = \{vert\}$ et $\rho(\{non\}) = 2^\Omega \setminus \{vert\}$
- ▶ En se basant sur la croyance issue de la combinaison des quatre agents :
 - ▶ $m_{AgSup}^\Theta(\{non\}) = 0.8$ et $m_{AgSup}^\Theta(\{oui\}) = 0.2$

► Prise de décision

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Prise de décision
- ▶ Passage en une fonction de probabilité (*pignistique*)
 $BetP$ obtenue pour tout $\omega_n \in \Omega$:

$$BetP(\omega_n) = \frac{1}{1 - m(\emptyset)} \sum_{A \ni \omega_n} \frac{m(A)}{|A|} \quad (4)$$

- ▶ Permet l'utilisation des outils classiques de la théorie de la décision statistique

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Prise de décision
- ▶ Passage en une fonction de probabilité (*pignistique*)
 $BetP$ obtenue pour tout $\omega_n \in \Omega$:

$$BetP(\omega_n) = \frac{1}{1 - m(\emptyset)} \sum_{A \ni \omega_n} \frac{m(A)}{|A|} \quad (4)$$

- ▶ Permet l'utilisation des outils classiques de la théorie de la décision statistique
- ▶ Couramment, choix de l'hypothèse obtenu par maximisation de la probabilité pignistique :

$$\omega_n^{BetP^\Omega} = \arg \max_{\omega_n \in \Omega} BetP^\Omega(\omega_n) \quad (5)$$

- ▶ Prise de décision
- ▶ Passage en une fonction de probabilité (*pignistique*)
 $BetP$ obtenue pour tout $\omega_n \in \Omega$:

$$BetP(\omega_n) = \frac{1}{1 - m(\emptyset)} \sum_{A \ni \omega_n} \frac{m(A)}{|A|} \quad (4)$$

- ▶ Permet l'utilisation des outils classiques de la théorie de la décision statistique
- ▶ Couramment, choix de l'hypothèse obtenu par maximisation de la probabilité pignistique :

$$\omega_n^{BetP^\Omega} = \arg \max_{\omega_n \in \Omega} BetP^\Omega(\omega_n) \quad (5)$$

Illustration (suite)

Au vu des croyances, choix de l'agent Ag_{Sup} : ne pas franchir le feu

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistiqueArchitecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décisionContexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOAApplication à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeekModélisation agents
SEAD ForenSeekConclusions et
perspectives

Introduction

Outils

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Soit un système réel dynamique, $x_{\text{réel}}$ défini par un ensemble de paramètres observables $p_i \in P, \forall i \in [1, I]$
- ▶ A un pas de temps $t_{\text{obs}} \in [t_{\text{init}}, t_{\text{final}}]$: une source s observe les différents paramètres

Contexte (1)

- ▶ Soit un système réel dynamique, $x_{\text{réel}}$ défini par un ensemble de paramètres observables $p_i \in P, \forall i \in [1, I]$
- ▶ A un pas de temps $t_{\text{obs}} \in [t_{\text{init}}, t_{\text{final}}]$: une source s observe les différents paramètres
- ▶ Idée générale :

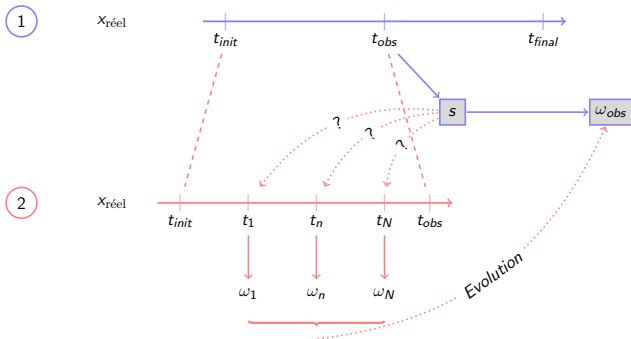


Figure: Schématisation du raisonnement abductif.

- ▶ Connaissances à différents niveaux du système d'étude
- ▶ Définition de modèles prédictifs $x_s, \forall s \in [1, S]$, du système réel $x_{\text{réel}}$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Connaissances à différents niveaux du système d'étude
- ▶ Définition de modèles prédictifs x_s , $\forall s \in [1, S]$, du système réel $x_{\text{réel}}$
- ▶ A un instant *virtuel* $t_n \in [t_{\text{init}}, t_{\text{obs}}]$, $\forall n \in [1, N]$, un modèle x_s est initialisé avec un jeu de paramètres ω_n

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Connaissances à différents niveaux du système d'étude
- ▶ Définition de modèles prédictifs x_s , $\forall s \in [1, S]$, du système réel $x_{\text{réel}}$
- ▶ A un instant *virtuel* $t_n \in [t_{\text{init}}, t_{\text{obs}}]$, $\forall n \in [1, N]$, un modèle x_s est initialisé avec un jeu de paramètres ω_n
- ▶ Question générale du SEAD : "Quels sont les jeux de paramètres permettant d'expliquer au mieux l'état d'un système réel observé à un instant t_{obs} ?"

- ▶ Connaissances à différents niveaux du système d'étude
- ▶ Définition de modèles prédictifs x_s , $\forall s \in [1, S]$, du système réel $x_{\text{réel}}$
- ▶ A un instant *virtuel* $t_n \in [t_{\text{init}}, t_{\text{obs}}]$, $\forall n \in [1, N]$, un modèle x_s est initialisé avec un jeu de paramètres ω_n
- ▶ Question générale du SEAD : "Quels sont les jeux de paramètres permettant d'expliquer au mieux l'état d'un système réel observé à un instant t_{obs} ?"
- ▶ Cadre de discernement : $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n, \dots, \omega_N\}$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Connaissances à différents niveaux du système d'étude
- ▶ Définition de modèles prédictifs x_s , $\forall s \in [1, S]$, du système réel $x_{\text{réel}}$
- ▶ A un instant *virtuel* $t_n \in [t_{\text{init}}, t_{\text{obs}}]$, $\forall n \in [1, N]$, un modèle x_s est initialisé avec un jeu de paramètres ω_n
- ▶ Question générale du SEAD : "Quels sont les jeux de paramètres permettant d'expliquer au mieux l'état d'un système réel observé à un instant t_{obs} ?"
- ▶ Cadre de discernement : $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n, \dots, \omega_N\}$
- ▶ Pour répondre à la question, ensemble de processus :
 - ▶ Agentifiés
 - ▶ Evidentialisés

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

- Contexte

Architecture générale

- Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

- Modélisation agents
- SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Réalité observée ω_{obs}



Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

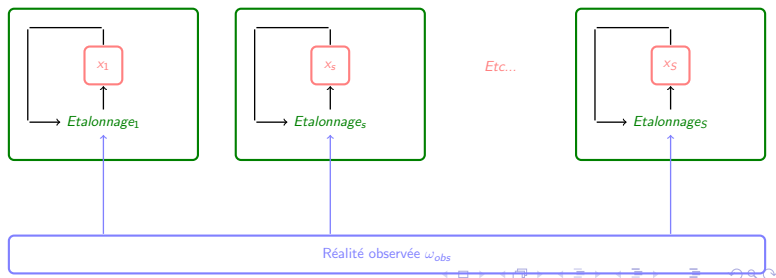
x_1

x_5

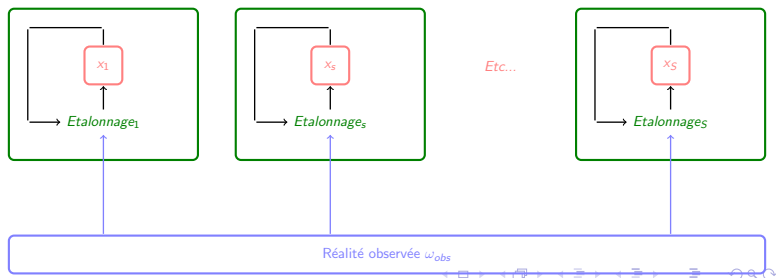
Etc...

x_5

Réalité observée ω_{obs}



Etalonnage_s : "Quels jeux de paramètres dois-je tester ?"



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

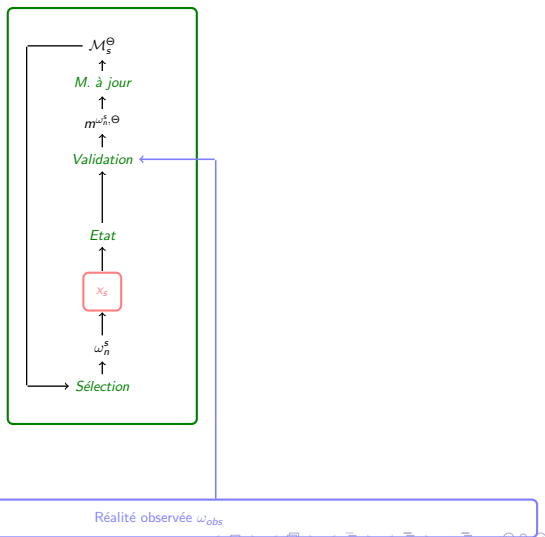
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Décomposition du processus d'*Etalonnage_s* :



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

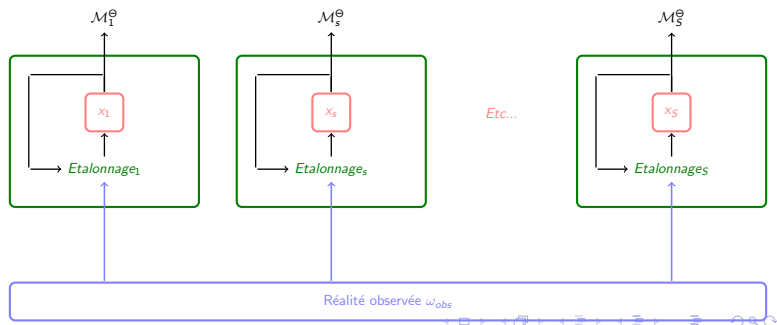
Cas de la validation
de SOA

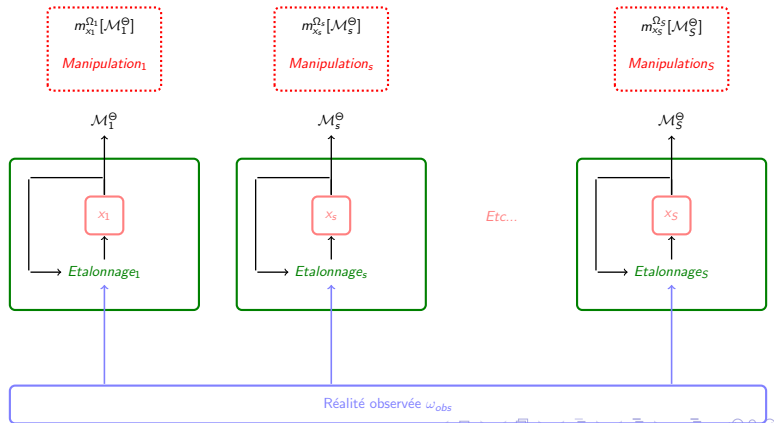
Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

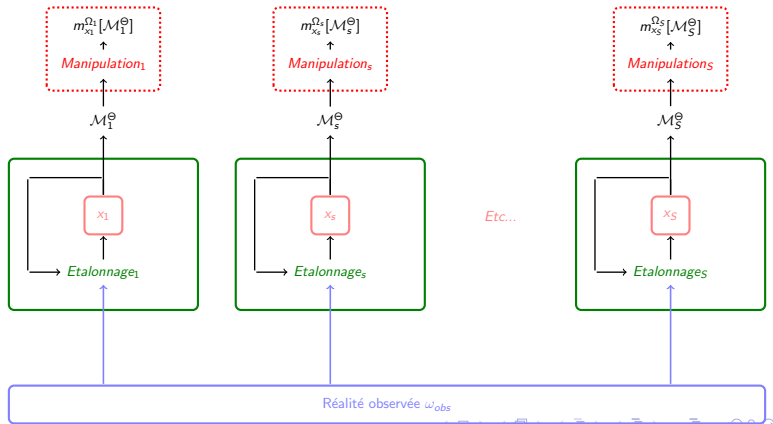
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives





Manipulation_s : “Quels jeux de paramètres permettent à un modèle de reproduire au mieux la réalité ?”



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

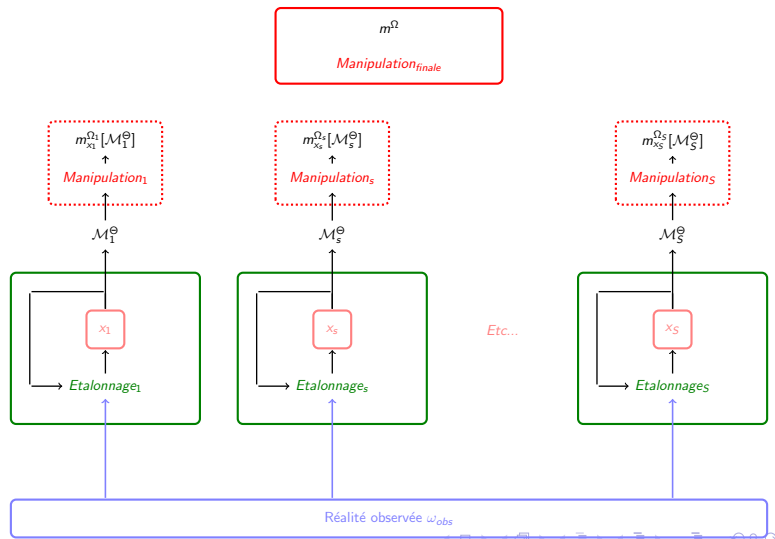
Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

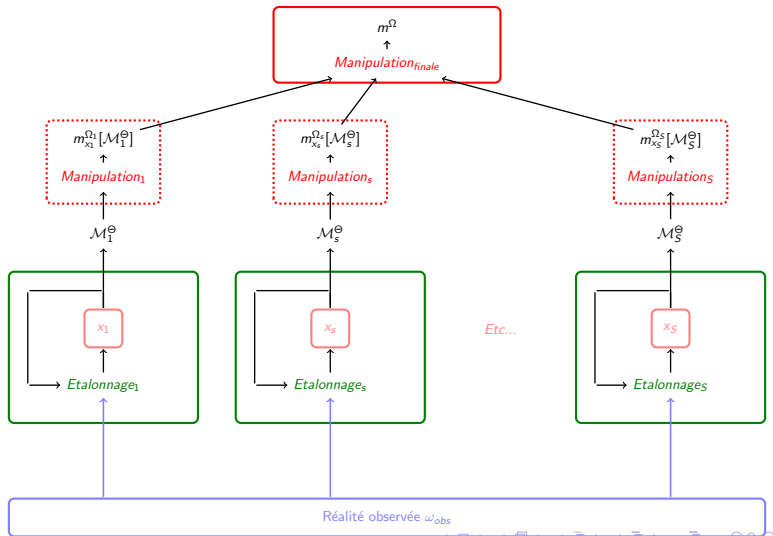
Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



$Manipulation_{finale}$: "Quels sont les meilleurs jeux de paramètres supportés par tous les modèles permettant de reproduire au mieux la réalité ?"



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

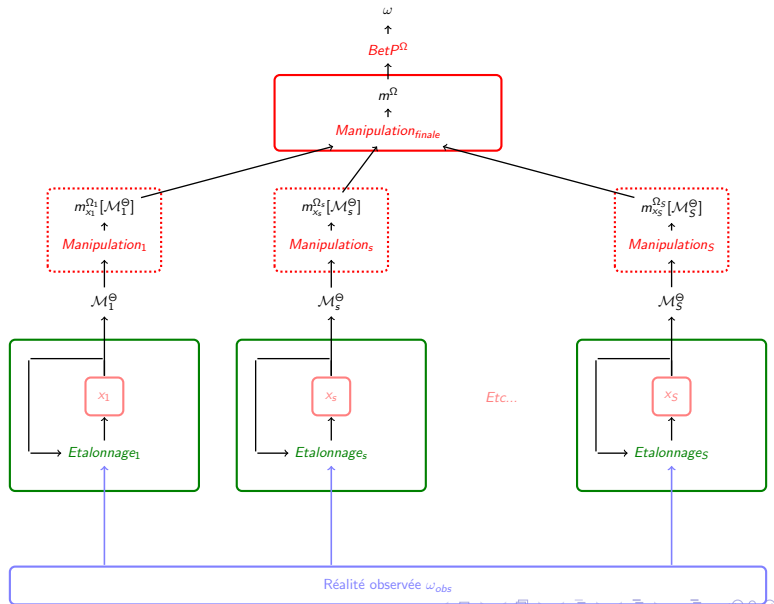
Contexte

Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

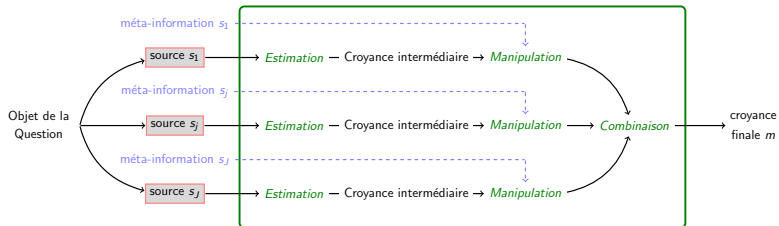
Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



► Chaque processus = un agent



- ▶ Plusieurs aspects inhérents aux SOA de systèmes complexes :
 - ▶ Stochasticité
 - ▶ Dynamisme
 - ▶ Coût computationnel

- ▶ Plusieurs aspects inhérents aux SOA de systèmes complexes :
 - ▶ Stochasticité
 - ▶ Dynamisme
 - ▶ Coût computationnel
- ▶ Comment valider une SOA ?

- ▶ Plusieurs aspects inhérents aux SOA de systèmes complexes :
 - ▶ Stochasticité
 - ▶ Dynamisme
 - ▶ Coût computationnel
- ▶ Comment valider une SOA ?

Proposition : validation (*généralisée*)

Vérifier si le modèle est toujours en accord avec les observations effectuées sur le système d'étude

- ▶ Système réel observé à t_{obs}
- ▶ Le système et ses modèles : caractérisés par des paramètres $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_l\}$

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

**Cas de la validation
de SOA**

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Système réel observé à t_{obs}
- ▶ Le système et ses modèles : caractérisés par des paramètres $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_l\}$
- ▶ Idée : *agentifier* ces paramètres
 - ▶ Acteur du processus d'*Etat*
 - ▶ Source du processus de *Validation*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Système réel observé à t_{obs}
- ▶ Le système et ses modèles : caractérisés par des paramètres $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_l\}$
- ▶ Idée : *agentifier* ces paramètres
 - ▶ Acteur du processus d'*Etat*
 - ▶ Source du processus de *Validation*
- ▶ A différents instants $t_v \in [t^-, t^+]$: un *Agent-Validation* répond à la question Q_{val} :
 - ▶ "Considérant le jeu de paramètres d'initialisation $\omega_n \in \Omega$, la simulation est-elle toujours en accord avec la réalité $\omega_{obs} \in \Omega$, donnée par l'expert à l'instant t_{obs} ?"

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Système réel observé à t_{obs}
- ▶ Le système et ses modèles : caractérisés par des paramètres $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_l\}$
- ▶ Idée : *agentifier* ces paramètres
 - ▶ Acteur du processus d'*Etat*
 - ▶ Source du processus de *Validation*
- ▶ A différents instants $t_v \in [t^-, t^+]$: un *Agent-Validation* répond à la question Q_{val} :
 - ▶ “Considérant le jeu de paramètres d’initialisation $\omega_n \in \Omega$, la simulation est-elle toujours en accord avec la réalité $\omega_{obs} \in \Omega$, donnée par l’expert à l’instant t_{obs} ?”
- ▶ Question transférée progressivement à des *agents subordonnés* :
 - ▶ Q_{obs} : “Quelle est la valeur du paramètre p_i ?”

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d’un
système évidentiel
d’aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l’entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Observations

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

**Cas de la validation
de SOA**

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

**Cas de la validation
de SOA**

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Validation de SOA (3) : architecture pyramidale

SEAD - Fonctions de croyance et SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

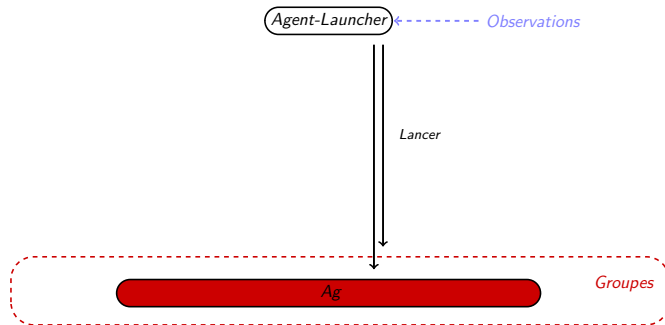
Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives



Validation de SOA (3) : architecture pyramidale

SEAD - Fonctions de croyance et SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

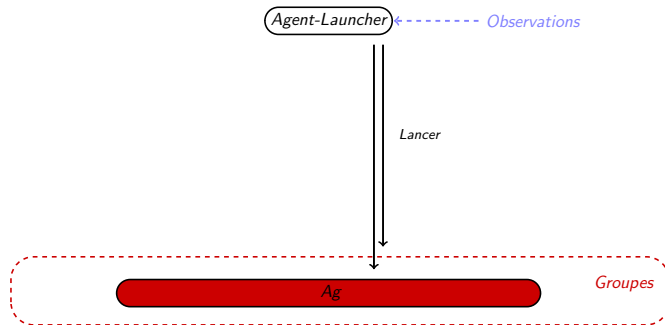
Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

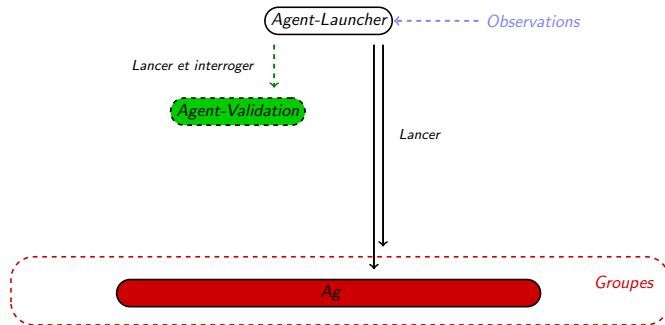
Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives



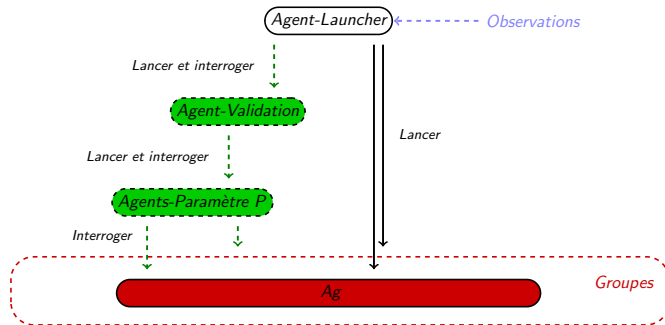
Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Validation de SOA (3) : architecture pyramidale



Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

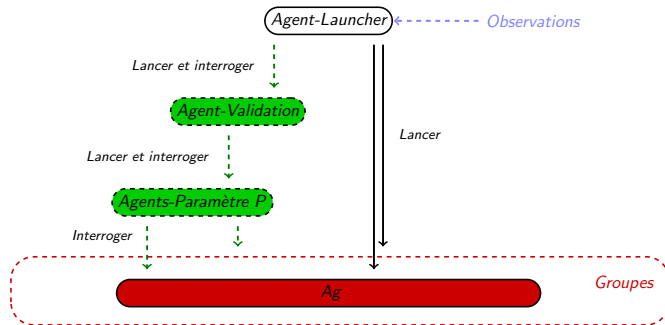
Validation de SOA (3) : architecture pyramidale



Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Validation : "Je ne sais pas. Les paramètres P sont-ils toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Validation de SOA (3) : architecture pyramidale

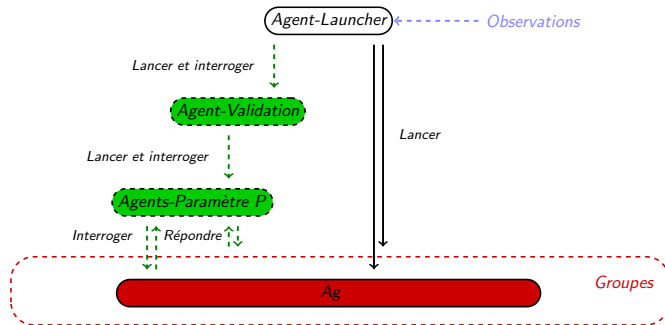


Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Validation : "Je ne sais pas. Les paramètres P sont-ils toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Paramètre : "Quelle est la valeur du paramètre p_i ?"

Validation de SOA (3) : architecture pyramidale



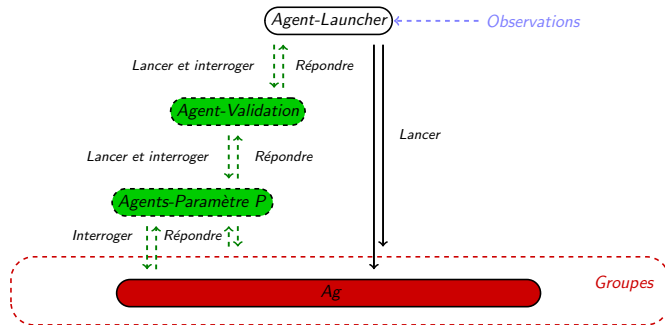
Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Validation : "Je ne sais pas. Les paramètres P sont-ils toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Paramètre : "Quelle est la valeur du paramètre p_i ?"

ag_j : "Je crois que le paramètre vaut *tant*" (réponse sous la forme d'une fonction de masse)

Validation de SOA (3) : architecture pyramidale



Agent-Launcher : "La simulation est-elle toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Validation : "Je ne sais pas. Les paramètres P sont-ils toujours en accord avec les observations t_{obs} ?"

Agent-Paramètre : "Quelle est la valeur du paramètre p_i ?"

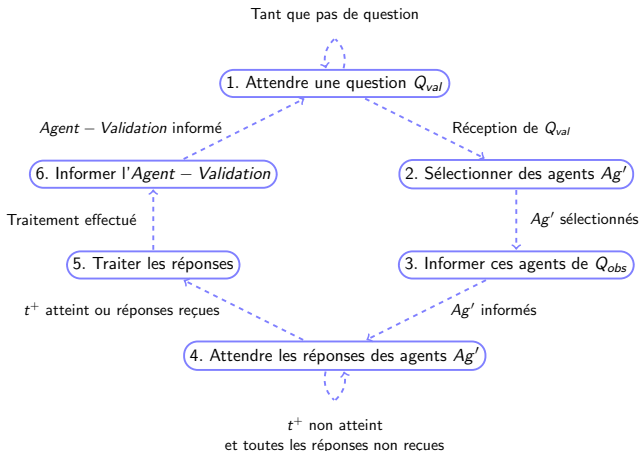
ag_j : "Je crois que le paramètre vaut *tant*" (réponse sous la forme d'une fonction de masse)

Agent-Paramètre : "En fonction des réponses des agents de la simulation, mon paramètre (n')est (pas) valide."

Agent-Validation : "En fonction des réponses de mes Agents-Paramètres, la simulation (n')est (pas) valide."

Agent-Validation : "Merci. A bientôt."

Ex : comportement d'un Agent-Paramètre



- ▶ Architecture générique, implémentable pour tout modèle prédictif
- ▶ Intérêts :
 - ▶ Intuitivité des SMA
 - ▶ Aspects théoriques et formels des fonctions de croyances
- ▶ Architecture adaptable selon les besoins et contraintes (ex. : opérateurs de combinaison)

Introduction

Outils

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek
Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Modélisation multi-agents de la décomposition d'un cadavre

- ▶ Modélisation du cadavre (réseau d'automates cellulaires)
- ▶ Les agents du système :
 - ▶ Les *Agents-Mouche*
 - ▶ Les *Agents-Larve*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Modélisation multi-agents de la décomposition d'un cadavre

- ▶ Modélisation du cadavre (réseau d'automates cellulaires)
- ▶ Les agents du système :
 - ▶ Les *Agents-Mouche*
 - ▶ Les *Agents-Larve*

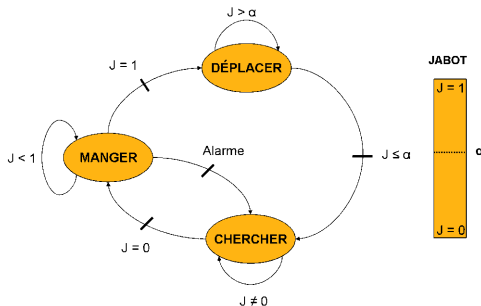


Figure: Cycle comportemental des *Agents-Larve*. De Charabidze, 2010.

- ▶ Etalonnage du paramètre *temps* :
 - ▶ “A partir des prélèvements, quels sont les instants des pontes supportés par les modèles entomologiques x_s ?”

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

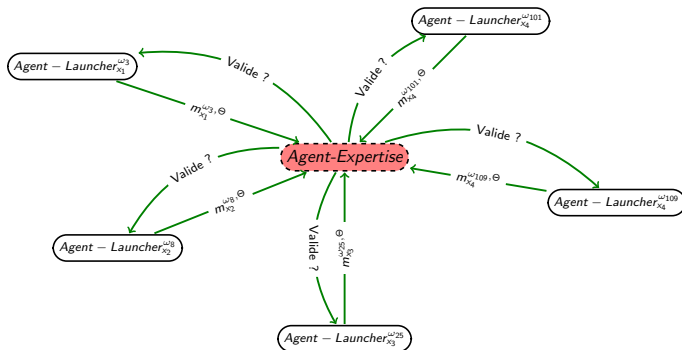
Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Etalonnage du paramètre *temps* :
 - ▶ “A partir des prélèvements, quels sont les instants des pontes supportés par les modèles entomologiques x_s ?”
- ▶ Agentification généralisée



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Développé en Java (HSQLDB, Hibernate, Swing, JFreeChart)
- ▶ En cours de finalisation et de validation

↪ *Voir la video de présentation de ForenSeek...*

► Détails de l'environnement

- Date de disparition de la personne : 16/06/2008
- Date de découverte du cadavre : 29/06/2008
- Température de l'environnement : 25°C (fixe)
- Espèces prélevées : *Lucilia sericata*, *Protophormia terraenovae*, *Phormia regina*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Détails de l'environnement
 - ▶ Date de disparition de la personne : 16/06/2008
 - ▶ Date de découverte du cadavre : 29/06/2008
 - ▶ Température de l'environnement : 25°C (fixe)
 - ▶ Espèces prélevées : *Lucilia sericata*, *Protophormia terraenovae*, *Phormia regina*
- ▶ Décisions de l'expert, dates des premières pontes estimées
 - ▶ *Lucilia sericata* : le 19/06/2008 (1 modèle ADD)
 - ▶ *Protophormia terraenovae* : le 20/06/2008 (1 modèle ADD)
 - ▶ *Phormia regina* : le 24/06/2008 (1 modèle ADD)

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

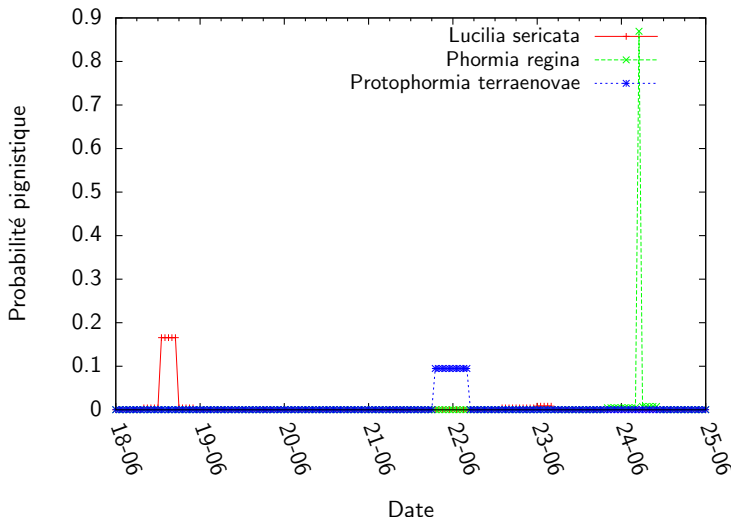
Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Détails de l'environnement
 - ▶ Date de disparition de la personne : 16/06/2008
 - ▶ Date de découverte du cadavre : 29/06/2008
 - ▶ Température de l'environnement : 25°C (fixe)
 - ▶ Espèces prélevées : *Lucilia sericata*, *Protophormia terraenovae*, *Phormia regina*
- ▶ Décisions de l'expert, dates des premières pontes estimées
 - ▶ *Lucilia sericata* : le 19/06/2008 (1 modèle ADD)
 - ▶ *Protophormia terraenovae* : le 20/06/2008 (1 modèle ADD)
 - ▶ *Phormia regina* : le 24/06/2008 (1 modèle ADD)
- ▶ Dates du décès : "Les conditions climatiques étant favorables durant l'été à l'activité des insectes, il est probable que le décès ait précédé de peu les premières pontes (le 19/06/2008)."



Introduction

Outils

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Conclusions et perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Architecture de SEAD générique
- ▶ Résultats applicatifs prometteurs et validant l'originalité de l'approche proposée
- ▶ Intérêts de l'interaction des SMA et de la théorie des fonctions de croyance
- ▶ Etude particulière de la validation de SOA

- ▶ Architecture de SEAD générique
- ▶ Résultats applicatifs prometteurs et validant l'originalité de l'approche proposée
- ▶ Intérêts de l'interaction des SMA et de la théorie des fonctions de croyance
- ▶ Etude particulière de la validation de SOA
- ▶ Site Internet du projet : www.forenseek.org

Perspectives (1) - Rétroagir sur le SEAD

SEAD - Fonctions de croyance et SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

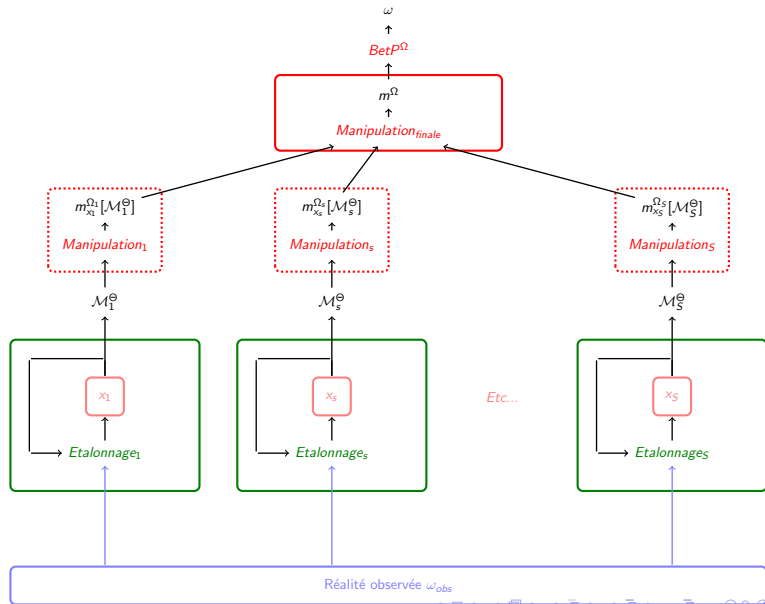
Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

Modélisation agents SEAD ForenSeek

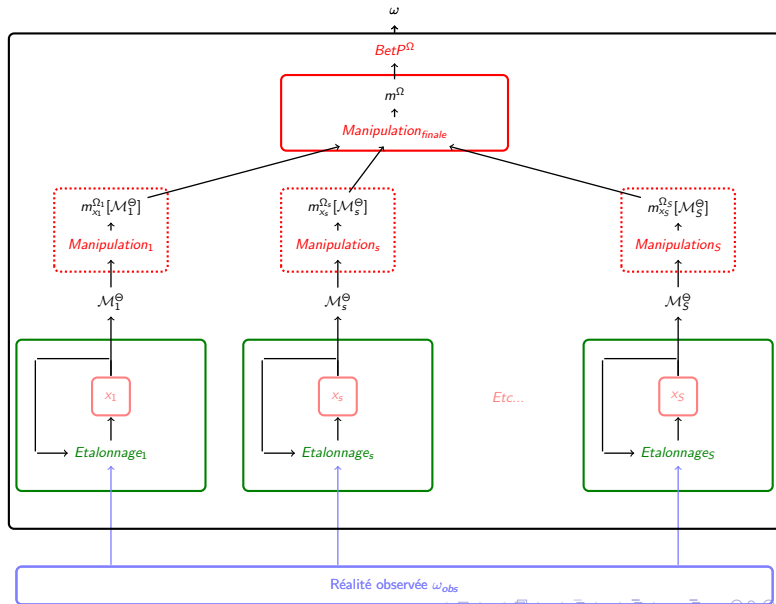
Conclusions et perspectives



Perspectives (1) - Rétroagir sur le SEAD

SEAD - Fonctions de croyance et SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A



Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un système évidentiel d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation de SOA

Application à l'entomologie médico-légale, ForenSeek

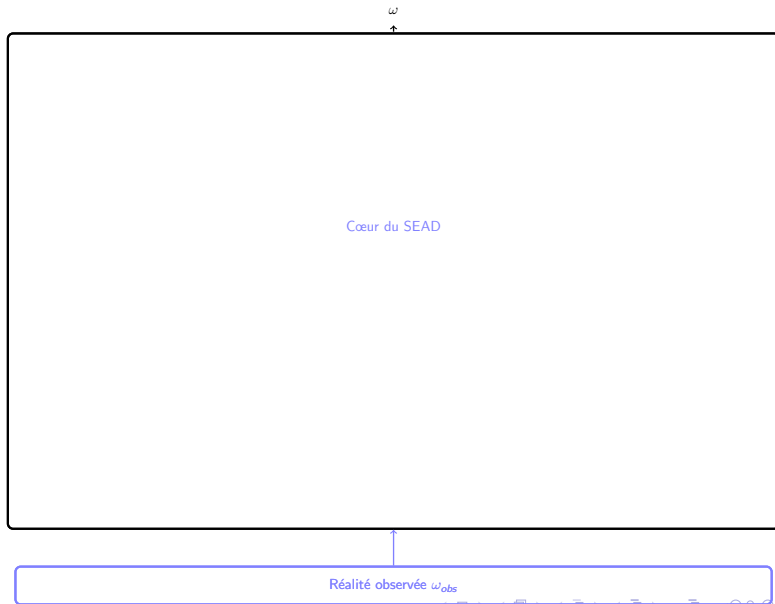
Modélisation agents SEAD ForenSeek

Conclusions et perspectives

Perspectives (1) - Rétroagir sur le SEAD

SEAD - Fonctions
de croyance et
SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A



Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

- Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

The diagram illustrates the SEAD core and its interaction with observed reality. A central box labeled 'Cœur du SEAD' has an upward-pointing arrow labeled with the Greek letter ω . Below this box is a long horizontal box labeled 'Réalité observée ω_{obs} '. A vertical arrow points from the bottom of the 'Réalité observée' box up to the bottom of the 'Cœur du SEAD' box, indicating a feedback loop.

Cœur du SEAD

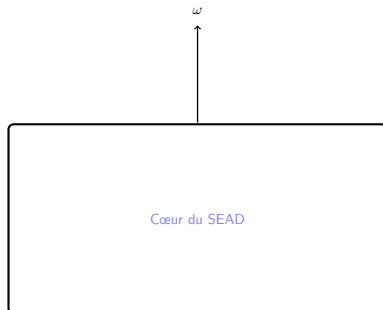
Réalité observée ω_{obs}

Perspectives (1) - Rétroagir sur le SEAD

SEAD - Fonctions
de croyance et
SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A

$\omega_{V\acute{e}r\acute{e}t\acute{e}}$



Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

- Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Perspectives (1) - Rétroagir sur le SEAD

SEAD - Fonctions
de croyance et
SMA

A. Veremme
HEI - LGI2A

Introduction

Outils

- Systèmes multi-agents
- Fonctions de croyance
 - Niveau crédal
 - Niveau pignistique

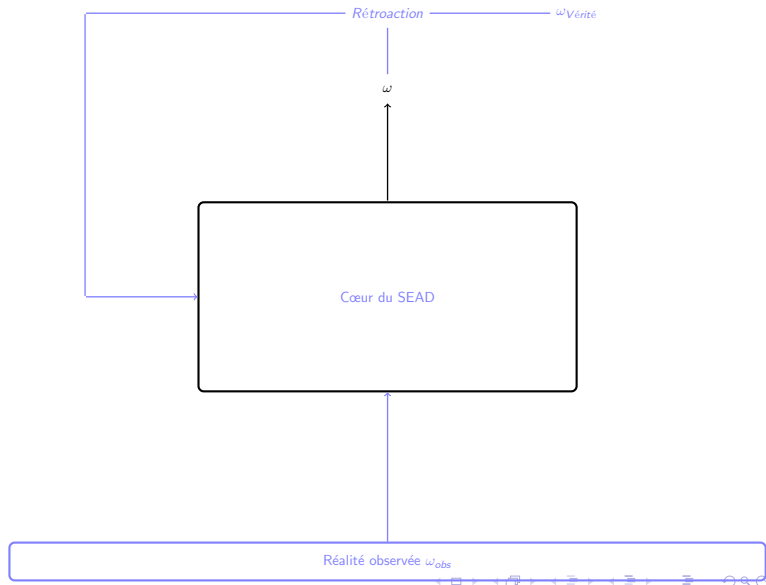
Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

- Contexte
- Architecture générale
- Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

- Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives



- ▶ Théoriques :
 - ▶ Approfondissement des différents processus (p. ex. : *Etalonnage, Rétroaction*)
 - ▶ Amélioration du processus de *Validation*
 - ▶ Intégration d'une *logique de description*

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents

Fonctions de croyance

Niveau crédal

Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte

Architecture générale

Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents

SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Théoriques :
 - ▶ Approfondissement des différents processus (p. ex. : *Etalonnage, Rétroaction*)
 - ▶ Amélioration du processus de *Validation*
 - ▶ Intégration d'une *logique de description*
 - ▶ Amélioration des coûts algorithmiques liés au système de fusion
 - ▶ Etude de l'intérêt des fonctions de croyance continues
 - ▶ Travaux autour des opérateurs de combinaison

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

- ▶ Théoriques :
 - ▶ Approfondissement des différents processus (p. ex. : *Etalonnage, Rétroaction*)
 - ▶ Amélioration du processus de *Validation*
 - ▶ Intégration d'une *logique de description*
 - ▶ Amélioration des coûts algorithmiques liés au système de fusion
 - ▶ Etude de l'intérêt des fonctions de croyance continues
 - ▶ Travaux autour des opérateurs de combinaison
- ▶ Applicatives :
 - ▶ Finalisation de l'application
 - ▶ Mise en place d'un protocole de validation pour l'entomologie médico-légale
 - ▶ Applications de l'architecture à d'autres domaines (énergétique, logistique...)

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Introduction

Outils

Systèmes multi-agents
Fonctions de croyance
Niveau crédal
Niveau pignistique

Architecture d'un
système évidentiel
d'aide à la décision

Contexte
Architecture générale
Cas de la validation
de SOA

Application à
l'entomologie
médico-légale,
ForenSeek

Modélisation agents
SEAD ForenSeek

Conclusions et
perspectives

Merci pour votre attention ! Des questions ?

Rendez-vous sur www.forensseek.org