



**HAL**  
open science

## Vers des robots socialement intelligents

Amit Kumar Pandey, Aurélie Clodic, Rachid Alami

► **To cite this version:**

Amit Kumar Pandey, Aurélie Clodic, Rachid Alami. Vers des robots socialement intelligents. Conference III - Intercompréhension de l'Intraspecific à l'Interspecific, Oct 2013, Guidel, France. hal-01943658

**HAL Id: hal-01943658**

**<https://laas.hal.science/hal-01943658>**

Submitted on 4 Dec 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## • Vers des robots socialement intelligents

---

Amit Kumar Pandey, Aurélie Clodic, Rachid Alami

CNRS, LAAS, 7 avenue du Colonel Roche , F 31400 Toulouse, France

Univ de Toulouse, LAAS, F 31400 Toulouse, France {akpandey, aurelie.clodic , rachid.alami}@laas.fr

### Introduction

Des robots interagissant avec nous dans notre vie de tous les jours, ce ne sera bientôt plus de la science-fiction. Dans la rue, au bureau, à la maison ou au supermarché, ils seront présents pour nous aider et nous assister dans notre quotidien. Pour cela, ils ne doivent plus être ces machines évoluant de manière isolée dans les usines ou dans l'environnement contrôlé d'un laboratoire de recherche, ils doivent prendre en compte explicitement la présence de l'homme dans leurs modèles et stratégies de prise de décision, que ce soit pour le déplacement, la manipulation ou l'interaction. Les travaux de thèse de A.K. Pandey (Pandey, 2012) explorent divers aspects sociocognitifs pour le permettre comme la prise de perspective spatiale, la navigation acceptable par l'homme, la planification coopérative, l'apprentissage par démonstration de comportements proactifs ou de la sémantique d'une tâche. Ainsi, en identifiant les ingrédients clés de ces différents aspects, nous dotons le robot des prémices d'une intelligence sociocognitive, marquant une étape vers la coexistence avec l'homme.

Pour qu'un robot navigue au milieu des hommes de manière satisfaisante (ce que nous nommons *socially acceptable navigation of a robot*), il est clair que le robot ne doit plus seulement nous traiter, nous les hommes, comme des obstacles dynamiques de l'environnement. Par exemple, le robot doit pouvoir être capable de décider de prendre un chemin plus long si cela correspond à nos attentes, préférences, habitudes, conventions et permet d'éviter une incompréhension, un énervement, une crainte, une surprise de notre part lors de l'exécution de la trajectoire.

De même, si le robot doit guider une personne d'un endroit à un autre, il doit être capable de prendre en compte les autres tâches de la personne et la guider comme elle le souhaite. Ainsi, il est naturel de penser que de manière intentionnelle ou non, il y aura des déviations dans la trajectoire de la personne par rapport à celle estimée par le robot. En outre, le robot peut être amené, si la tâche de guidage est interrompue, à demander à l'homme de confirmer ou d'infirmer son engagement dans la tâche. Cependant, un robot adapté à l'homme (*human friendly robot*) pour être accepté ne devra jamais sur-réagir ou à l'inverse ne rien faire.

D'autre part, lorsque le robot doit travailler explicitement avec l'homme dans le cadre d'un scénario coopératif de manipulation, il doit être capable d'analyser les aptitudes et moyens de la personne avec laquelle il interagit. Cette capacité d'analyser les choses d'un autre point de vue nommée "prise de perspective" (*perspective taking*), est essentielle pour plusieurs raisons. Si l'on considère les exemples suivants : où poser un objet si l'on souhaite que l'homme l'attrape avec le moindre effort, où et comment montrer un objet à l'homme, comment tenir, tendre un objet pour que l'homme soit capable de l'attraper également lors d'un échange, etc. Ils requièrent tous que le robot ait des capacités de raisonnement qui dépassent la stabilité de la prise d'un objet ou son placement (dans le cadre de tâches pourtant simples de manipulation d'un objet tel que : montrer, cacher, rendre accessible, etc.)

Pouvoir élaborer un plan partagé (*shared-plan*) pour exécuter des tâches quotidiennes, tel que nettoyer la table, est un autre aspect important lorsque l'on considère la coopération. Cela requiert que le robot ait des capacités de raisonnement à différents niveaux pour planifier une tâche : au niveau symbolique pour décider comment réaliser la tâche et attribuer un rôle à chacun des agents ; au niveau géométrique pour s'assurer de la faisabilité des actions. De plus,

les raisonnements faits sur les efforts et l'état courant peuvent être utilisés pour valider l'étendue de la coopération de même que la méthode de coopération choisie.

Un autre aspect de l'interaction sociocognitive est le comportement proactif, i.e. planifier et agir en anticipant les futurs besoins, problèmes, changements. Cela nécessite que le robot soit capable de savoir comment et quand agir de manière proactive de façon à faciliter la réalisation de l'interaction ou de la tâche en cours. Ce sont là de nouveaux défis qui ne peuvent être traités de façon appropriée par une simple adaptation de l'état de l'art en robotique sur la planification, l'automatique ou la prise de décisions.

## Un robot social

Dans leurs travaux, Breazeal (Breazeal, 2003) et Fong (Fong *et al*, 2003) distinguent plusieurs aspects se rapportant aux robots sociaux tels que :

- interface sociale (*social interface*) pour communiquer
- robot social/ sociable (*sociable*), qui interagit avec l'homme pour répondre à ses besoins
- robot socialement situé (*socially situated*), qui doit être capable de distinguer d'une part les agents et d'autres part les objets de l'environnement
- robot socialement adapté (*socially aware*), robot socialement situé qui est capable de s'adapter à l'homme
- robot socialement intelligent (*socially intelligent*), robot qui montre des aspects d'intelligence sociale humaine

En intégrant tous ces éléments, nous proposons notre définition d'un robot socialement intelligent : "Un robot socialement intelligent dispose de la capacité cognitive clé de comprendre et d'évaluer : la situation, l'environnement, les agents et les capacités des agents. À partir de cela, il est capable d'exhiber et de produire des comportements sûrs, compréhensibles et acceptables par l'homme et socialement attendus." Cette définition inclut les caractéristiques essentielles d'interface sociale, de prise de perspective sociale et d'attention à l'homme, comme discuté précédemment. Elle permet également la prise en compte d'un ensemble de facteurs sociaux tel que : confort, intuition, etc. On peut y ajouter qu'équiper de ces capacités, un robot socialement intelligent saura non-seulement répondre aux attentes de l'homme mais pourra aussi avoir des attentes vis-à-vis de l'homme (e.g. le robot pourra intégrer une demande d'aide à l'homme si un objet, dont il a besoin, lui est inaccessible alors qu'il l'est pour l'homme).

Différentes études en psychologie et développement de l'enfant (Carpendale et Lewis, 2006), (Dunphy-Lelii et Wellman, 2004), (Caron *et al*, 2002), (Deak *et al*, 2000), (Moll et Tomasello, 2004), (Csibra et Volein, 2008), (Flavell, 1977), (Flavell *et al*, 1981), (Flavell *et al*, 1978), (Rochat, 1995) ont analysé les capacités sociocognitives et leur développement. Ainsi, les formes les plus basiques d'interaction sociale comme le suivi du regard, la capacité de pointer un élément ou de capter l'attention en pointant quelque chose apparaissent dès l'âge de 12 mois. Entre 12 et 15 mois, commencent à apparaître les preuves d'une compréhension de l'occlusion de la ligne de visée d'une autre personne. À partir de l'âge de 3 ans, les enfants sont capables de percevoir quels sont les endroits atteignables par eux-mêmes et par les autres, montrant les premiers signes du développement de la capacité d'allocentrisme i.e. décentrage spatial (*spatial decentration*) et prise de perspective (*perspective taking*). L'évolution de ces capacités sociocognitives de raisonnement spatio-visuel chez l'enfant lui permet d'aider, de coopérer et de comprendre les intentions d'une personne avec qui il interagit.

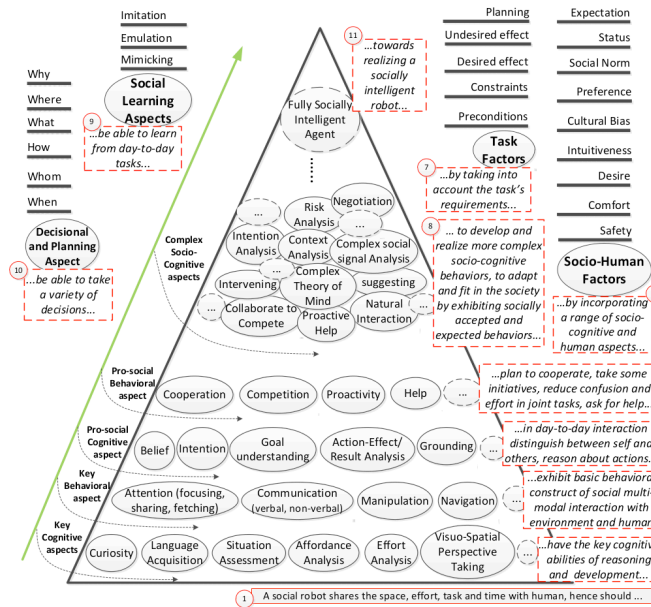


Figure 1. *Pyramide de l'incarnation de l'intelligence sociale (Social Intelligence Embodiment Pyramid) : les capacités sociocognitives basiques constituent un point de départ à partir duquel se construisent des comportements sociocognitifs plus complexes pour finalement aboutir à un agent artificiel socialement intelligent. Une description détaillée peut être trouvée dans (Pandey, 2012).*

En se basant sur ces indications, nous avons construit une hiérarchie de capacités cognitives et comportementales permettant à un agent d'être socialement situé (*socially situated*) et socialement intelligent (*socially intelligent*). La figure 1 montre cette pyramide en identifiant les différents blocs qui la composent. Cette pyramide illustre l'approche constructive que nous avons adoptée.

Cette pyramide a une double lecture. D'une part, on y retrouve les composants issus de recherches en psychologie du développement et du comportement, en sciences sociales. D'autre part, la disposition de ces composants relève d'une perspective robotique montrant comment ces capacités se construisent et se complètent les unes et les autres pour former des comportements de plus en plus évolués.

### Raisonnements géométriques pour la manipulation coopérative

Dans la suite de l'article, nous allons nous focaliser sur les éléments qui vont permettre au robot de raisonner sur l'état courant afin de produire des comportements collaboratifs pour des tâches de manipulation coopérative. Prenons pour cela un exemple.

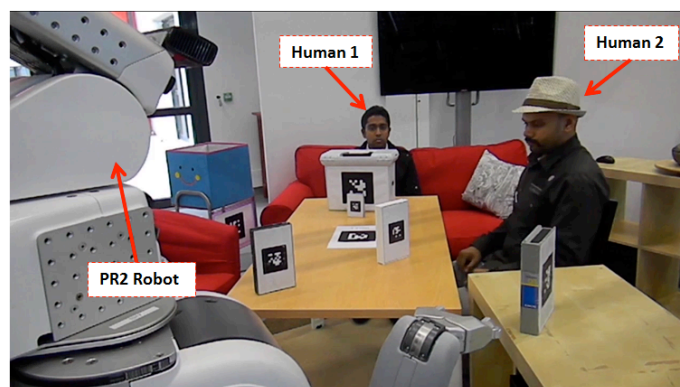



Figure 2. *Scénario d'interaction homme-robot autour d'une table.*

La figure 2 met en scène deux hommes et un robot autour d'une table ayant accès à différents objets. Les différentes tâches réalisables sont : rendre accessible (*Make Accessible*), montrer (*Show*), donner (*Give*) et cacher (*Hide*) pour chacun des objets présents dans l'environnement et pour chacun des agents. Pour un tel scénario, le type d'interrogation auquel nous souhaiterions permettre au robot de répondre sont : qui peut faire telle ou telle action, dans quel but, à quel endroit, pour qui, avec quel niveau d'effort, etc.

Pour y répondre nous introduisons le concept de graphe d'affordance (*Affordance Graph*) et nous convertissons le problème de recherche d'un plan partagé pour des tâches de manipulation coopérative en un problème de recherche de chemins dans un graphe. Pour pouvoir définir ce graphe d'affordance, nous allons d'abord présenter les concepts de *taskability graph* et de *manipulability graph*.

### **Taskability Graph**

Le *Taskability Graph* définit ce qu'un agent pourrait être capable de faire pour un autre agent, avec quel niveau d'effort pour chacun des agents et à quel endroit. Les efforts pris en compte sont présentés dans la figure 3.

Effort to Reach	Effort to See	Effort Level
No_Effort	No_Effort	Minimum: 0
Arm_Effort	Head_Effort	
Arm_Torso_Effort	Head_Torso_Effort	
Whole_Body_Effort	Whole_Body_Effort	
Displacement_Effort	Displacement_Effort	
No_Possible_Known_Effort	No_Possible_Known_Effort	
No_Possible_Known_Effort	No_Possible_Known_Effort	

**Figure 3. Analyse des efforts avec prise en compte de l'homme : qualifier les efforts pour voir et atteindre un objet ou un lieu à des niveaux d'abstraction compréhensibles par l'homme. Hiérarchie des efforts : une manière de faire une analyse d'effort comparée. Ces deux éléments facilitent l'établissement, la comparaison et le raisonnement sur les efforts d'une manière compréhensible par l'homme.**

La figure 4 montre les *taskability graphs* pour 4 tâches : rendre accessible (*Make Accessible*), montrer (*Show*), donner (*Give*) et cacher (*Hide*) pour le scénario de la figure 2 pour tous les agents présents dans l'environnement. Le fait que l'action se déroule autour de la table a été utilisé pour restreindre les efforts individuels concernant *Arm Torso Effort*. C'est pourquoi entre l'homme à droite et le robot il n'y a pas de possibilité de donner (*give*) ou rendre accessible (*make accessible*) comme on le voit dans les arêtes manquantes entre les deux agents au niveau du *taskability graph*.

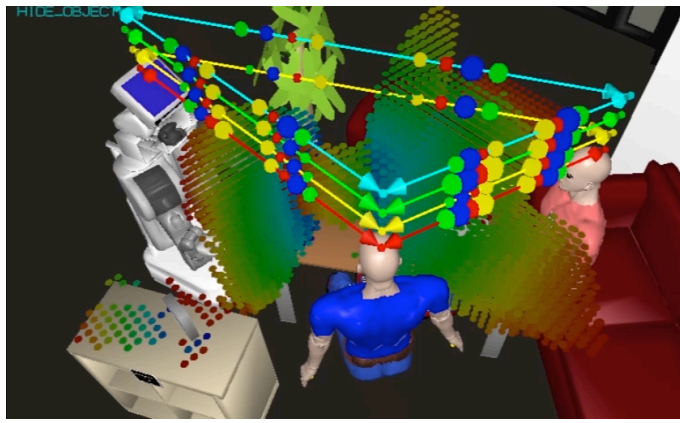


Figure 4. Taskability Graph pour différentes tâches équilibrant les efforts entre les statuts sociaux et les niveaux d'effort comme Arm Torso Effort

La figure 5 représente une partie du *taskability Graph*, en l'occurrence pour la tâche donner (*Give*). La flèche est dirigée de l'agent réalisant la tâche (ici le robot PR2) vers l'agent destinataire (ici l'homme). Son existence démontre la faisabilité de la tâche. Les sphères représentent les niveaux d'effort requis pour que la tâche soit réalisable. Ces niveaux d'effort sont expliqués sur la figure 6, sur la gauche de la figure on voit que le niveau d'effort va croissant avec le diamètre de la sphère, sur la droite de la figure on voit la signification des différentes sphères vis-à-vis des agents. Le nuage des points, quant à lui, montre les différents endroits où la tâche pourrait être réalisée en utilisant ces niveaux d'effort. Le critère utilisé ici pour arriver à ces niveaux d'effort est l'équilibrage des efforts (*effort-balancing*). C'est à dire que le planificateur essaie d'équilibrer les efforts entre chacun des agents dans le but de trouver une solution, cela est visible sur la figure 5 où l'on voit que les sphères ont des tailles assez similaires. Pour appliquer ce critère, le planificateur initialise les efforts au minimum pour chacun des agents et essaie alors de trouver un endroit permettant de réaliser la tâche avec ces niveaux d'effort. Si il n'y a pas de solution, le planificateur incrémente le niveau d'effort pour chacun des agents et recherche une nouvelle solution (et ce jusqu'à ce qu'une solution soit trouvée ou que le niveau maximum d'effort de chacun des agents soit atteint). Il est bien entendu possible de définir et d'utiliser d'autres types de critères, par exemple en minimisant les efforts d'un agent par rapport à l'autre.

Concernant les couleurs des points du nuage de points représentant les endroits possibles pour la réalisation de la tâche, elles représentent des coûts différents pour l'homme pour réaliser la tâche mais ici d'un point de vue géométrique (auparavant on étudiait des efforts symboliques qui étaient considérés de manière discrète). Ainsi, on peut associer à chacun des placements solutions un ensemble de règles qui font que l'on privilégiera par exemple les endroits directement visible par l'homme et atteignable par ses deux mains.

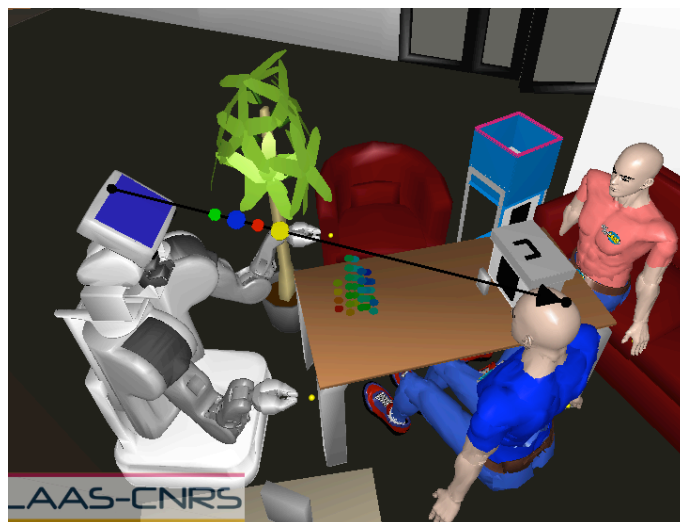


Figure 5. Exemple d'une arête d'un taskability graph

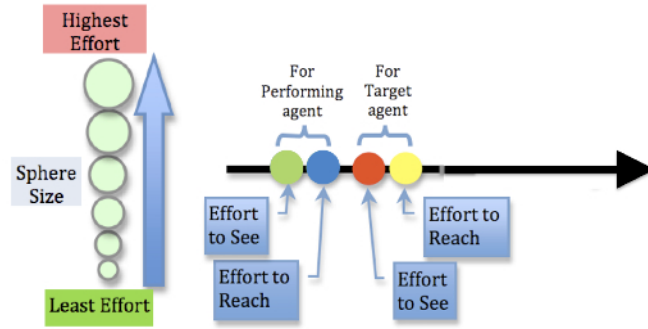


Figure 6. Une arête d'un taskability graph

### Manipulability Graph

Le *Manipulability Graph* encode ce que l'agent est capable de faire avec un objet, selon un niveau d'effort particulier et à quel endroit (si c'est applicable). Il est complémentaire du *Taskability Graph* qui encode les affordances agent-agent. Le *Manipulability Graph* représente les affordances agent-objet. La figure 7 représente un *Manipulability Graph* qui montre les capacités et les efforts des agents pour prendre (*take*) les objets (en jaune) et les mettre quelque part (*put into*) (en rouge). Chaque arête du *Manipulability Graph* représente les efforts des agents pour voir et atteindre les objets.

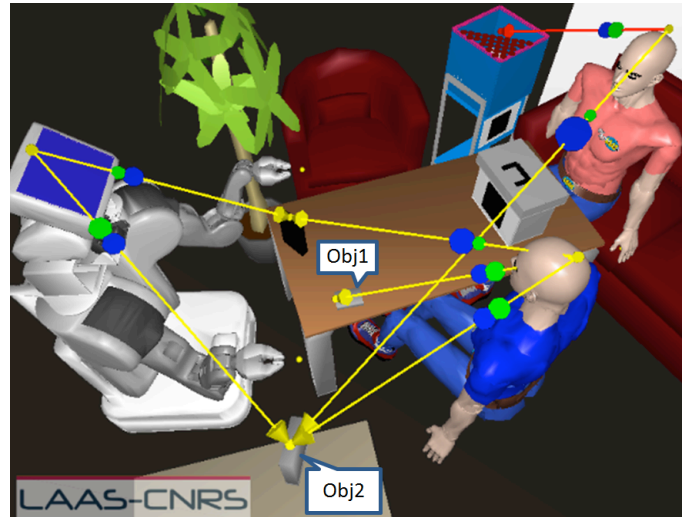
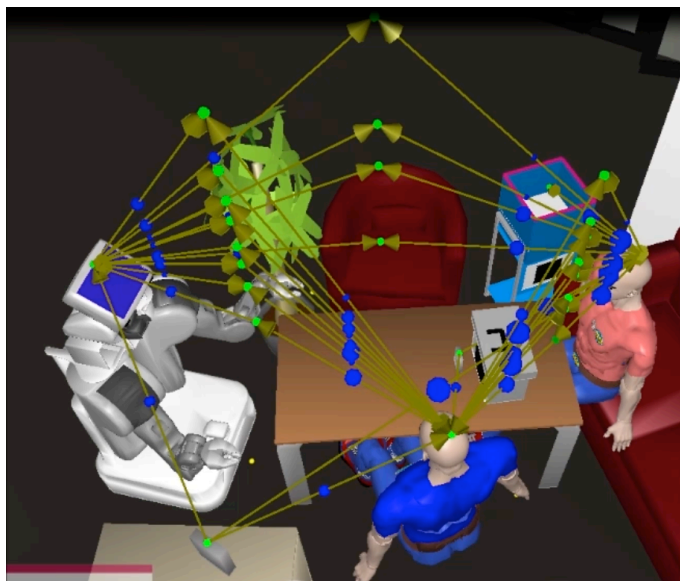


Figure 7. Manipulability Graph pour saisir des objets

### Affordance Graph

En combinant le *Taskability Graph* et le *Manipulability Graph*, nous avons développé le concept d'*Affordance Graph*. Il encode toutes les possibilités de manipulation d'un objet par les agents et vers les lieux, avec des informations sur les niveaux d'effort des agents et sur les lieux candidats. La figure 8 montre l'*Affordance Graph* du scénario. Chaque arête a un poids qui dépend des efforts contenus dans les graphes parents : *Taskability Graph* et *Manipulability Graph*. Les détails à propos de ce graphe peuvent être retrouvé dans (Pandey et Alami, 2013).





**Figure 8. Affordance Graph**

Ce qui est nouveau avec l'*Affordance Graph* c'est que : (i) il transforme la planification d'une tâche de manipulation coopérative dans le cadre d'une interaction homme-robot en un problème de recherche dans un graphe, (ii) il fournit la possibilité de raisonner sur les niveaux d'effort homme/agents, et (iii) il permet l'incorporation de préférences et de contraintes sociales en terme de désir et d'effort acceptable.

## Conclusion

Cet article présente les idées développées dans le cadre du travail de thèse d'Amit Kumar Pandey (Pandey, 2012) sur l'interaction homme-robot et son instanciation dans le cadre de la manipulation collaborative d'objets. Cette thèse présente une approche incrémentale pour la prise en compte des facteurs sociaux et humains dans le développement des capacités et comportements d'un robot. Elle identifie les capacités cognitives et comportementales nécessaires pour que le robot coexiste avec l'homme dans son environnement d'une manière socialement intelligente (i.e. socialement acceptable) et attendue, en s'inspirant des recherches sur le développement de l'enfant et en psychologie comportementale. À côté des concepts présentés ici de *Taskability* et *Manipulability graph*, elle présente des concepts comme : l'analyse de *Mightability* (couplant les graphes présentés ici), les affordances agent-agent, les graphes d'affordance et montre comment l'ensemble de ces éléments sont importants et utiles pour une interaction homme-robot efficace.

*Les travaux de recherche développés dans ce papier ont été partiellement financés dans le cadre du projet ANR-CONTINT ROBOERGOSUM (DECISION ANR-12- CORD-0030-02)*

## Références

- Breazeal Cynthia. « Toward sociable robots ». *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, no. 3-4, pages 167 – 175, 2003.
- Caron Albert J., Kiel Elizabeth J., Dayton Millie et Butler Samantha C. « Comprehension of the Referential Intent of Looking and Pointing Between 12 and 15 Months. » *Journal of Cognition and Development*, vol. 3, no. 4, pages 445–464, 2002.
- Carpendale Jeremy et Lewis Charlie. *How children develop social understanding*. Wiley-Blackwell, 2006.
- Csibra Gergely et Volein Agnes. « Infants can infer the presence of hid- den objects from referential gaze information. » *British Journal of Developmental Psychology*, vol. 26, no. 1, pages 1–11, 2008.
- Deak Gedeon O., Flom Ross A. et Pick Anne D. « Effects of gesture and target on 12- and 18-month-olds' joint visual attention to objects in front of or behind them. » *Developmental Psychology*, vol. 36, no. 4, pages 511–523, 2000.
- Dunphy-Lelii Sarah et Wellman Henry M. « Infants' understand- ing of occlusion of others' line-of-sight : Implications for an emerging theory of mind. » *European Journal of Developmental Psychology*, vol. 1, no. 1, pages 49–66, 2004.



- Flavell John H. « The development of knowledge about visual perception. » In *The Nebraska Symposium on Motivation*, vol. 25, pages 43–76, 1977.
- Flavell John H., Shipstead Susan G. et Croft Karen. « Young Children's Knowledge about Visual Perception : Hiding Objects from Others. » *Child Development*, vol. 49, no. 4, pages 1208–1211, 1978.
- Flavell John H., Everett Barbara A., Croft Karen et Flavell Eleanor R. « Young children's knowledge about visual perception : Further evidence for the Level 1 - Level 2 distinction. » *Developmental Psychology*, vol. 17, no. 1, pages 99–103, 1981.
- Fong Terrence, Nourbakhsh Illah et Dautenhahn Kerstin. « A Survey of Socially Interactive Robots. » *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, no. 3-4, 2003.
- Moll Henrike et Tomasello Michael. « 12-and 18-month-old infants follow gaze to spaces behind barriers. » *Developmental Science*, vol. 7, no. 1, pages F1–F9, Feb. 2004.
- Pandey Amit Kumar. *Towards Socially Intelligent Robots in Human Centered Environment*. PhD thesis, Université de Toulouse (Toulouse III), October 2012.
- Pandey Amit Kumar and Alami Rachid, « Affordance graph: A framework to encode perspective taking and effort based affordances for day-to-day human-robot interaction. » *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2013.
- Rochat Philippe. « Perceived reachability for self and for others by 3 to 5-year old children and adults. » *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 59, pages 317–333, 1995.