

# Thèse

---

*Modèle de raisonnement distribué pour  
l'accompagnement de personnes dépendantes par des  
robots intelligents*



**Bâtiment Nautibus  
Campus de la Doua  
8 boulevard Niels Bohr  
69 622 Villeurbanne Cedex**

<http://www.univ-lyon1.fr/> | <http://liris.cnrs.fr/>

Encadrants

**AKNINE Samir**

**MATIGNON Lætitia**

Doctorant

**GRÉA Antoine**

Financement



v0.1.223

Généré le 2015-04-23

! Ce document n'est qu'un aperçu, toutes les informations contenue dans celui-ci peuvent ne pas représenter la nature ou bien la forme de la version définitive.

## → Introduction

Alors que les avancées des sciences médicales permette à la population de vivre de plus en plus longtemps, les innovations en termes de robotique d'assistance ne permettent toujours pas de pourvoir au besoin des personnes dépendantes. Depuis des années de nombreux scientifiques dans le domaine cherchent à créer des robots capables d'interactions sociales et notamment capables de collaborer avec des humains de la manière la plus naturelle qui soit. Le présent travail vise à contribuer aux fondations nécessaires à un tel système.

## ⊥ Sujet Initial

Ce document présente le travail de thèse effectué sur le sujet suivant :



Modèle de raisonnement distribué pour l'accompagnement de personnes dépendantes par des robots intelligents

Celui-ci suppose donc que la contribution finale de ce travail portera sur la création ou modification d'un système intelligent d'assistance robotique.

## \* Contexte

Cette thèse est effectuée dans le cadre de l'arc 2 financée par la région Rhône-Alpes sous la tutelle de l'université Lyon 1 et réalisée dans le laboratoire **LRIS** au sein de l'équipe SMA. Elle est dirigée par Samir Aknine et Lætitia Matignon et en collaboration avec le partenaire industriel **ALDEBARAN**.

## ⊙ Problématique

Les robots actuels n'ont que très peu de capacité sociales. La plupart sont des appareils spécialisé qui ne peuvent qu'accomplir qu'une tâche spécifique. Ces robots, bien que très utiles, ne peuvent pas prétendre pouvoir accomplir des tâches complexes comme de la collaboration ou de l'assistance avec des humains. La problématique réside donc dans la réalisation de nouveaux systèmes permettant de prédire le comportement d'humains afin de pouvoir fournir une assistance efficace au moment voulut.

Pour cela, un robot doit pouvoir inférer les intentions de personnes afin de planifier une solution d'assistance. Dans le domaine de la reconnaissance d'intention beaucoup de solutions existent mais seulement quelques tentatives vise l'application à la robotique.

Le but est donc de créer un système innovant de reconnaissance d'intention et de prise de décision appliquée aux robots afin de créer un logiciel capable d'assister des humains avec le minimum d'interactions possible.

## ⇒ Planning

Dans un premier temps il est nécessaire d'étudier les différents domaines et solutions existantes. Pour cela une étude bibliographique approfondie est nécessaire. Cette étude de 5 mois environ permet de connaître les différentes pistes envisageables. Ensuite viens la phase d'exploration des solutions de 4 mois afin d'aboutir à un prototype qui permet de tester la validité du modèle choisis. Cette validation de plusieurs mois permettra d'affiner le modèle ou bien d'en changer si nécessaire.

## ↳ Sommaire

↳ Introduction	2	<b>2.1.3</b> Planification	10
<b>1</b> Méthodes de recherche	4	<b>2.2</b> Problèmes du domaine	10
<b>1.1</b> Ressources de recherches	4	<b>2.2.1</b> Observations et inférences	10
<b>1.1.1</b> Liste de ressources	4	<b>2.2.2</b> Incohérences cognitive	10
<b>1.1.2</b> Outils de recherche	4	<b>2.2.3</b> Séquentialité	11
<b>1.2</b> Vocabulaire et Mots-clés	4	<b>3</b> État de l'Art	11
<b>1.2.1</b> Terminologie	5	<b>3.1</b> Reconnaissance d'intention	11
<b>1.2.2</b> Formule de recherche	5	<b>3.1.1</b> Contrainte	11
<b>1.2.3</b> Importance relative des termes	5	<b>3.1.2</b> Réseaux	13
<b>1.3</b> Informations	6	<b>3.1.3</b> Planification	15
<b>1.3.1</b> Scientifique	6	<b>3.2</b> Robotique	15
<b>1.3.2</b> Presse	7	→ Conclusion	16
<b>1.3.3</b> Technique	7	↳ Références	16
<b>1.3.4</b> Économique	7	⊕ Annexes	17
<b>1.4</b> Synthèse	7	♣ Bilan de Compétence	18
<b>2</b> Fondamentaux	9	🚩 Mots clés	19
<b>2.1</b> Concepts et Théories	9	✂ Résumé	19
<b>2.1.1</b> Domaine	9		
<b>2.1.2</b> Croyance et projection	9		





## 1.3 Informations

### 1.3.1 Scientifique

#### Articles d'encyclopédie

- [1] "Planning Domain Definition Language," Wikipedia, the free encyclopedia. 13-Oct-2014.
- [2] "And-or tree," Wikipedia, the free encyclopedia. 24-Oct-2014.
- [3] "Planification (intelligence artificielle)," Wikipédia. 07-Nov-2014.
- [4] "Logique floue," Wikipédia. 15-Nov-2014.
- [5] "Théorème de Bayes," Wikipédia. 15-Nov-2014.
- [6] "Inférence," Wikipédia. 17-Nov-2014.
- [7] "Fluent (artificial intelligence)," Wikipedia, the free encyclopedia. 11-Dec-2014.
- [8] "STRIPS," Wikipedia, the free encyclopedia. 11-Dec-2014.
- [9] "Backward chaining," Wikipedia, the free encyclopedia. 19-Feb-2015.

#### Livres

- [1] E. Charniak, Introduction to artificial intelligence. Pearson Education India, 1985.
- [2] P. C. Roy, Modèle possibiliste pour la reconnaissance d'activités habitat intelligent. Université de Sherbrooke, 2012.
- [3] G. Sukthankar, C. Geib, H. H. Bui, D. Pynadath, and R. P. Goldman, Plan, Activity, and Intent Recognition: Theory and Practice. Newnes, 2014.

#### Thèse

- [1] D. Avrahami-Zilberbrand, "Efficient Hybrid Algorithms for Plan Recognition and Detection of Suspicious and Anomalous Behavior," Bar Ilan University, 2009.
- [2] E. Bonchek-Dokow, "Cognitive Modeling of Human Intention Recognition," Bar Ilan University, 2012.
- [3] H. A. Kautz, "A formal theory of plan recognition," Bell Laboratories, 1987.
- [4] Miquel Ramírez, "Plan Recognition as Planning," Universitat Pompeu Fabra, 2012.
- [5] N. Vidal, "Comportements d'Agents en Mouvement : Une Approche Cognitive pour la Reconnaissance d'Intentions," Université Pierre & Marie Curie - Paris 6, UMR 7606 Laboratoire d'informatique de Paris 6, 2014.

#### Articles

- [1] D. Avrahami-Zilberbrand and G. A. Kaminka, "Fast and Complete Symbolic Plan Recognition.," in IJCAI, 2005, pp. 653–658.

- [2] D. Avrahami-Zilberbrand and G. A. Kaminka, "Hybrid symbolic-probabilistic plan recognizer: Initial steps," in Proceedings of AAAI workshop on modeling others from observations (MOO-06), 2006.
- [3] M. Awais and D. Henrich, "Human-robot collaboration by intention recognition using probabilistic state machines," in Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD), 2010 IEEE 19th International Workshop on, 2010, pp. 75–80.
- [4] C. L. Baker, J. B. Tenenbaum, and R. R. Saxe, "Goal inference as inverse planning," in Proceedings of the 29th annual meeting of the cognitive science society, 2007.
- [5] N. Blaylock and J. Allen, "Fast hierarchical goal schema recognition," in Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, 2006, vol. 21, p. 796.
- [6] C. W. Geib and R. P. Goldman, "Plan recognition in intrusion detection systems," in DARPA Information Survivability Conference & Exposition II, 2001. DISCEX'01. Proceedings, 2001, vol. 1, pp. 46–55.
- [7] C. W. Geib and R. P. Goldman, "Partial observability and probabilistic plan/goal recognition," in Proceedings of the International workshop on modeling other agents from observations (MOO-05), 2005.
- [8] R. P. Goldman, C. W. Geib, and C. A. Miller, "A new model of plan recognition," in Proceedings of the Fifteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence, 1999, pp. 245–254.
- [9] N. Inoue and K. Inui, "ILP-Based Reasoning for Weighted Abduction.," in Plan, Activity, and Intent Recognition, 2011.
- [10] M. Ramirez and H. Geffner, "Plan recognition as planning," in Proceedings of the 21st international joint conference on Artificial intelligence. Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2009, pp. 1778–1783.
- [11] K. Talamadupula, G. Briggs, T. Chakraborti, M. Scheutz, and S. Kambhampati, "Coordination in human-robot teams using mental modeling and plan recognition," in Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), 2014 IEEE/RSJ International Conference on, 2014, pp. 2957–2962.
- [12] B. Bouchard, S. Giroux, and A. Bouzouane, "A Smart Home Agent for Plan Recognition of Cognitively-impaired Patients.," Journal of Computers, vol. 1, no. 5, pp. 53–62, 2006.
- [13] R. Kelley, A. Tavakkoli, C. King, A. Ambardekar, and M. Nicolescu, "Context-based bayesian intent recognition," Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on, vol. 4, pp. 215–225, 2012.



## Cours, tutoriels

- [1] Hector Geffner, "Planning and Plan Recognition (Slides)," presented at the Plan Recognition Seminar, Dagstuhl, 2011.
- [2] Olivier PARENT and Julien EUSTACHE, "Les Réseaux Bayésiens: A la recherche de la vérité," presented at the Master 2 Recherche Connaissance et Raisonnement, 2006 – 2007 Cours Cognition et connaissance, Université Claude Bernard Lyon 1.

### 1.3.2 Presse

#### Presse d'actualité

- [1] "Un robot peluche testé auprès de personnes âgées," France info. [Online]. Available: <http://www.franceinfo.fr/vie-quotidienne/sante/article/un-robot-peluche-teste-aupres-de-personnes-agees-613621>. [Accessed: 15-Apr-2015].
- [2] "Romeo, le robot humanoïde «made in France» enfin dévoilé." [Online]. Available: <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2014/03/18/01007-20140318ARTFIG00108-romeo-le-robot-humanoide-made-in-france-devoile-pour-la-premiere-fois.php>. [Accessed: 15-Apr-2015].
- [3] "Ces robots qui veillent sur les seniors." [Online]. Available: <http://www.la Tribune.fr/techno-medias/electronique/20131125trib000797863/ces-robots-qui-veillent-sur-les-seniors.html>. [Accessed: 15-Apr-2015].

#### Presse spécialisée

- [1] "Projecting a robot's intentions," MIT News. [Online]. Available: <http://newsoffice.mit.edu/2014/system-shows-robot-intentions-1029>. [Accessed: 01-Dec-2014].
- [2] "Robear is a robot bear that can care for the elderly," Engadget. [Online].

Available:

<http://www.engadget.com/2015/02/26/robear-japan-caregiver/>. [Accessed: 27-Feb-2015].

- [3] "The rise of the robotic servant," Engadget. [Online]. Available: <http://www.engadget.com/2014/11/23/the-rise-of-the-robotic-servant/>. [Accessed: 24-Nov-2014].

### 1.3.3 Technique

#### Robotique

<http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials>

#### Planification

<http://www.public.asu.edu/~ktalamad/tmp/proj2.html>

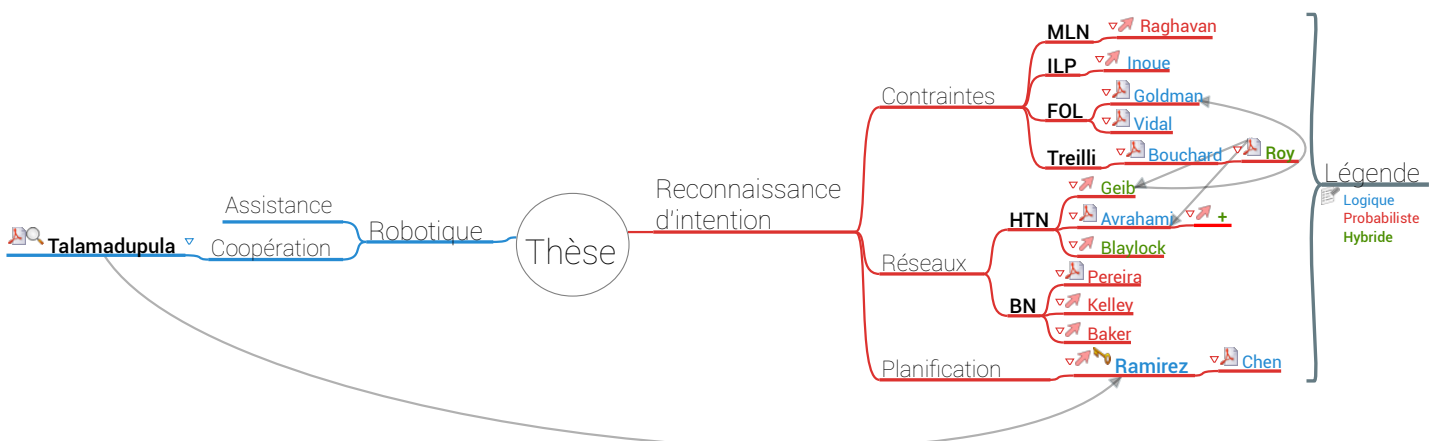
<http://rakaposhi.eas.asu.edu/sapa.html/>

### 1.3.4 Économique

- [1] "Google: un brevet pour doter les robots domestiques de personnalités téléchargeables," lesechos.fr. [Online]. Available: <http://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/0204278487311-google-un-brevet-pour-doter-les-robots-domestiques-de-personnalites-telechargeables-1108300.php#Xtor=AD-6000>. [Accessed: 15-Apr-2015].
- [2] D. Feugey, "Internet des Objets et robotique, nouvelles cibles de Microsoft," Silicon. [Online]. Available: <http://www.silicon.fr/internet-des-objets-et-robotique-les-nouvelles-cibles-de-microsoft-113728.html>. [Accessed: 15-Apr-2015].
- [3] "Aldebaran a fini de jouer avec Nao le petit robot," Challenges. [Online]. Available: <http://www.challenges.fr/entreprise/20150402.CHA4548/aldebaran-a-fini-de-jouer-avec-nao-le-petit-robot.html>. [Accessed: 15-Apr-2015].

## 1.4 Synthèse

Toutes ces données ont permis de réaliser une carte heuristique de l'état de l'art du domaine :



## 2 Fondamentaux

### 2.1 Concepts et Théories

#### 2.1.1 Domaine

##### Définition

Un Domaine  $d \in D$  est un tuple  $d = (C, I, R)$  tel que  $C$  est l'ensemble des classes (aussi appelées types),  $I$  l'ensemble des instances (aussi appelées objets ou concepts) et  $R$  l'ensemble des relations. Si les instances  $i$  et  $j$  sont reliés par la relation  $r \in R$  alors on écrit  $r(i, j)$ . La notation  $c(i), i \in I, c \in C$  signifie que l'objet  $i$  est une instance de  $c$ .

On considère l'opérateur de valuation  $\Downarrow$  qui appliqué à tout objet donne sa valeur instantanée et à toutes classes donne l'ensemble de ses instances.

##### Subsompion

On dit qu'une classe  $c$  subsume une classe  $c'$  si et seulement si toutes les instances de  $c'$  sont des instances de  $c$ , autrement dit :  $c \succ c' \Leftrightarrow \forall i \in I, c(i) \Rightarrow c'(i)$

On dit qu'un domaine  $d$  subsume un domaine  $d'$  si et seulement si  $C' \subseteq C \wedge I' \subseteq I \wedge R' \subseteq R$ .

##### Abstraction

Abstraction est le processus qui consiste à factoriser des aspects arbitraire commun d'un système complexe afin d'en extraire une représentation plus simple et pertinente.

Axiome 1 : On note  $\mathbb{R}$  le domaine représentant la réalité. On suppose que  $\mathbb{R}$  est la borne supérieure de  $D$ , c'est-à-dire que  $\forall d \in D, \mathbb{R} > d$ .

Ceci signifie que toute représentation est au mieux une approximation du réel. On ne peut donc pas créer un système capable de connaître toutes les informations nécessaires à une réponse juste dans toutes les situations. Néanmoins il est possible de s'en approcher de manière conséquente.

Une autre conséquence de cet axiome est que  $|C_{\mathbb{R}}| = |I_{\mathbb{R}}| = |R_{\mathbb{R}}| = \infty$ . Donc plus un domaine est pertinent plus la complexité en temps et en mémoire augmente, et comme les algorithmes de recherche son souvent Np-complet, cette évolution est exponentielle.

#### 2.1.2 Croyance et projection

##### Croyance

Ce problème nécessite des adaptations du système de connaissance. La première chose est que si tout reste incertain on peut affecter des degrés de croyance aux faits stocké en mémoire. Cette croyance porte donc sur les relations et non les instances car c'est les relations qui restent le plus proche de  $\mathbb{R}$  dans leur similarité de structure.

On note alors la croyance d'une relation  $r(i, j) ? = c_r$ . Ce degré de croyance est alors un simple morphisme du domaine vers un système de logique floue.

##### Perspective

Comme le domaine de recherche contient de multiple aspects de coopération avec d'autre agents, il est pertinent d'également prendre en compte les projections de connaissance. Une projection consiste en la sélection d'une partie de la base de connaissance par rapport à la perspective inférée d'un agent extérieur. On note  $\pi_x(d)$  la perspective de l'agent  $x$  sur le domaine  $d$ . Cette projection peut supprimer ou ajouter des relations dans le domaine résultat.

On porte le concept de croyance sur les projections ainsi la croyance de l'agent  $x$  sur la relation  $r$  est notée  $r(i, j) ?_x = c_{r,x}$ . Il devient dès lors pertinent d'utiliser cette notion pour effectuer des projections simplement en modifiant les valeurs de croyance lors d'une projection. Il est également intéressant de noter que la projection par défaut est réflexive, c'est-à-dire de soi-même.



### 2.1.3 Planification

#### Actions

Les actions sont les opérateurs de l'espace d'état formé par un domaine. Une action possède une précondition et un effet. La précondition est une formule logique qui doit être validé pour rendre l'action possible. On la note  $a \triangleright$ . L'effet est un ensemble de tuple  $\langle r, v \rangle$  avec  $r$  une relation du domaine pour des instances données et  $v$  une valeur de croyance (ou booléenne). Il est noté  $a \triangleleft$ . On définit l'application d'une action sur un domaine  $d$  comme  $a(d) = \langle C, I, R' \rangle$  avec  $R' = (\neg a \triangleright(d) \wedge R) \vee (a \triangleright(d) \wedge a \triangleleft(R))$ .

De plus, on affecte un agent effecteur aux actions tel que  $a_x(d)$  représente une action de l'agent  $x$  sur le domaine  $d$ . Si on ne précise pas d'effecteur on considère que l'action est effectuée par soi-même.

#### Évènements

On parle d'évènements si l'effecteur d'une action est inconnu. On note un évènement basé sur l'action  $a$  de la manière suivante  $a_\theta(d)$ .

#### Plans

Les plans, ou séquence d'actions, sont des listes ordonnées d'action tel que  $p = [a_1, a_2, \dots, a_n]$  vas correspondre à la méta-action  $p(d) = (a_n \circ \dots \circ a_2 \circ a_1)(d)$  avec :

$$p \triangleright = a_1 \triangleright \bigcup_{i=1}^n a_{i+1} \triangleright \setminus a_i \triangleleft \quad \text{et} \quad p \triangleleft = \bigcup_{i=0}^n a_i \triangleleft$$

## 2.2 Problèmes du domaine

### 2.2.1 Observations et inférences

Comme expliqué précédemment, on ne peut que s'approcher du réel et toute avancée dans la pertinence et dans le détail est exponentiellement cher au niveau des ressources en calcul et mémoire. C'est pour cela que tout système entretiendra un degré d'abstraction élevé qui causera des erreurs inhérentes à cette approximation.

Ce phénomène de bruit peu impacter le système de reconnaissance d'activité et de situation et donc impacter sérieusement le système de reconnaissance d'intention et de prise de décision avec un effet d'amplification de l'erreur au fur et à mesure qu'elle est traitée. Il est également important de se souvenir que ce phénomène de bruit de donnée est présent également en inhibition et que la non-perception d'un évènement est aussi handicapant que la perception du mauvais évènement.

Il est possible de protéger des systèmes de reconnaissance de manière convenable mais ceci implique souvent une restriction aux niveaux des possibilités offerte par le système comme la reconnaissance spécialisée ou bien la reconnaissance à un niveau de pertinence moins élevé.

### 2.2.2 Incohérences cognitive

Dans le domaine de l'assistance personnelle, la reconnaissance d'activité est un élément crucial. Or il arrive que ces évènements soit très difficile à reconnaître. Le bruit de données évoqué précédemment peut être aisément confondu avec un oubli de la part de l'agent observé. Ce dilemme est également présent lors de période d'inactivité, le système peu commencer à créer des évènements de toute pièce pour combler ce qu'il peut percevoir comme du bruit d'inhibition.

Ces problèmes s'accompagne d'autres lié au comportement de l'agent observé. Il peut par exemple effectuer des étapes superflues, recommencer des activités en cours ou bien les abandonner subitement. On ajoute que d'autre aspect des observations peuvent rendre compliqué des inférences automatisées comme les actions ambiguës ou l'agent effectue une action qui ressemble à une autre.

Cependant certains problèmes liés au bruit peuvent être facilement détecté par des processus cognitifs simples comme les séquences impossibles (par exemple fermer une porte fermée). Des analyses contextuelles permettent de résoudre partiellement certains de ces problèmes.

### 2.2.3 Séquentialité

Notre reconnaissance portant sur un aspect de planification à forte temporalité, on doit prendre en compte les problèmes classiques de séquentialité.

Un premier problème est de déterminer la fin d'un plan et le début d'un autre. En effet il est possible que certaines transitions entre deux plans semble être un plan en soit et donc risque de causer des faux positifs. Un autre problème est celui des plans entrelacés. Une personne peut tout à fait faire deux choses à la fois comme répondre au téléphone tout en cuisinant. On peut alors identifier une action d'un plan entrelacé comme un abandon d'activité ou bien comme une incohérence logique. Un dernier problème est celui des actions surchargées. Non seulement un agent peut réaliser deux tâches simultanément mais également effectuer une action qui contribue à deux activités. Ces actions surchargées rendent complexe le processus de reconnaissance d'intention car elles sont proche du bruit de donnée.

## 3 État de l'Art

### 3.1 Reconnaissance d'intention

Le problème de la reconnaissance d'intention a été fortement abordé, et ce depuis de nombreux angles. Dès lors il n'est guère surprenant que les paradigmes font légion dans le domaine. Les premiers travaux sur le sujet mettent en avant le fait que les problèmes de reconnaissance d'intention sont des problèmes de logique abductive ou de couverture de graphes. Depuis, de nombreux modèles ont rivalisé d'imagination et d'innovation afin d'améliorer le champ. On y retrouve les modèles à base de système de contrainte qui donne une solution basée sur des règles pré-établies et des bibliothèques de plan compilées, ceux qui utilisent des réseaux d'état ou d'actions qui puis qui lancent des algorithmes sur ces données et enfin les systèmes de planification inversée.

#### 3.1.1 Contrainte

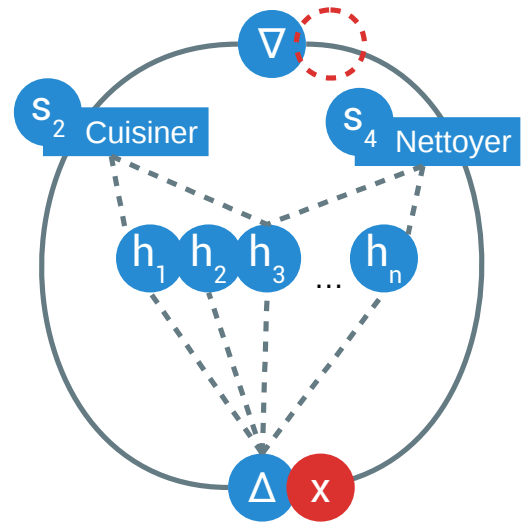
Une des approches de la reconnaissance d'intention est celle qui construit un système autour de contrainte logique forte. On y retrouve souvent un système de contrainte temporel qui est agrémenté de divers extensions afin de couvrir le plus de problème de séquentialité possible.

##### Goldman

Afin de résoudre un problème de reconnaissance d'intentions, on peut utiliser la logique abductive. Contrairement à la logique déductive le but est de déterminer l'objectif à partir des actions observées. Parmi les premiers modèle introduis on retrouve celui de Goldman [1] qui utilise le principe d'action afin de construire une représentation logique du problème. Ce paradigme consiste à créer des règles logiques comme si l'on effectuait réellement l'action considérée mais de poser en hypothèse les prédicats qui concrétisent l'action et d'ainsi pouvoir parcourir l'espace de recherche ainsi créé afin de trouver l'ensemble des plans possibles contenant les actions observées et concrétisant des intentions définies. Ce modèle repose fortement sur la logique du premier ordre et sur des langage de programmation logique de type SWI Prolog. Bien que révolutionnaire pour l'époque, ce système pâle en comparaison des systèmes récents, notamment en termes de précision de la prédiction.

## Bouchard

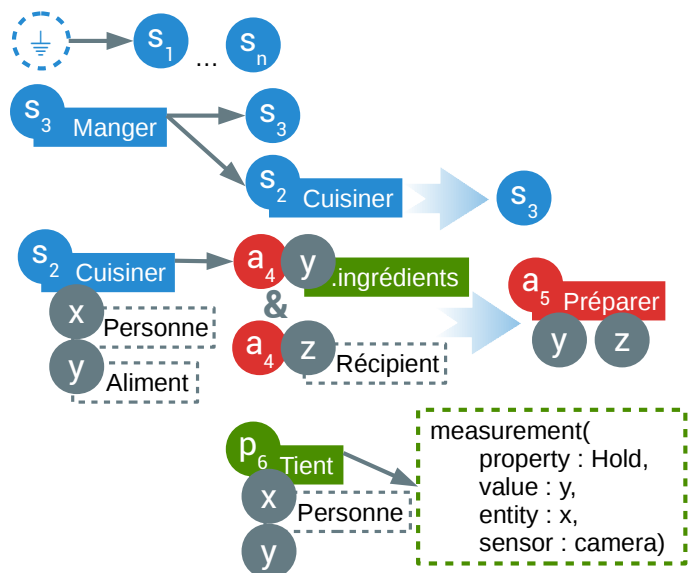
Certains paradigmes utilisent de l'algèbre afin de déterminer les plans possibles à partir d'action observés. On y trouve notamment le modèle de Bouchard et al. [2] qui étend la relation de subsomption de la théorie des domaines à la description d'action et de séquence d'action afin de l'introduire comme relation d'ordre dans le cadre de la construction d'un treillis composé des plans possibles considérant les actions observées. Ce modèle prend simplement en compte les actions observée et sélectionne tout plan dans la bibliothèque de plans qui contient au moins une action observée. Ensuite ce paradigme vas construire l'ensemble des plans possibles qui correspondent au produit cartésien des actions observées avec les actions contenues dans les plans sélectionnés (tout en respectant leur ordre). Ce système permet d'obtenir une relation de subsomption qui correspond au fait que les plans soient plus ou moins généraux. Malheureusement cette relation seule ne donne aucune information sur quel plan est le plus probable.



C'est pourquoi Roy [17] créa une extension probabiliste de ce modèle. Celui-ci utilise des données de fréquence issue d'une période d'apprentissage du système afin de calculer les probabilités d'influence de chaque plan de l'espace de reconnaissance. Ceci permet de calculer des intervalles probabiliste pour chaque plan, action ainsi que pour un plan sachant une action donnée. Afin de déterminer la probabilité de chaque plan sachant la borne supérieur du treillis (plan contenant toutes les actions observées) on fait la somme des probabilités conditionnelle du plan pour chaque action observée divisé par le nombre d'actions observées. Ceci donne un intervalle de probabilité pour chaque plan permettant de les ordonnés. Ce modèle propose l'avantage de considérer de nombreux plans possibles mais a le désavantage de voir une explosion computationnelle dès lors que le nombre d'actions observées augmente ainsi qu'une prise en compte inexistante du contexte.

## Vidal

Une autre approche est celle de la grammaire. En effet on peut considérer des actions comme des mots et les séquences comme des phrases et ainsi définir un système qui permet de reconnaître des plans à partir de séquences incomplètes. Vidal [5] a donc créé un système de reconnaissance d'intentions basé sur une grammaire. Celle-ci utilise le système de grammaire évaluée afin de spécifier des mesures issues d'observations. Ces mesures vont permettre de sélectionner des plans spécifique et ainsi de retourner en résultat un arbre d'hypothèse hiérarchique avec les actions déjà effectuées, celle avenir ainsi que les plans desquels elles sont issues. Ce modèle est très proche des système à base de logique du premier ordre, il utilise d'ailleurs un système de programmation à base de langage logique de type SWI Prolog. Étant donné le domaine d'application de surveillance maritime ce modèle, bien que prenant très bien en compte le contexte et l'évolution des mesures, n'est que peu adapté à une application en assistance notamment en l'absente d'un système de discrimination des plans résultats.



## Inoue

Une autre classe d'approches est celle qui consiste à détourner des outils de résolution de problèmes standards afin de résoudre celui de la reconnaissance d'intentions. On peut donc, par modification d'algorithmes classiques ou par transformation de problème, faire en sorte que la solution de l'outil corresponde à celle recherchée.

Inoue et al. [6] développe l'idée d'un modèle qui utilise la programmation linéaire afin de résoudre le problème de reconnaissance. En effet les observations sont introduites sous forme de causes par rapport aux hypothèses, dans un système de prédicat de logique du premier ordre. Chaque atome est alors pondéré et introduit dans un processus de transformation de problème par rétro-chaînage et par introduction de contraintes d'ordre et de causalité afin de forcer le programme linéaire vers les solutions optimales en prenant en compte les observations. Bien qu'ingénieuse cette solution ne permet pas de discriminer les plans possibles et s'applique très mal à des situations de reconnaissance en temps réel, principalement à cause de la procédure de transformation de problème requise à chaque mise à jour du problème.

## Raghavan

Un autre paradigme de contrainte est celui présenté par Raghavan et al. [7] utilisant une extension Markovienne de la logique du premier ordre. Le modèle est constitué d'une bibliothèque de plans représenté sous la forme de clauses de Horn indiquant quelles actions impliquent quelles intentions. Le but est dès lors d'inverser les implications afin de transformer le mécanisme de déduction en celui d'abduction. On doit alors introduire des contraintes d'exclusion et un système de poids acquis par apprentissage afin de déterminer l'intention la plus probable. Encore une fois, malgré la présence d'un système de discrimination de résultat, on ne retrouve pas de prise en compte du contexte et la transformation abductive reste un processus trop lourd pour de la reconnaissance en temps réel.

### 3.1.2 Réseaux

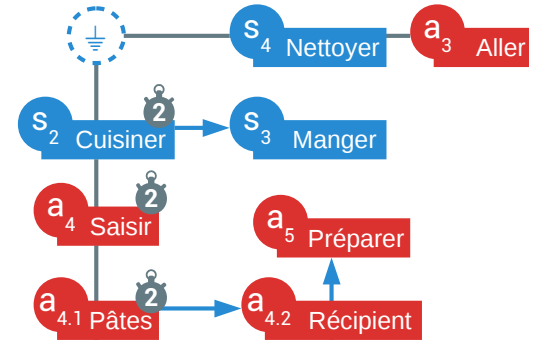
#### Geib

Comme à ses débuts, la reconnaissance d'intention peut toujours être modélisé sous la forme de graphes. Très souvent dans la reconnaissance d'intention on utilise des arbres pour pouvoir exploiter les avantages que procure l'acyclicité dans les algorithmes de résolution et de parcours. Dans la prolifique littérature de Geib et al. on trouve le modèle à la base de PHATT [3] qui consiste en un arbre ET/OU représentant un réseau de tâches hiérarchiques (RTH) qui contient les intentions ainsi que leur plans ou méthodes. Une relation d'antériorité est ajoutée à ce modèle et c'est grâce à celle-ci que l'on pose des contraintes d'exécution des actions. Une fois une action observée on débloque tous les successeurs de l'action comme potentielle prochaine action observée. On peut donc inférer par parcours hiérarchique les intentions candidates pour la séquence observée.

Ce modèle ne permettant pas la discrimination des résultats, Geib et al. [16] ajoute ensuite des probabilités aux explications des observations. On utilise le degré de couverture de chaque but possible afin de calculer la probabilité de chaque but. C'est-à-dire que le but ayant le plan contenant le plus d'action observée et le moins d'action non observée sera le plus probable. Ceci est très ingénieux, car le degré de couverture est un des indicateurs les plus fiables. Cependant, le modèle ne prends que la temporalité en compte et a donc pas de support contextuel. La représentation sous forme d'arbre rends aussi très difficile toute flexibilité au niveau des plans qui sont alors fixé a priori.

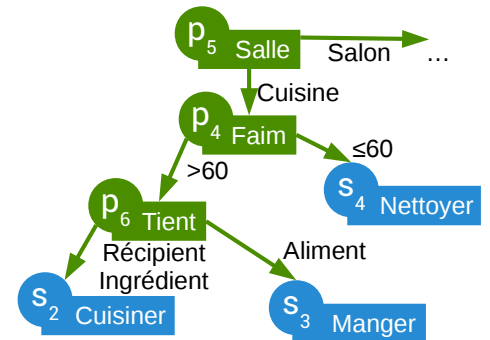
## Avrahami

Le modèle RTH est souvent utilisé dans le domaine, comme la forme d'arbre hiérarchique utilisé par Avrahami et al. [4]. L'arbre consiste en des nœuds qui représente divers niveau d'action et d'intention. Une relation hiérarchique relie ces éléments entre eux afin de définir chaque intention et ses méthodes. On ajoute à cet arbre une relation d'antériorité qui contraint l'ordre d'exécution. Ce paradigme utilise des marqueurs temporel qui garantissent l'ordre à l'aide d'un algorithme d'actualisation qui met également à jour un arbre d'hypothèses contenant les intentions possibles à chaque observation.



Une extension probabiliste du modèle d'Avrahami et al. [15] applique un modèle de Markov caché hiérarchique sur l'arbre des actions. À l'aide de trois types de probabilité, celle de poursuite de plan, d'entrelacement d'exécution et d'interruption, on parvient à calculer la probabilité d'exécution de chaque plan en fonction de la séquence observée. Le modèle logique et contextuel ont fait le filtrage sur les plans possibles en amont nous laissant peu de calculs pour ordonner ces plans.

Ce modèle contextuel utilise un arbre de décision basé sur un système de propriétés du monde. Chaque propriété a un nombre fini (et si possible très limité) de valeurs possibles. Ceci permet de créer un arbre contenant pour chaque nœud une propriété et un arc pour chaque valeur. On combine ceci avec d'autre nœuds ou des feuilles qui sont des actions. En parcourant l'arbre lors de l'exécution on élague les branches ne correspondant pas à la valeur courante de chaque propriété. Une fois une feuille atteint on la stocke comme action possible. Ceci réduit considérablement l'espace de recherche mais nécessite un arbre équilibré et qui ne soit pas trop volumineux ou restrictif.



## Baylock

Quand l'on aborde les modèles stochastiques on trouve très souvent des modèles Markoviens ou Bayésiens. Ces modèles utilisent différents outils probabilistes qui vont de la simple inférence probabiliste à la fusion de réseaux stochastiques. On peut noter que les probabilités sont bien souvent définies par des distributions standards ou bien sont isomorphes à des systèmes pondérés.

Un modèle stochastique basé sur des RTH est celui présenté par Blaylock et al. [10]. Celui-ci crée des piles hiérarchiques permettant de catégoriser les niveaux d'abstractions pour aller des actions basique aux intentions haut niveaux. En chaînant un modèle caché de Markov sur ces piles le modèle est capable d'affecter une probabilité d'intention en fonction de l'action observée.

## Pereira

Un autre paradigme stochastique est celui de Pereira [11]. Il utilise les réseaux Bayésiens afin de définir des relations entre les cause, intentions et actions dans un domaine donné. Chaque catégorie est traitée séparément afin de réduire l'espace de recherche. Les actions observées sont alors sélectionnée dans le réseau des actions et sont extraite. Le système utilise alors le réseau des intentions afin de construire un réseau Bayésien temporaire à l'aide de la méthode NoisyOR. Le réseau créé est combiné de la même manière au réseau des causes et permet de donner l'intention ainsi que la cause la plus probable selon les observations.

## Kelley

Le modèle de Kelley et al. [12] (basé sur [13]) est un modèle utilisant les réseaux de Markov cachés. Ce réseau stochastique est ici construit par des données d'apprentissage de système robotisé de perception. Le but est de déterminer l'intention en utilisant les observations passées. Ce modèle utilise la théorie de l'esprit en invoquant que les humains infèrent les intentions de leurs pairs en utilisant une projection des leurs.

Une autre approche contextuelle est celle développée pour la robotique par Kelley et al. [12]. Le système stochastique est complété par une pondération basée sur une analyse de corpus vernaculaires. On peut donc utiliser le contexte d'une observation pour déterminer les actions les plus crédibles à l'aide du système relationnel construit avec l'analyse de corpus. Ceci est basé sur l'observation des objets dans la scène ainsi que leur état. Ceci permet de rendre bien plus probable des actions de sens commun et presque impossible les actions menant à des contradictions sémantiques.

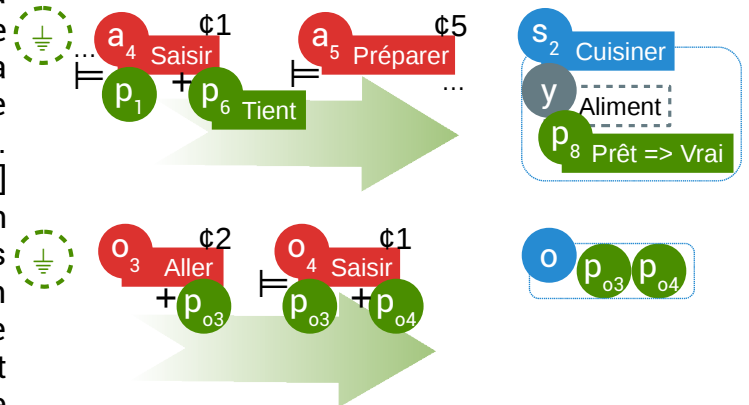
## Baker

Ce principe est également utilisé comme fondement du paradigme de Baker et al. [14] qui forme une théorie Bayésienne de l'esprit. En utilisant une représentation limitée de l'esprit humain, ce modèle définit des formules de mise à jour des croyances et des probabilités a posteriori des états du monde et des actions. Ceci est construit avec des distributions sigmoïdes sur le simplexe de croyance inféré. Ensuite les probabilités de désir sont calculées afin de récupérer l'intention la plus probable. Ceci a été validé comme étant proche de l'évaluation de candidats humains sur des scénarios de reconnaissance d'intention simple.

### 3.1.3 Planification

#### Ramirez

Certaines recherches, ayant remarqué que la reconnaissance d'intention est le problème inverse de celui de la planification, ont cherché à utiliser des systèmes de planification afin de résoudre les problèmes de la reconnaissance. Cette méthode a été utilisée par Chen et al. [8] (basé sur les travaux de Ramirez et al. [9]) afin de résoudre le problème avec des outils très matures. Le modèle consiste en la définition d'un problème de planification classique et de le modifier en introduisant les observations et leurs contraintes de séquentialité sous forme de prédicats artificiels d'exécution des actions observées. En utilisant la différence des poids entre les plans optimaux en prenant en compte les observations et non on peut efficacement déterminer les plans les plus probables.



## 3.2 Robotique



## → Conclusion



## ↳ Références

- [1] R. P. Goldman, C. W. Geib, and C. A. Miller, "A new model of plan recognition," in *Proceedings of the Fifteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence*, 1999, pp. 245–254.
- [2] B. Bouchard, S. Giroux, and A. Bouzouane, "A Smart Home Agent for Plan Recognition of Cognitively-impaired Patients.," *J. Comput.*, vol. 1, no. 5, pp. 53–62, 2006.
- [3] P. C. Roy, *Modèle possibiliste pour la reconnaissance d'activités habitat intelligent*. Université de Sherbrooke, 2012.
- [4] N. Vidal, "Comportements d'Agents en Mouvement: Une Approche Cognitive pour la Reconnaissance d'Intentions," Université Pierre & Marie Curie - Paris 6, UMR 7606 Laboratoire d'informatique de Paris 6, 2014.
- [5] N. Inoue, E. Ovchinnikova, K. Inui, and J. R. Hobbs, "Weighted abduction for discourse processing based on integer linear programming," *Plan Act. Intent Recognit.*, 2013.
- [6] S. Raghavana, P. Singlab, and R. J. Mooneya, "Plan Recognition using Statistical Relational Models."
- [7] C. W. Geib, "Problems with intent recognition for elder care," in *Proceedings of the AAI-02 Workshop Automation as Caregiver*, 2002, pp. 13–17.
- [8] C. W. Geib and R. P. Goldman, "Partial observability and probabilistic plan/goal recognition," in *Proceedings of the International workshop on modeling other agents from observations (MOO-05)*, 2005.
- [9] D. Avrahami-Zilberbrand and G. A. Kaminka, "Fast and Complete Symbolic Plan Recognition.," in *IJCAI*, 2005, pp. 653–658.
- [10] D. Avrahami-Zilberbrand and G. A. Kaminka, "Hybrid symbolic-probabilistic plan recognizer: Initial steps," in *Proceedings of AAI workshop on modeling others from observations (MOO-06)*, 2006.
- [11] N. Blaylock and J. Allen, "Fast hierarchical goal schema recognition," in *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, 2006, vol. 21, p. 796.
- [12] T. A. Han and L. M. Pereira, "Context-dependent incremental decision making scrutinizing the intentions of others via Bayesian network model construction," *Intell. Decis. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 293–317, 2013.
- [13] R. Kelley, A. Tavakkoli, C. King, A. Ambardekar, and M. Nicolescu, "Context-based bayesian intent recognition," *Auton. Ment. Dev. IEEE Trans. On*, vol. 4, no. 3, pp. 215–225, 2012.
- [14] G. E. Hovland, P. Sikka, and B. J. McCarragher, "Skill acquisition from human demonstration using a hidden markov model," in *Robotics and Automation, 1996. Proceedings., 1996 IEEE International Conference on*, 1996, vol. 3, pp. 2706–2711.
- [15] C. L. Baker and J. B. Tenenbaum, "Modeling Human Plan Recognition using Bayesian Theory of Mind."
- [16] J. Chen, Y. Chen, Y. Xu, R. Huang, and Z. Chen, "A Planning Approach to the Recognition of Multiple Goals," *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 28, no. 3, pp. 203–216, 2013.
- [17] M. Ramirez and H. Geffner, "Probabilistic plan recognition using off-the-shelf classical planners," in *Proceedings of the Conference of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI 2010)*, 2010.






# Bilan de Compétence



 Mots clés

 *Reconnaissance Intention, Planification, Robot Assistance, Prise de décision, Intelligence artificielle*

 Résumé

