

Impact du Comportement Social d'un Robot sur les Emotions de l'Utilisateur : une Expérience Perceptive

Agnes Delaborde^{1,2} Laurence Devillers^{1,3}

(1) Département Communication Homme-Machine, LIMSI-CNRS, 91403 Orsay

(2) Département Informatique, Université Paris-Sud 11, 91403 Orsay

(3) ISHA, Université Paris-Sorbonne, GEMASS-CNRS, Paris

agnes.delaborde@limsi.fr, laurence.devillers@limsi.fr

RESUME

Notre étude se déroule dans le cadre du projet robotique français ROMEO, qui vise à mettre au point un robot social humanoïde assistant à domicile. De façon à interagir le plus naturellement possible avec l'utilisateur, le système robotique effectue un traitement des indices paralinguistiques (non sémantiques) extraits du signal de parole. Ces indices permettent de construire une représentation émotionnelle et interactionnelle de l'utilisateur dynamique, base pour la sélection des comportements du robot. Quels comportements sont les plus pertinents et les mieux acceptés par l'utilisateur ? Nous présentons la collecte IDV-HR mettant en scène des personnes âgées souffrant d'une perte d'autonomie, et la codification des comportements du robot. Outre le questionnaire d'auto-évaluation renseigné par les participants, nous analysons également leur état émotionnel au fil des scénarios, en fonction des comportements du robot.

ABSTRACT

Impact of the Social Behaviour of a Robot on the User's Emotions: a Perceptive Experiment

This study is carried out in the context of the French robotic project ROMEO. This project aims at designing a humanoid social robot which will assist disabled persons at home. So as to interact as naturally as possible with the user, the robotic system processes the paralinguistic cues (no semantics) extracted from speech. These cues allow building a dynamic interactional and emotional profile of the user, which is used to select the behaviour of the robot. Which behaviours are the most accepted by the user? We present the IDV-HR data collection featuring elderly people suffering from a loss of autonomy, and the coding of the robotic behaviours. In addition to the self-report questionnaire, we analyse the emotional state of the speaker in the course of the scenarios, according to the behaviour of the robot.

MOTS-CLES : Traitement des signaux sociaux – Interaction humain-robot – Emotions

KEYWORDS: Social signal processing – Human-robot interaction – Emotions

1 Introduction

L'interaction sociale est caractérisée par un échange continu et dynamique de signaux, porteurs d'un contenu informatif et communicatif. La capacité de produire ces signaux, et de les comprendre, permet à l'humain d'interagir avec ses semblables. La transmission des signaux de communication emprunte différents canaux, parmi lesquels le contenu sémantique d'un énoncé oral, la posture du locuteur, ou encore la direction du regard.

Les informations non-verbales transmises en interaction constituent donc une part du message communiqué qu'il est essentiel de ne pas négliger. L'interprétation de ces signaux et leur production (ton de la voix, expressions faciales, mouvements, posture...) sont des enjeux actuels dans le développement de systèmes robotiques doués d'intelligence sociale et affective.

Notre étude se déroule dans le cadre du projet français ROMEO (<http://www.projetromeo.com>), qui vise à mettre au point un robot social humanoïde capable d'assister des personnes en perte d'autonomie. De façon à interagir le plus naturellement possible avec l'utilisateur, le système robotique effectuera un traitement multi-niveau des indices non-verbaux issus de la parole (Delaborde et al., 2010). Des indices bas-niveau peuvent être extraits du signal de parole (Devillers et al., 2005) : durée des tours de parole, F0 et d'autres coefficients acoustiques tels que MFCC, etc. Ces indices permettent de fournir des informations paralinguistiques de type « émotion positive ou négative », « actif ou non », ou des étiquettes émotion telles que « Joie, Tristesse, Colère, Peur ». A un plus haut niveau d'analyse, ces informations permettent de renseigner un profil émotionnel et interactionnel de l'utilisateur. Ce profil fournit, entre autres, des informations de type : « Le locuteur est-il globalement à l'aise ou pas ? », « Est-il très loquace ? ». Ces informations sont renforcées par des données personnelles (âge, sexe, identité). La sélection du comportement du robot se base sur ce profil. Il est donc important de déterminer, pour le public cible du projet ROMEO, leur perception du comportement du robot, et d'évaluer leur satisfaction.

Nous proposons dans cet article, tout d'abord, une vue d'ensemble des études traitant de l'impact des comportements sociaux d'agents virtuels ou de robots sur l'utilisateur. La section 2 traite de notre collecte : des personnes adultes et âgées (moyenne d'âge 58 ans) en interaction avec le robot. Ces personnes souffrent de déficience visuelle (de partielle à totale). Les participants expriment plusieurs types d'états affectifs, et le robot peut adopter différents comportements. La section 3 présente les résultats de cette étude : outre le questionnaire d'auto-évaluation, nous analyserons également l'évolution de leur état émotionnel au fil des scénarios, en fonction des comportements du robot.

1.1 Évaluation de l'impact de l'interface sur l'utilisateur

Les comportements que l'interface (robot, agent conversationnel...) doit adopter sont étroitement liés à la tâche, ainsi qu'aux caractéristiques propres à l'utilisateur. Il est toutefois nécessaire, en premier lieu, de s'assurer que les comportements sont crédibles et correctement reconnus, en étudiant le retour de la part des utilisateurs (El-Nasr et al., 2000).

Dans le cas de personnes souffrant d'une perte d'autonomie, il importe de laisser au système un degré d'autonomie dans la réalisation des tâches (Dautenhahn et Werry, 2002 ; Tapus et Mataric, 2006). Afin que l'interaction ne soit pas réhibitoire (comme cela pourrait être le cas dans le cadre de l'utilisation de nouvelles technologies par des personnes âgées), il convient également d'analyser les préférences en termes de modalités de communication entre l'interface et l'utilisateur (Granata et al., 2010).

Un robot doté d'une personnalité, tel que décrit dans l'étude de (Kiesler et Goetz, 2002), affecte la représentation mentale de l'utilisateur vis-à-vis du robot, ainsi que son

implication dans l'interaction. La façon d'exprimer les désirs et les intentions du robot, via l'expression d'émotions (Breazeal, 1999), peut amener l'utilisateur à répondre aux besoins du robot (tels qu'apporter de la distraction ou du confort) et ainsi augmenter l'efficacité de l'interaction. Un comportement conciliant ou désobéissant aux injonctions de l'utilisateur aura également un impact sur les expressions émotionnelles de ce dernier (Batliner et al., 2004).

En termes de communication Humain-Robot, au-delà des attentes fonctionnelles de l'utilisateur, c'est-à-dire que le robot réalise la tâche qui lui est dévolue (assistance quotidienne, jeu, enseignement...) et que son utilisation puisse se faire de façon instinctive et réponde aux critères d'ergonomie, un robot social se doit de partager certains des codes de communication interpersonnelle (Feil-Seifer et al., 2007 ; Duhaut et al., 2011) afin de répondre efficacement aux messages de l'utilisateur. Ainsi, le robot pourra être plus à-même d'instaurer et d'entretenir une relation naturelle et socialement acceptable.

Il semble essentiel dans notre présente étude de sélectionner soigneusement la stratégie de comportement du robot, et d'évaluer la bonne reconnaissance des comportements choisis. Nous étudierons également l'impact de ces comportements sur la production d'émotions de la part de l'utilisateur.

2 Collecte de données émotionnelles

2.1 Public et conditions d'enregistrement

Le public test de cette étude est constitué de quatorze participants (sept hommes et sept femmes) déficients visuels. La conception et le test de certains modules du futur robot ROMEO sont réalisés à l'aide du robot NAO (Aldebaran Robotics). L'enregistrement se déroule dans l'appartement témoin de l'Institut de la Vision à Paris (*Home Lab*, <http://www.institut-vision.org>). Un expérimentateur gère l'enregistrement audio et la complétion du questionnaire. Un second expérimentateur contrôle le robot par un système de magicien d'Oz.

2.2 Description des scénarios

Chaque session dure approximativement quarante-cinq minutes. Il est demandé au participant de jouer trois sessions de cinq scénarios. Chacun de ces scénarios est consacré à un état affectif (au sens large) du participant : *en grande forme, malade, déprimé, en état d'urgence médicale*, et *content* par anticipation d'un évènement à venir. Les énonciations du robot sont générées en synthèse à partir du texte, basées sur un script déterminé à l'avance. Le comportement du robot est différent lors de chaque série de cinq scénarios. Les comportements joués sont sélectionnés de façon à répartir uniformément le nombre de comportements pour la totalité des séances d'enregistrement.

2.3 Attitudes interactionnelles du robot

Quelles stratégies de comportement sont attendues du robot ?

Lors d'une première prise de contact avec un interlocuteur, (Isbister, 2006) souligne

l'importance de deux questions qui permettent de se situer socialement par rapport à son interlocuteur : est-il ami ou ennemi ? Est-il socialement plus puissant que moi ou pas ? (Isbister, 2006) propose une version modifiée de l'*interpersonal circumplex* basée sur les traits *Friendliness* et *Dominance*. Dans le contexte d'interaction avec une entité virtuelle ou robotique, celle-ci doit permettre à l'humain de se situer socialement avec elle, et donc d'adopter un comportement relatif et cohérent avec ces axes. Dans un contexte d'assistance, l'utilisateur doit sentir que le robot est sensible à sa demande d'aide. La figure 1 présente le positionnement des attitudes de notre robot sur l'espace de l'interpersonal circumplex. Nous localisons les différents comportements souhaitables du robot : *encouragement*, *empathie* et *amabilité*.

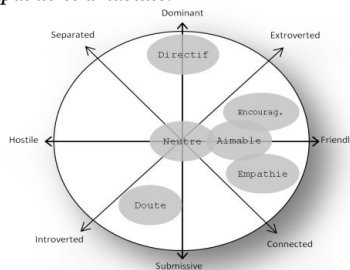


FIGURE 1 – Comportements du robot sur l'axe Dominance et Friendliness (figure adaptée de (Isbister, 2006))

Nous avons également sélectionné des comportements potentiellement non-désirables à fin de contre-test. Nous nous basons notamment sur l'étude menée par (Ray, 2008) sur les attentes des utilisateurs en matière de robotique. Les comportements *directif*, *neutre* et *hésitant* semblent non souhaitables.

Quel degré d'implication dans l'interaction est attendu de la part du robot pour ce comportement ?

Le public de participants étant constitué de personnes déficientes visuelles et le robot ne générant que de la parole non-expressive à l'époque de l'expérimentation, nous optons pour un lexique fortement marqué. (Charaudeau, 1992) distingue trois types d'actes locutifs (« un certain nombre d'actes énonciatifs de base qui correspondent à une position particulière [...] du locuteur dans son acte de locution ») : l'acte allocutif, qui implique le locuteur et l'interlocuteur, l'acte élocutif, qui se limite au rapport du locuteur à son propre propos, et l'acte délocutif, qui précise la manière dont le propos existe en tant que tel et s'impose aux interlocuteurs. (Charaudeau, 1992) propose des modalités allocutives (« sous-catégories ») spécifiant chacun de ces actes : e.g. l'injonction, l'interrogation, l'interdiction sont considérés comme des actes allocutifs ; l'opinion, l'appréciation, etc. sont élocutifs ; l'assertion, le discours rapporté tiennent de l'acte délocutif.

Nous distinguons donc dans les stratégies de comportement si celles-ci impliquent que l'on se réfère : uniquement au locuteur, à ses pensées et opinions (élocutif), ou bien également à l'interlocuteur, afin de l'amener à réaliser un but commun par exemple, ou qu'on le juge (allocutif), ou bien si les qualités (i.e. caractéristiques) du locuteur et de l'interlocuteur n'ont aucune importance dans l'acte de communication (délocutif).

Par exemple, l'encouragement suppose que le locuteur implique lui-même et l'interlocuteur dans son discours, en cela qu'il tente de convaincre l'interlocuteur que son avis est celui à suivre pour atteindre un but considéré comme positif. Dans ce contexte, le robot dira des phrases du type : « Ça va aller mieux quand tu auras déjeuné. Est-ce que tu voudrais que je te mette en relation avec ton médecin ? ».

2.4 Questionnaire

Après chaque session de cinq scénarios, l'expérimentateur interroge le participant sur l'attitude du robot. Les questions reflètent les différents comportements préparés pour le robot, sans se limiter à ceux qui ont été réellement joués pour ce participant. Pour chaque question, le participant a le choix entre « très », « moyennement », ou « peu » : « Est-ce que le robot est compatissant ? », « Est-il encourageant ? », « Est-il sûr de lui ? », « Est-il aimable ? », « Est-il directif ? ». A la fin de la séance d'enregistrement, l'expérimentateur demande au participant d'évaluer la crédibilité du robot : « Durant l'expérience, est-ce que Nao vous a bien compris ? », « Estimez-vous que le robot répondait d'une façon adaptée aux situations ? ».

3 Attitudes émotionnelles face aux comportements du robot

3.1 Annotation des données et résultats d'annotation

Sur la piste audio de chaque participant, deux annotateurs professionnels ont déterminé des segments. Un segment présente une homogénéité émotionnelle, c'est-à-dire que l'émotion est considérée comme étant la même, et d'intensité constante, tout au long du segment (Devillers et al., 2006 ; Devillers et Martin, 2008). Sur les 3933 segments obtenus, une annotation émotionnelle a été réalisée perceptivement par ces deux annotateurs : a) Une étiquette Emotion, parmi « Joie », « Colère », « Peur », « Tristesse » et « Neutre ». b) Une étiquette Activation, de -2 (très faible) à 2 (très forte), représentant la force de l'émotion exprimée. Les étiquettes Émotion ont été regroupées en termes de Valence : « Positive » (Joie), « Négative » (Colère, Peur, Tristesse), et « Neutre ». Nous obtenons un score Kappa de $\kappa=0,82$ entre valence « Positive » et « Négative », et de $\kappa=0,57$ pour l'activation (distinction entre fort et faible).

3.2 Évaluation du protocole

Crédibilité du robot. Nous désirions savoir si, globalement, l'attitude et les énonciations du robot semblaient cohérentes pour le participant, et si le robot leur semblait comprendre les situations jouées. En d'autres termes, si le participant se doutait qu'il s'agissait d'un système Magicien d'Oz ou non. Si le participant se doute que le robot n'est qu'une boîte vide lors de l'expérience, il est alors peu probable qu'il s'implique dans le dialogue avec le robot, et soit sensible à ses différences de comportement.

A la question « Durant l'expérience, pensez-vous que Nao vous a bien compris ? », 86% des participants trouvaient que le robot comprenait correctement, voire très bien, et 14% ont déclaré ne pas savoir. A la question « Estimez-vous que le robot répondait d'une façon adaptée aux situations ? », 43% ont estimé que les réponses du robot étaient bien adaptées, et 21,4% que les réponses étaient assez bien adaptées. Seuls 14, 2% ont estimé

que les réponses n'étaient pas du tout adaptées, et 21,4% n'avaient pas d'avis. Nous estimons donc que globalement, les participants ont cru à la compréhension du robot, et à son adaptation lors des scénarios joués.

Reconnaissance des comportements robotiques. Nous avons expérimenté différents comportements possibles pour le robot, basés sur la littérature. Il est important de déterminer si le participant a remarqué une différence de comportements, et s'il a été capable de les identifier. 64,3% des participants ont correctement identifié les comportements positifs du robot et 72% pour les comportements négatifs. La distinction plus fine (à savoir, identifier précisément ce qui était « directif », « machine », etc.) semble plus délicate.

3.3 Attitudes émotionnelles

Impact du comportement du robot sur l'expressivité du locuteur. Nos participants n'étaient pas des acteurs professionnels. Nous imaginions donc que, même si nous leur fournissions des consignes de jeu quant au type d'émotions à exprimer, le comportement du robot et ses types de réponses auraient un impact sur leur expressivité.

Les scénarios peuvent être catégorisés en deux types : positifs, et négatifs. Au cours des scénarios positifs (« content » et « en grande forme »), nous attendons du locuteur qu'il exprime majoritairement des émotions positives, et inversement lors des scénarios négatifs. A titre d'étalonnage, nous avons également enregistré le participant lorsqu'il répondait de façon libre aux questionnaires (sans dialogue avec le robot).

Comportement robot		Positif	Négatif	Positif	Négatif	Positif	Négatif
		Global		Hommes		Femmes	
Scenario	Positif	0,73	0,64	0,67	0,60	0,79	0,69
	Négatif	0,12	0,07	0,11	0,08	0,13	0,06
	Libre	0,45		0,49		0,41	

TABLEAU 1 – Moyenne des valences (0 nég., 0.5 neutre, 1 pos.) exprimées par les participants en fonction du comportement du robot, et du type de scénario joué

Nous retrouvons dans le tableau 1 un récapitulatif des moyennes des valences exprimées par les participants au fil des enregistrements. L'étude porte sur les 3756 segments présentant un accord sur la valence de la part de nos deux annotateurs. Nous pouvons constater une différence selon l'attitude du robot : lorsque le robot adopte une attitude non souhaitable, les participants tendent à exprimer des émotions plus neutres, ou plus négatives. Dans le cas des scénarios positifs, la valence moyenne chute de 9%, et de 5% lors des scénarios négatifs.

Comportement robot		Positif	Négatif	Positif	Négatif	Positif	Négatif
		Global		Hommes		Femmes	
Scenario	Positif	0,5	0,47	0,54	0,47	0,46	0,47
	Négatif	0,58	0,64	0,56	0,66	0,6	0,6
	Libre	0,15		0,15		0,14	

TABLEAU 2 – Moyenne des activations (0 nég., 0.5 neutre, 1 pos.) exprimées par les participants en fonction du comportement du robot, et du type de scénario joué

Nous analysons maintenant les différences d'activation exprimées par les participants en fonction des comportements du robot. Nous nous basons sur les 2313 segments présentant un accord « faible », « fort », « neutre ». Nous constatons (cf. tableau 2) que les comportements négatifs du robot entraînent une hausse de l'activation moyenne exprimée par les locuteurs, indépendamment du sexe (de l'ordre de 3% et 6%).

Nous remarquons que les comportements non souhaitables joués par le robot ont un impact sur l'expression d'émotions de la part des participants : les locuteurs tendent à exprimer des émotions plus négatives, et l'activation croît. Les écarts, toutefois, sont mineurs (en moyenne, de 6%). Cette expérimentation ayant pour but d'évaluer la satisfaction de l'utilisateur dans la réalisation d'une tâche, nous nous attendions bien à ce que le participant exprime une modification de son comportement émotionnel. Cette modification s'exprime par un mécontentement ou une augmentation de l'activité lorsque le robot n'adoptait pas un comportement conciliant. Toutefois, il semble évident que le contexte *in vitro* (pas de réelle tâche, conditions expérimentales) a un impact modérateur sur les résultats.

4 Discussion et conclusion

Il est essentiel, lors de la conception d'un robot social d'assistance, de s'assurer que les comportements du robot sont correctement perçus par l'utilisateur, et qu'ils sont en adéquation avec la tâche à effectuer. Nous avons étudié l'impact sur des utilisateurs en perte d'autonomie de différents comportements jugés socialement souhaitables et non souhaitables, en faisant jouer des scénarios à quatorze participants déficients visuels.

Le questionnaire rempli par les participants nous indique qu'il existe une bonne corrélation entre le contenu lexical choisi et le type de comportements reconnu par le participant, ce qui valide notre choix de modalité (contenu lexical fortement marqué) dans l'élaboration de comportements robotiques pour un public déficient visuel.

A l'analyse des émotions exprimées oralement par les locuteurs, nous constatons que les comportements non souhaitables de la part du robot ont un impact sur l'expression des émotions de la part de l'utilisateur : la valence tend vers le négatif, et l'activation croît. Cette constatation valide notre sélection de comportements sociaux souhaitables dans l'espace des comportements sociaux de *l'Interpersonal circumplex*. L'impact visible dans notre expérimentation est toutefois très modéré, mais assurément révélateur des tendances de comportements d'un utilisateur *in vivo*.

Ces résultats motivent la prise en compte, dans l'élaboration du profil émotionnel et interactionnel de l'utilisateur décrit en section 1, de l'impact du comportement du robot sur l'expression d'émotion de l'utilisateur.

Remerciements

Cette étude a été financée grâce au projet français ROMEO (FUI6, pôle de compétitivité Cap Digital, Île-de-France).

Références

BATLINER, A., HACKER, C., STEIDL, S., NÖTH, E., D'ARCY, S., RUSSEL, M., AND WONG, M. (2004).

- "You stupid tin box" - Children interacting with the AIBO robot: a cross-linguistic emotional speech corpus. *4th Int. Conf. of Language Resources and Evaluation*. pp. 171-174.
- BREAZEL, C. (1999). Robot in Society: Friend or Appliance? *In Agents 99: Workshop on Emotion-based Agent Architectures (1999)*, pp. 18-26.
- CHARAUDEAU, P. (1992). Grammaire du sens et de l'expression. Hachette. Pages 576-629.
- DAUTENHAHN, K., AND WERRY, I. (2002). A quantitative technique for analysing robot-human interactions. *In proc. of the IEEE/RSJ, International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 1132-1138)*. Lausanne, Switzerland.
- DELABORDE, A., DEVILLERS, L. (2010). Use of Nonverbal Speech Cues in Social Interaction between Human and Robot: Emotional and Interactional markers. *3rd Int. Workshop on Affective Interaction in Natural Environments, ACM Multimedia*. Firenze, Italy, 2010.
- DEVILLERS, L., VIDRASCU, L. AND LAMEL, L. (2005). Challenges in real-life emotion annotation and machine learning based detection. *Journ. of Neural Networks*, 18:407-422.
- DEVILLERS, L., COWIE, R., MARTIN, J.-C., DOUGLAS-COWIE, E., ABRILIAN, S. AND MCRORIE, M. (2006). Real life emotions in French and English tv video clips: an integrated annotation protocol combining continuous and discrete approaches. *In proc. 5th Int. Conf. on Language Resources and Evaluation (LREC06)*, Genoa, Italy.
- DEVILLERS, L. AND MARTIN, J.-C. (2008). Coding Emotional Events in Audiovisual Corpora. *In proc. 6th Int. Conf. on Language Resources and Evaluation*, Marrakech, Morocco.
- DUHAUT, D., PESTY, S. (2011). Acceptability in Interaction: From Robots to Embodied Conversational Agents. *In Computer graphics theory and applications*, Algarve, Portugal.
- EL-NASR, M., YEN, J. AND IOERGER, T.R. (2000). FLAME. Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3, 219.257, 2000.
- FEIL-SEIFER, D., SKINNER, K. AND MATARIĆ, M. J. (2007). Benchmarks for evaluating socially assistive robotics. *In Interaction Studies: Psychological Benchmarks of Human-Robot Interaction*, 8(3), 423-429 Oct.
- GRANATA, C., CHETOUANI, M., TAPUS, A., BIDAUD, P. AND DUPOURQUE, V. (2010). Voice and Graphical based Interfaces for Interaction with a Robot Dedicated to Elderly and People with Cognitive Disorders. *19th Int. Symp. in Robot and Human Interactive Communication*.
- ISBISTER, K. (2006). Better Game Characters by Design: A Psychological Approach. *The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2006. p. 26.
- KIESLER, S., AND GOETZ, J. (2002). Mental models and cooperation with robotic assistants. *In proc. Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 576-577)*. Minneapolis, MI. New York: ACM Press.
- RAY, C., MONDADA, F. AND SIEGWART, R.. (2008). What do people expect from robots? *IEEE/RSJ Conf. on Intelligent Robots and Systems*. Nice, France. IROS 2008. pp.3816-3821.
- TAPUS, A. AND MATARIĆ, M. (2006). User personality matching with hands-off robot for post-stroke rehabilitation therapy. *In proc. Int. Symp. on Experimental Robotics*. Brazil.