

L'interaction Homme-Robot, de l'anthropomorphisme à l'humanisation

Nicolas Spatola

DANS **L'ANNÉE PSYCHOLOGIQUE 2019/4 Vol. 119** , PAGES 515 À 563
ÉDITIONS **PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE**

ISSN 0003-5033

ISBN 9782130821076

DOI 10.3917/anpsy1.194.0515

Date de mise en ligne : 16/12/2019

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://shs.cairn.info/revue-l-annee-psychologique-2019-4-page-515?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Presses Universitaires de France.

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](https://shs.cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

L'interaction Homme-Robot, de l'anthropomorphisme à l'humanisation

Nicolas Spatola ^{*1}

¹ Université Clermont Auvergne, CNRS, LAPSCO, F-63000 Clermont-Ferrand, France

RÉSUMÉ

Dans le futur notre environnement social pourrait être peuplé de nouveaux êtres artificiels : les robots. Même si l'intérêt envers la robotique est de plus en plus présent, paradoxalement la perception de ces nouveaux agents et l'impact de leur présence sur notre société reste peu étudiés. Dans cette revue, au travers d'une littérature pluridisciplinaire, nous proposons de dérouler les processus sous-jacents à la perception des robots au travers du concept d'anthropomorphisme, c'est-à-dire l'attribution de caractéristiques humaines à un non-humain. Nous identifions ainsi les déterminants pouvant agir comme modulateur de cette perception au travers des facteurs motivant et inhibant l'anthropomorphisme. Enfin, nous développons la perception des robots et l'attribution de caractéristiques humaines au travers de l'expérience de l'interaction sociale avec ces nouveaux agents artificiels. De par l'essor de la robotique aujourd'hui, et notamment la robotique sociale, il semble nécessaire de s'interroger sur la perception des robots comme agents sociaux valides et sur l'évolution de la distance perçue entre les robots et l'humain introduisant une nouvelle conceptualisation de ces futurs agents sociaux artificiels.

Mots-clés : Robotique sociale ; anthropomorphisme ; humanisation ; interaction homme robot.

Human-Robot interaction, from anthropomorphism to humanization

ABSTRACT

In the future, our environment might be populated by new artificial beings: Robots. Even if the interest in robotics is more and more present, paradoxically the perception of these new agents and the impact of their presence on our society remains understudied. In this review, through multidisciplinary literature, we propose to unfold the processes underlying

* Correspondance : Nicolas Spatola, CNRS and Université Clermont Auvergne, Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive (LAPSCO – UMR CNRS 6024) ; 34, avenue Carnot, 63000 Clermont-Ferrand, France ; E-mail : Nicolas.spatola@uca.fr ; Tel : + 33 699 729 467 ; Fax : + 33 473 406 114

the perception of robots through the concept of anthropomorphism, that is to say, the attribution of human characteristics to a non-human. Thus, we propose to identify the determinants that can act as a modulator of this perception through the motivating and inhibiting factors of anthropomorphism. Finally, we develop the perception of robots and the attribution of human characteristics in the experience of social interaction with these new artificial agents. Considering the rise of robotics today, especially social robotics, it seems necessary to question the perception of robots as valid social agents and the evolution of the perceived distance between robots and humans introducing a new conceptualization of these new future artificial social agents.

Keywords: Social robotics; anthropomorphism; humanization; human-robot interaction.

La relation entre humain et robot est un sujet actuel majeur (Darling, 2015a ; Groom, Takayama, Ochi, & Nass, 2009 ; Nyangoma et al., 2017 ; Sparrow & Sparrow, 2006 ; Wilkes et al., 1998). Dans un contexte où la robotisation se développe substantiellement dans tous les secteurs, elle est accompagnée d'une anxiété sur l'impact qu'elle pourrait avoir sur les sociétés humaines (Cao et al., 2016 ; Fujita & Kitano, 1998 ; Kanda, Hirano, Eaton, & Ishiguro, 2004; Miller, Nourbakhsh, & Siegwart, 2008), mieux comprendre les interactions hommes-robots relève d'une grande importance. Cela commence en comprenant ce que représentait le mot robot à l'origine. Ce terme est apparu pour la première fois dans une pièce de théâtre de science-fiction écrite par Karel Čapek : *R. U. R. (Rossum's Universal Robots)* (Čapek, 1920). Etymologiquement, le mot a été créé à partir du mot tchèque « *robota* » qui signifie « travail, corvée », *rob* signifiant « esclave ». La pièce raconte la révolte de machines biologiques destinées au travail corvéable se révoltant et remplaçant l'humanité.

Présentement, les robots sont majoritairement utilisés dans des usines et des cadres fermés, mais ils apparaissent de plus en plus sur le marché dans un objectif social. Cet objectif éloigne le concept du robot de son sens initial. Cela passe, par exemple, par un design moins austère avec une silhouette humaine comme les robots *Romeo* et *Pepper* (figure 1) avec des capacités d'interactions visant à se rapprocher de celles de l'humain à plus ou moins long terme. Pour définir les robots sociaux, nous pourrions parler d'agents autonomes interagissant et communiquant avec les êtres humains ou d'autres agents autonomes. Ces interactions peuvent être guidées par un pattern de comportements sociaux et de règles intégrées définissant les actions et rôles de l'entité artificielle. Comme les autres robots, les robots sociaux sont physiquement incarnés, on ne parle donc pas ici d'avatars numériques qui relèvent d'une autre problématique (Ducheneaut, Wen, Yee, & Wadley, 2009 ; Seyama & Nagayama, 2007; Tanaka, Nakanishi, & Ishiguro, 2014 ; Vasalou & Joinson, 2009).

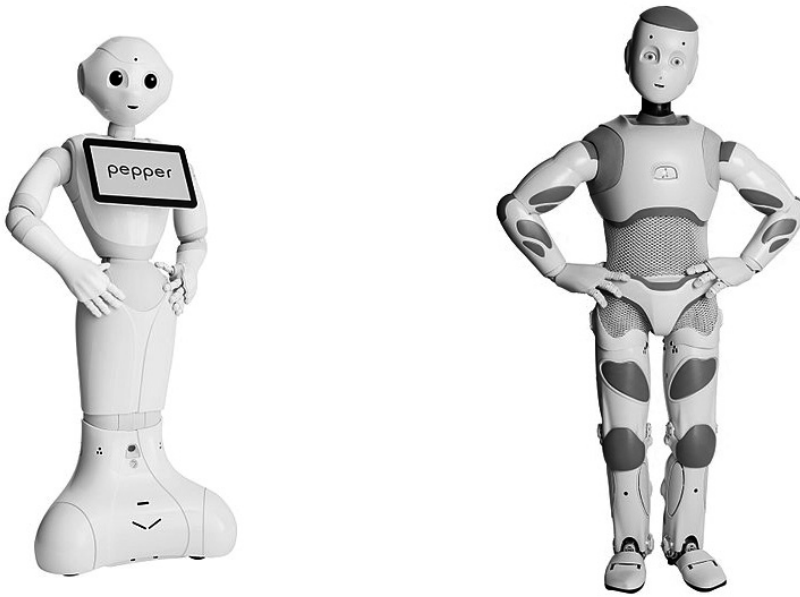


Figure 1. Présentation des robots pepper (à gauche) et romeo (à droite) développés par la société SoftBank Robotics capable de reconnaître certaines émotions, d'accueillir, de distraire ou de guider des visiteurs lors d'évènements.

Figure 1. Presentation of the pepper (left) and romeo (right) robots developed by SoftBank Robotics, which can recognize certain emotions, welcome, entertain or guide visitors during events.

Dans cet article, nous proposons d'analyser les mécanismes sous-jacents à la perception de ces robots sociaux au travers d'un état de l'art de la littérature scientifique à ce sujet et des questions restant en suspens. Pour ce faire, nous nous intéresserons 1- au concept d'anthropomorphisme et ses déterminants, comme un premier mécanisme d'intégration et d'acceptation des robots par le biais de designs humanoïdes, mais aussi de compréhension de l'humain, 2- aux modérateurs de l'anthropomorphisme du point de vue de l'observateur et la spécificité des robots sociaux dans ce cadre. Enfin, nous proposerons l'utilité d'envisager et de développer un concept plus complexe et social relié à l'interaction homme-robot : 3- *l'humanisation* et les questionnements sociaux en découlant.

LE CONCEPT D'ANTHROPOMORPHISME CHEZ LES ROBOTS

L'anthropomorphisme a été défini comme l'attribution de caractéristiques humaines à un non-humain tel que les émotions, la logique, la conscience, etc. Il est considéré comme un processus automatique de la psychologie humaine et consisterait en un processus d'inférence inductive sur les non-humains similaire aux autres processus d'inférences sous une perspective anthropocentrique (c.-à-d., l'utilisation de la représentation la plus accessible, soit celle de notre propre espèce) (Epley, Waytz, & Cacioppo, 2007 ; Fussell, Kiesler, Setlock, & Yew, 2008 ; Nyangoma et al., 2017 ; Waytz et al., 2010). Pour amorcer la compréhension du phénomène nous parlerons de l'anthropomorphisme comme de l'opération de perception du robot, d'acquisition de connaissances, de récupération et d'activation de ces connaissances et d'association de ces connaissances à une cible, ici les robots. Ce processus est vu comme dynamique puisqu'il s'ajuste en temps réel à l'expérience en cours. Il y a donc une reconstruction des connaissances sur la cible et une mise à jour du processus en fonction des inférences présentes durant la perception et/ou l'interaction avec comme base d'attribution le savoir sur l'espèce humaine.

L'histoire de l'anthropomorphisme est inhérente à l'histoire humaine et à l'humain. Les premières traces de manifestations d'une projection anthropocentrique remontent à 40 000 ans avec des statues en ivoire d'animaux ayant des postures d'hommes. Xenophane, philosophe et scientifique grecque, (VI^e siècle avant J. C., cité par Leshner, 2010) théorise pour la première fois une explication à la représentation des dieux grecs et africains sous une morphologie humaine. D'après lui, la volonté de projeter sur des divinités des intentions, émotions, caractéristiques ou personnalités anthropocentriques trahissait un égocentrisme humain. Knight et collaborateurs ont proposé que l'anthropomorphisme ait pu être un bouleversement dans l'architecture de l'esprit humain dans le but d'accroître la fluidité du lien entre les besoins naturels et sociaux (Knight, Power, & Mithen, 1998). Ainsi, se servir de la représentation de notre propre espèce comme base d'explication de nos interactions avec le monde ou de nos pensées pourrait être une stratégie d'économie et de rationalisation des événements non-maîtrisés (Epley et al., 2007 ; Waytz et al., 2010). Nous verrons que d'autres hypothèses, se basant notamment sur des données neurophysiologiques mettent au centre de l'anthropomorphisme, des processus automatique humain (Chaminade, Franklin, Oztop, & Cheng, 2005 ; Chaminade et al., 2012).

En 1973, le robot WABOT-1, de l'université de Waseda, marqua les prémices de la révolution robotique avec un design proposant deux jambes et deux bras reliés à un tronc. Déjà, la volonté de créer un robot bipède trahissait celle de créer des robots à notre image. Le développement technique s'est poursuivi pour arriver à des robots humanoïdes sociaux en 2007, en particulier avec le NAO d'Aldebaran (le robot le plus utilisé dans la recherche actuellement) et Sophia de Hanson Robotics en 2015 (figure 2).

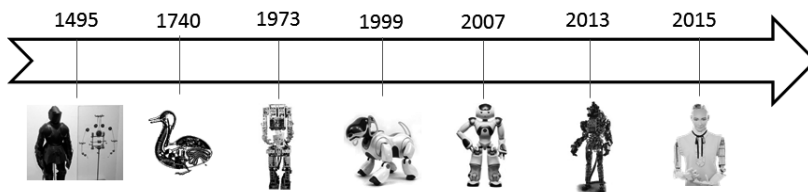


Figure 2. Exemples illustrant l'évolution des robots depuis la première armure automate de De Vinci, puis le canard robot de de Vaucanson, la première version du robot WABOT, le chien Aibo de Sony, NAO, Atlas de Boston Dynamics et finalement Sophia.

Figure 2. Examples illustrating the evolution of robots from the first automatic armor of Da Vinci, then the robot duck of Vaucanson, the first version of the robot WABOT, the dog Aibo of Sony, NAO, Atlas of Boston Dynamics and finally Sophia.

Au regard du développement de la robotique, une taxonomie a été proposée décrivant trois types de formes robotiques (Manning, 1998 ; Nyangoma et al., 2017) : les robots dits “abstraites”, ceux dits “iconiques” et enfin les robots “humanoïdes” ou “human-like”. Les “abstraites” sont des robots à l'apparence mécanique extrême telle que des bras robotiques d'usines. Leur design étant dicté par leur fonction. Les “iconiques” sont des robots stéréotypés avec un design humanoïde, mais dont l'apparence reste mécanique et n'émet aucun doute quant à leur nature robotique (ex., Nao). Enfin, les “humanoïdes” ont pour objectif de pousser plus loin la forme humanoïde pour se rapprocher le plus possible de l'aspect de leur créateur (ex., Sophia). Quand on regarde la production actuelle de robots, la forme anthropoïde propre aux robots iconiques ou humanoïdes est très courante dans le secteur de l'interaction sociale. Une première question peut être émise ici : pourquoi avoir favorisé cette forme humaine plutôt qu'une autre ? Dans cette partie, nous envisagerons tout d'abord une première hypothèse en lien avec une adéquation entre le design et notre environnement. Dans un deuxième temps, nous développerons l'hypothèse de l'adaptation à l'utilisateur. Nous proposerons une vision

où l'acceptation des robots sociaux pourrait être le moteur de l'anthropomorphisme et les effets délétères que peut engendrer le design humanoïde. Enfin, nous ferons une emphase sur le rôle des robots dans la compréhension des processus sociocognitifs humains.

L'adaptation à l'environnement

Une première proposition expliquant l'émergence et l'importance des designs anthropomorphiques se base sur le fait que notre monde soit adapté à la physiologie des êtres humains, façonnant la hauteur des constructions, les moyens de déplacement et jusqu'à la forme des objets.

Les premiers robots sociaux sont développés dans des cadres relativement restreints comme l'accueil de personnes, et se généralisent d'abord pour le grand public en tant que robots domestiques (Pineau, Montemerlo, Pollack, Roy, & Thrun, 2003) ou d'assistance (Looije, Neerinx, & Cnossen, 2010). La particularité des robots sociaux comparativement aux robots d'entretien et robots industriels (dévoués à une tâche spécifique) est qu'ils ne sont pas développés pour se restreindre à des environnements aussi structurés. Il est ainsi plus difficile d'adapter l'ensemble des environnements de vie aux robots comme cela peut être le cas dans une usine par exemple. De plus cela impliquera d'homogénéiser tous les lieux où les robots pourraient être intégrés pour définir des normes de design. Là où l'on peut adapter un robot à des lignes de production dans une usine, il est beaucoup plus difficile d'adapter chaque robot à chaque habitation. Le design anthropomorphe a donc potentiellement une visée adaptative. Là où les robots non-sociaux ont un design fonctionnel, on peut envisager le design des robots sociaux s'inspirant de l'humain comme un moyen d'adaptation à notre environnement. Nos mains déterminent par exemple la forme des objets pour que nous puissions les saisir facilement, les marches d'un escalier sont adaptées à la physiologie de nos jambes et de nos articulations. La forme humaine d'un robot a donc l'avantage d'assurer sa compatibilité avec notre monde. En effet, l'utilité première du robot est justement d'aider ou de remplacer l'homme dans le but de créer un plus grand confort par exemple en prenant en charge de plus en plus de tâches répétitives ou en nous accompagnant au quotidien. La simple volonté de créer des robots qui puissent accompagner l'humain dans le plus grand nombre de situations possibles pourrait expliquer l'intérêt du défi qu'est la création de robots bipèdes ayant une démarche fluide au vue des constructions comme les escaliers ou les trottoirs. Le

développement de la bipédie est d'ailleurs l'accomplissement le plus technique de l'histoire des robots humanoïdes avec l'exemple du robot HONDA (1992-1997) capable de remonter un escalier ou plus récemment le robot ATLAS de Boston Dynamics capable de réaliser des acrobaties. La construction d'une main avec des facultés de préhension fine suit le même principe, tout comme développer des systèmes de vision permettant de percevoir, de reconnaître et d'interagir avec notre environnement humain.

Cependant, dans une perspective pragmatique, il est envisageable que toutes ces capacités techniques puissent être accomplies par un robot ayant une autre forme qu'anthropoïde. La stabilité motrice pourrait par exemple être assurée par un plus grand nombre de systèmes mécaniques afin de remplacer les deux jambes et faciliter l'équilibre. Se limiter à deux bras et mains n'a de sens que dans une conceptualisation humaine basée sur notre limite à diviser notre attention. Le système de vision, bien que son positionnement en hauteur puisse être utile, ne requiert pas nécessairement des yeux chez le robot contrairement à l'humain, tout comme le système de communication ne nécessite pas forcément une bouche. Il serait donc possible de créer un robot parfaitement adapté à l'environnement humain sans que celui-ci ne reprenne un design humanoïde.

L'adaptation à l'utilisateur comme moteur de l'anthropomorphisme chez les robots sociaux

L'attente d'une représentation

Une autre hypothèse qui pourrait expliquer le design anthropomorphe des robots sociaux provient de la représentation du concept "robot". Ce concept universellement partagé a majoritairement pour caractéristique une forme humaine, avec des yeux, des jambes et des bras malgré le fait qu'ils puissent techniquement prendre n'importe quelle forme (Nyan-goma et al., 2017). La raison de cette représentation pourrait être notre incapacité à décontextualiser notre perception d'une situation ou d'un objet de notre perspective humaine (Epley et al., 2007 ; Kremmentsov & Todes, 1991). De plus, les robots restent relativement méconnus à ce jour et on pourrait émettre l'hypothèse qu'il est plus facile, pour un individu profane, de se les représenter en utilisant les images provenant de la pop-culture au travers des romans d'Isaac Asimov ou de Philip K. Dick, de séries comme *Real Humans* ou *Westworld*, de films comme *Ex Machina*

ou A.I. C'est au travers d'œuvres de science-fiction que s'est formée notre représentation des robots (Mara & Appel, 2015). Dans ces œuvres, il y a une volonté de coller aux attentes des spectateurs pour créer une identification ou au moins une empathie envers le personnage robotique. Il suffit de regarder la proportion de films donnant des yeux, un visage, un corps avec des bras et/ou des jambes aux robots comparativement à ceux optant pour des designs non humanoïdes pour constater la force de cette représentation anthropomorphe.

Un exemple est celui du sexe attribué aux robots. Les êtres humains allouent souvent un genre à des objets inanimés. Les voitures sont par exemple souvent considérées comme femelles, les poupées ont des genres distinctifs homme/femme. L'apparence des robots, quant à elle, peut suivre (ex., Geminoid, Geminoid-F, Nadine, etc.) ou non (ex., Wabot-1, Ubiko, NBH-1, Asimo, NAO, etc.) ce modèle (Carpenter et al., 2009 ; Tay, Jung, & Park, 2014). Or, par définition, les robots sont des machines sans gamètes. Cependant, les robots, et particulièrement les robots sociaux, sont construits pour paraître animés et vivants afin de faciliter l'interaction. De ce fait, l'aspect mécanique s'efface pour donner une illusion de vie et dès lors la perception anthropocentrique entre en compte pour définir cette entité pseudo-vivante. De par leur apparence humaine une première distinction naturelle pour l'homme est donc immédiatement faite : le genre (Mason, Cloutier, & Macrae, 2006). Dans le cadre de robots à vocation social ce phénomène est d'autant plus important qu'il a été montré que les interactions avec des personnes du même genre étaient facilitées comparativement à l'autre genre¹ et ce même avec des robots (Eyssel & Hegel, 2012). Nass et Brave ont notamment manipulé le genre d'une voix synthétique et ont montré que les participants étaient plus convaincus lorsque celle-ci était du même genre qu'eux (Callaway & Sima'an, 2006). Powers et collègues ont montré que selon le genre des chatbot² le comportement des interlocuteurs pouvait changer. Les participants hommes avaient tendance à parler plus longuement au chatbot lorsqu'il présentait un genre féminin alors que les participantes femmes préféraient le chatbot du genre masculin, mais seulement lors d'un contexte de rendez-vous (Powers et al., 2005). Le genre semble donc être un facteur explicatif important pour les interactions homme-machine, et ce, même à des niveaux basiques d'interaction sociale.

¹ Ces études n'ont été effectuées que dans le cadre d'une conceptualisation du genre en deux dimensions homme/femme.

² Des logiciels d'agent conversationnel programmés pour simuler une conversation en langage naturel.

Ainsi, au-delà de considérations purement mécaniques, l'utilisation de traits humains chez les robots pourrait avoir une utilité ou tout du moins moduler leur acceptation sociale (Goetz, Kiesler, & Powers, 2003 ; Hegel, Krach, Kircher, Wrede, & Sagerer, 2008 ; Mori, MacDorman, & Kageki, 2012). DiSalvo, Gemperle, Forlizzi et Kiesler ont ainsi montré que la perception de l'anthropomorphisme pouvait être reliée à celle de certains éléments comme le nez, les sourcils ou la bouche en premier lieu, définissant, au moins en partie, l'acceptation (Disalvo, Gemperle, Forlizzi, & Kiesler, 2002 ; Disalvo, Gemperle, & Forlizzi, 2005). Sur un visage robotique, le nombre d'éléments caractéristiques de l'humain présents serait ainsi positivement corrélé au niveau d'anthropomorphisme, sous couvert d'une tête à dimension humaine mais des études supplémentaires devront être conduites pour certifier ce point. L'intérêt de promouvoir une image anthropomorphe est donc de promouvoir l'acceptation qui est théorisée comme l'élément le plus important pour déterminer l'implémentation réussie ou non des robots dans notre quotidien (Ezer, Fisk, & Rogers, 2009 ; Heerink, Kröse, Evers, & Wielinga, 2008). Autrement dit, des caractéristiques humaines et proches du vivant seraient un vecteur d'acceptation des robots. L'acceptation et l'intention de créer du contact avec ces machines pourraient donc grandement dépendre de leur apparence, attitude et comportement (Goetz et al., 2003). Un robot humanoïde serait ainsi plus adapté à l'environnement social des êtres humains (ex., en répondant à ses attentes).

Au-delà de pouvoir interagir de manière efficace avec notre environnement, le but premier d'un robot, et particulièrement d'un robot social est d'interagir avec l'humain. Sur la base de l'observation des interactions humain-humain, comparativement aux interactions avec d'autres espèces, on peut envisager le partage de caractéristiques communes (physiques ou mentales), comme un vecteur d'interaction et de compréhension. Si un robot à forme humaine tend la main, les attributions anthropomorphiques (la projection de comportement humain sur un non-humain) étant facilitées par son design humanoïde, il serait plus aisé d'évaluer ce comportement comme une volonté de saluer. En revanche, un robot avec une forme abstraite serait plus difficilement compréhensible et un mouvement dans notre direction serait moins aisément attribué à une tentative de salutation. Cette importance d'échange sur un mode physique compatible à l'espèce humaine a d'ailleurs été mise en avant par Kiesler, Powers, Fussell et Torrey (Kiesler, Powers, Fussell, & Torrey, 2008). En effet, les chercheurs ont montré que la présence physique d'un robot plutôt que sa projection sur un écran, bien que présentant les mêmes comportements, avait un effet positif sur l'anthropomorphisme.

Ce simple exemple de salutation est un point de départ pour s'interroger sur les interactions humain-robot (IHR). En effet, la communication humaine est composée à la fois d'indices verbaux (les paroles en elles-mêmes) et non verbaux (gestes, expressions du visage etc...). Frijda a par exemple décrit les postures et faciès associés tels que la colère, la peur, la joie, la tristesse et la surprise, qui permettent de transmettre des états mentaux sans langage verbal (Ekman, 1993 ; Ekman & Rosenberg, 2012 ; Frijda, 1988 ; Frith, 2009). Ces indices sont de puissants amorçages à notre compréhension de l'autre. Ils peuvent guider un message (c'est-à-dire la transmission d'une information) vers une signification plutôt qu'une autre qui serait floue sur la base de seuls éléments verbaux (Nakata, Sato, & Mori, 1998). Dans le cadre de l'étude sur l'humain, Casasanto et Jasmin ont par exemple montré que lors de discours, la gestuelle avait vocation à faciliter la compréhension de l'auditoire (Casasanto & Jasmin, 2010, 2012), notamment lors de l'utilisation de concepts spatialisés comme le temps que l'on représente de gauche à droite dans les sociétés occidentales (Ouellet, Santiago, Israeli, & Gabay, 2010). Ainsi, Casasanto et collaborateurs ont pu montrer qu'il était plus aisé de comprendre le sens d'une phrase si le geste était congruent avec la représentation spatiale que nous en avons (ex., parler du futur en faisant des gestes vers la droite). Il est donc parfaitement envisageable que l'humain préfère construire ces nouveaux agents sociaux pour permettre une interaction sur des modes de transmission d'informations et de sens déjà partagé par l'ensemble de la population (Yan, Peng, Lee, & Jin, 2003). La volonté de faire disparaître l'interface et de supprimer la phase d'apprentissage pour pouvoir utiliser, échanger et communiquer avec la machine, pourraient favoriser l'émergence des robots anthropomorphes, des facteurs déterminant pour l'acceptation des technologies (Martin, 1997a ; Venkatesh, 2000).

L'expressivité du visage est également un point important à aborder. De nombreuses équipes à travers le monde travaillent actuellement sur ces défis techniques que sont les expressions faciales, nous permettant à la fois de transmettre et de comprendre les états de nos interlocuteurs (Arbib & Fellous, 2004 ; Ekman, 1992 ; Gazzola, Rizzolatti, Wicker, & Keysers, 2007 ; Robots, 2003 ; Sloman & Croucher, 1981). Elles peuvent prendre une forme iconique, c'est-à-dire une figuration symbolique (Saint-Aime, Le-Pevédic, Duhaut, & Shibata, 2007), ou plus humanoïde (Hara, 2004 ; Hara & Kobayashi, 1996). Le robot Sophia de Hanson Robotics peut par exemple produire des expressions variées comme la colère, la surprise, la joie, la peur, le dégoût ou la tristesse faisant figure d'un des meilleurs exemples de robots à design humanoïde. Takeuchi et

Nagao ont d'ailleurs mis en évidence le rôle des expressions faciales avec des avatars numériques (Takeuchi & Nagao, 1993). Leurs résultats ont démontré que l'utilisation d'émotions faciales dans un paradigme d'interaction conduisait à une conversation plus construite. De plus la manifestation d'émotions permet de donner une crédibilité à l'entité artificielle physique (Tielman, Neerinx, Meyer, & Looije, 2014) de manière automatique (Levenson, 2003) et par extension, accroître notre envie de créer du contact avec elle (Breazeal, 2003). Cela pourrait également permettre d'avoir un retour sur l'adaptation du robot à l'individu et/ou la situation (Cañamero & Fredslund, 2001).

Plus spécifiquement, une autre composante importante de l'interaction sociale est l'orientation du regard (Imai, Ono, & Ishiguro, 2003 ; Palinko, Sciutti, Wakita, Matsumoto, & Sandini, 2016 ; Rich, Ponsler, Holroyd, & Sidner, 2010). C'est en fixant le regard de notre interlocuteur que l'on peut interpréter la focalisation de son intérêt, ou préciser le sens de l'information qu'il est entrain de transmettre. Par exemple, dans un musée, lorsqu'une personne signifie qu'elle aime un tableau, son regard permet d'identifier le tableau en question. Cela pourrait justifier l'intérêt de concevoir des têtes humanoïdes qu'elles soient d'apparence humaine ou iconique. Les principales actions du regard social doivent donc être implémentées dans les robots pour les rendre plus anthropomorphes. Il s'agit du contact visuel qui définit l'échange de regard (George & Conty, 2008), de l'attention conjointe qui est un partage d'attention sur un même objet (Mundy & Newell, 2007a, 2007b), de la fuite du regard, c'est à dire la séparation des regards après un contact visuel (Morency, Christoudias, & Darrell, 2006). Il semble aussi que dans le cadre d'IHR, le contact visuel permet de fluidifier l'interaction et de la rendre plus naturelle (Palinko, Rea, Sandini, & Sciutti, 2016). L'anthropomorphisme est donc relié au défi de la communication puisqu'il s'agit de gérer les différents niveaux d'abstraction du langage en prenant en compte les canaux physiques de la communication. Des auteurs ont d'ailleurs proposé que le choix de promouvoir l'implémentation d'un maximum de capacités humaines dans un robot soit basé sur cette réflexion (Kondratenko & Duro, 2015).

Ainsi, selon cette perspective, le développement des robots sociaux devra, entre autres, prendre en considération la forme du robot (plus ou moins anthropomorphe), son mode de communication (le nombre de canaux de communication qu'il peut employer), son autonomie (sa capacité à produire des comportements sans actions humaines) et sa capacité d'interaction (la complexité et le degré d'interaction qu'il peut avoir avec

un humain) pour les intégrer de manière pérenne dans notre environnement quotidien (Bartneck & Forlizzi, 2004 ; Eyssel & Hegel, 2012 ; Powers et al., 2005).

L'étude de l'humain

Mieux comprendre notre corps

L'utilité des robots, outre l'aspect social pouvant motiver le design anthropomorphe, est l'étude de son modèle : l'humain. Un des facteurs pouvant promouvoir le design humanoïde des robots est donc de comprendre, par exemple, le corps humain. Dans ce domaine, on peut citer le robot Kengoro. Asano et collaborateurs ont en effet développé des humanoïdes musculo-squelettiques mimétiques humains avec une approche de design inspirée par l'homme (Asano et al., 2016 ; Makino et al., 2017). Kengoro est constitué de 108 moteurs et est capable de reproduire des mouvements humains précisément et de transpirer durant l'effort (ex., faire des pompes). Ces robots biomimétiques pourraient permettre de mieux comprendre l'anatomie humaine. En contrôlant des facteurs tels que la taille, les proportions des différentes parties du corps, la souplesse, les articulations, avec une fidélité anatomique, l'objectif est d'étudier le fonctionnement du corps humain d'une nouvelle manière et de fournir un nouvel appareil d'étude pour des domaines comme la médecine, le sport, ou les crash-tests. Cette volonté de comprendre le corps humain au travers de robots anthropomorphes est un domaine de recherche en plein essor (Jäntschi et al., 2015 ; Marques et al., 2010) (figure 3). Ces nouveaux paradigmes d'expérimentation pourraient permettre d'approfondir les connaissances humaines sur de nombreux systèmes et mécanismes du corps humain qui ne sont pas complètement compris, tels que les principes du contrôle musculaire, le système nerveux sensoriel qui relie le cerveau et le reste du corps, l'apprentissage ou le mouvement de marche de l'homme.

Mieux comprendre nos comportements

Les interactions sociales humaines impliquent de nombreux mécanismes cognitifs illustrant la nature sociale de notre évolution (Demolliens, Isbaine, Takerkart, Huguët, & Boussaoud, 2017). Ces processus ont

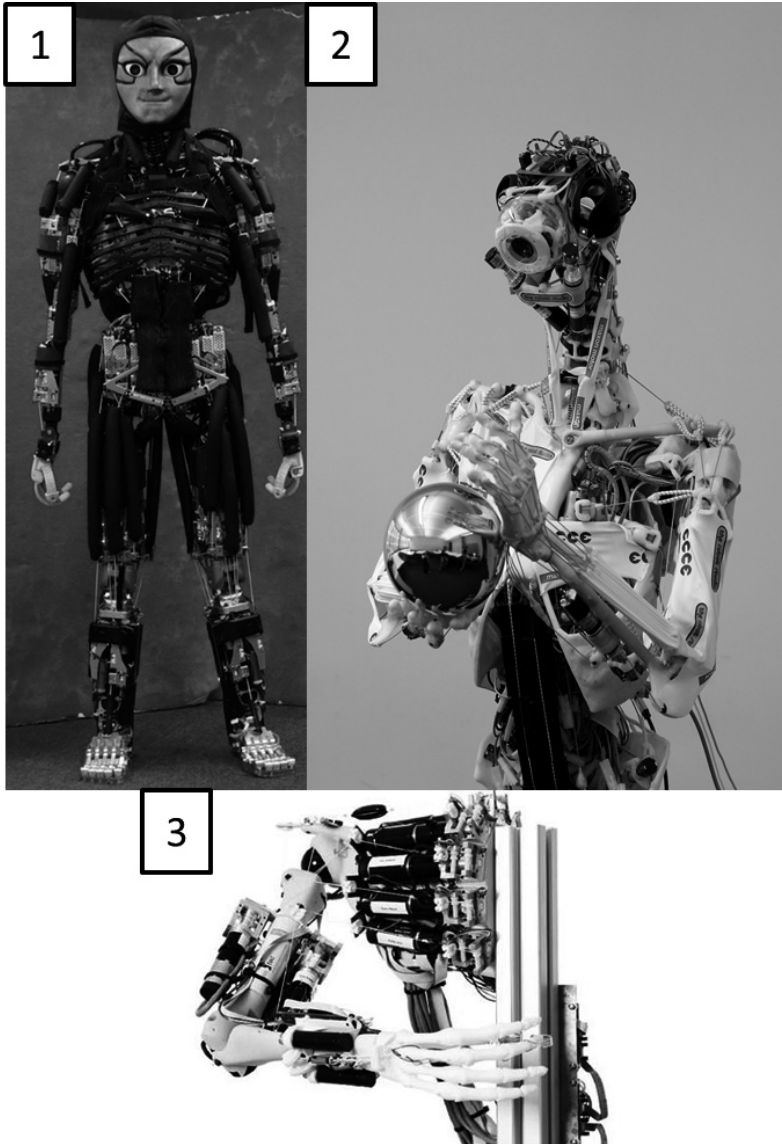


Figure 3. Exemples de robot visant à l'étude du fonctionnement du corps humain. De gauche à droite : Kengoro (Asano et al., 2016 ; Makino et al., 2017), Eccle (Marques et al., 2010), Anthrob (Jäntsich et al., 2015).

Figure 3. Examples of robots used to study the functioning of the human body. From left to right: Kengoro (Asano et al., 2016; Makino et al., 2017), Eccle (Marques et al., 2010), Anthrob (Jäntsich et al., 2015).

été longtemps étudiés sous le prisme de paradigme d'interaction avec une seconde personne, ce qui sous-entend d'évidents problèmes de contrôle du contexte expérimental (Chaminade, 2017). Cependant, une nouvelle forme d'expérimentation s'est mise en place avec des robots comme nouveaux outils expérimentaux permettant d'étudier les processus sociocognitifs humains (Galindo-Hernández, Domínguez, & Portales, 2015 ; MacDorman & Ishiguro, 2006 ; Wykowska, Chaminade, & Cheng, 2016).

Les humains interagissent avec leur environnement et leurs semblables en parti grâce à leur cerveau social (Hari & Kujala, 2009). De manière continue, nous échangeons des signaux sociaux avec les autres, que ce soit au travers du visage, de la posture, de notre voix (ex., fréquence, vitesse d'élocution) ou des mouvements de notre corps (Van Overwalle, 2009). Depuis longtemps, et cela est particulièrement vrai en Sciences Sociales, les études sur les interactions humaines ont pris le parti de s'appuyer sur des paradigmes de la seconde personne en acceptant l'impossibilité de reproduire des contextes strictement comparables d'un individu à un autre. En effet, nos attitudes se modulent selon la personne à qui l'on fait face, nous nous adaptons en permanence. Ces comportements non contrôlés peuvent avoir un impact important sur les comportements et les performances d'autres individus mesurés au cours de ce type d'expérience. Il s'agit du phénomène de la variabilité comportementale. De manière pragmatique, la répétition précise d'un geste en termes moteurs et de synchronisation est presque impossible à obtenir pour un être humain. Cette perspective est importante à considérer au vu de la crise scientifique et notamment des problèmes de réplication des résultats que nous connaissons aujourd'hui. Si l'on considère que la simple présence d'un humain peut impacter des processus comme le contrôle cognitif, la sélectivité ou l'inhibition attentionnelle (Huguet, Galvaing, Monteil, & Dumas, 1999) et que cet effet peut varier selon les indices sociaux transmis par la cible (Belletier et al., 2015), comme le regard ou les possibilités d'interactions envisagées (Gregory & Antolin, 2018 ; Wiese, Wykowska, & Müller, 2014), alors contrôler un environnement expérimental incluant un autre humain devient, comme nous l'avons évoqué, impossible. Avec l'émergence des robots humanoïdes, une nouvelle forme de paradigme expérimental émerge (Chaminade & Decety, 2001 ; Chaminade, 2006). L'avantage des robots est qu'ils sont totalement contrôlés et qu'ils ne possèdent pas de réflexes sociaux physiologiques et/ou comportementaux automatiques sauf ceux qui lui sont délibérément implantés. Leurs actions peuvent être totalement identiques d'une session expérimentale à l'autre, permettant ainsi de contrôler le biais de variabilité comportementale afin de créer une nouvelle forme de contextes expérimentaux plus contrôlés (MacDorman & Ishiguro, 2006).

Sous cette perspective, les chercheurs développent de nouvelles méthodes d'étude des scripts sociaux humains et des interprétations sociocognitives des actions d'autrui. Ainsi, les paradigmes d'études du lien entre perception et action d'une part et perception et action dans un contexte social d'autre part, sont renouvelés par l'arrivée des robots en tant qu'appareils d'expérimentation offrant alors un nouvel éclairage sur des modèles basés sur des perspectives idéomotrices (Chaminade & Cheng, 2009 ; Chaminade et al., 2010 ; Wykowska et al., 2016). Ces théories idéomotrices supposent que l'action et la perception partagent un code de représentation commun, la théorie la plus connue étant celle des « neurones miroirs ». D'un point de vue social, par un codage représentationnel commun, l'observation de l'action, par résonance motrice, a un impact sur le système moteur du sujet. Ce système est activé lors de l'observation et de la compréhension des actions des autres, mais également lors des processus d'apprentissage par imitation (Aglioti, Cesari, Romani, & Urgesi, 2008 ; Chaminade et al., 2012, 2010 ; Gallese & Goldman, 1998 ; Zwaan & Taylor, 2006). Pour étudier ces processus, le simple fait qu'un robot puisse tenir une pose statique, ou reproduire un geste identique plusieurs fois de suite, peut aider à mieux comprendre comment le système moteur d'un individu est influencé par la perception des actions d'un autre (Saygin, 2004). Avec l'utilisation de robots, il devient facile de décomposer un mouvement en différentes séquences, et d'observer et de mesurer les réactions des individus pris isolément ou dans leur ensemble. C'est ce qu'on appelle « la modularité du contrôle » (Sciutti, Ansuini, Becchio, & Sandini, 2015), une perspective impossible à envisager dans un paradigme de la deuxième personne, mais nécessaire pour comprendre le fonctionnement de la cognition humaine.

En allant plus loin, au niveau sociocognitif, l'utilisation de robots peut permettre la décomposition structurelle des interactions en termes de processus perceptuels et de processus sociaux lors de la perception de stimuli et ceci par l'intermédiaire d'un contexte expérimental totalement contrôlé. Selon le concept Ethopoeia (Nass & Moon, 2000), les réactions sociales automatiques sont déclenchées par des situations dès lors qu'elles comportent des signaux sociaux. En effet, il a été démontré que pour un même robot, on pouvait faire varier son niveau d'anthropomorphisme et observer différents effets de ce robot sur la cognition humaine seulement en faisant varier la représentation sociale ou non du robot et en maintenant fixe les inférences perceptuelles (Spatola, Belletier, et al., 2019 ; Spatola et al., 2018). Ces manipulations d'anthropomorphisme peuvent se faire par dialogue automatisé ou dans un paradigme du Magicien d'Oz avec connaissance ou non de la présence de l'opérateur (Hanington &

Martin, 2012). Ces derniers permettent de contrôler à distance le robot afin de recréer des interactions fluides, chose qu'il est difficile à obtenir avec les robots actuels laissés en autonomie. La manipulation de tous les paramètres du robot permet ainsi de manipuler différentes réalités projetées sur le robot et de modifier les attributions de l'observateur en fonction du nombre de variables à étudier (c.-à-d., en terme d'anthropomorphisme, de signaux sociaux, de comportements, etc.). Pour reprendre un exemple déjà mentionné ici, si l'on prend l'exemple de l'observation comportementale, l'utilisation d'agents artificiels peut permettre d'évaluer les différences d'activation physiologique et cognitive lors de l'observation d'un robot tendant son bras. On peut ainsi comparer un robot considéré comme un objet et ce même robot considéré comme une entité sociale en manipulant l'anthropomorphisme. Ainsi, l'utilisation d'agent artificiel permet de considérer ce qui est perçu simplement comme le mouvement mécanique d'un bras articulé dans une condition « non-sociale » et de le comparer à cette perception dans une situation où le robot est anthropomorphisé. De par les attributions anthropomorphiques, ce simple mouvement pourrait être perçu comme, par exemple, un robot essayant de créer un contact social en serrant la main de l'autre personne comme le ferait un être humain. Interprétation qui serait moins évidente dans la condition « non-sociale ». Cette finesse et ce contrôle de la perception et de l'intégration du niveau social dans la perception et l'intégration cognitive des indices perceptuels sont impossibles à réaliser dans des paradigmes impliquant un humain en tant que complice. L'utilisation de robot permet donc de mieux comprendre la dichotomisation du processus de perception et d'attribution (ex., processus d'attribution sociale, mentalisation) des tâches et mesures classiques des sciences cognitives et sociales (ex., temps de réponse, variabilité du rythme cardiaque et électroencéphalographie). Il est important de souligner que ces nouveaux environnements expérimentaux robotiques fonctionnent déjà avec des robots, même sans une apparence très développée. Des robots simples sont déjà utilisés et suscitent suffisamment de processus anthropomorphes, selon les manipulations anthropomorphes des scientifiques, pour que des effets comparables à ceux trouvés avec des êtres humains apparaissent (Chaminade et al., 2010 ; Spatola, Belletier, et al., 2019 ; Spatola et al., 2018). En outre, des paradigmes tels que celui du magicien OZ permettent un accès facile à l'utilisation de telles plates-formes d'étude, même pour les profanes en robotique (par exemple, Nao, Pepper).

Mieux comprendre notre cerveau

Les robots permettent également une nouvelle forme de compréhension de l'interaction cerveau-corps en devenant un outil de test pour les modèles cognitifs. Par exemple, l'utilisation d'une telle plate-forme d'expérimentation est un ajout important à la recherche en perspective ascendante (c.-à-d., la recherche au cours de laquelle des scientifiques examinent comment un stimulus (comportement, perception) activera un système spécifique dans le but de comprendre la nature de chaque système). À titre d'illustration, une étude de Chaminade et collaborateurs a démontré que les activations cérébrales lors de l'exposition aux expressions émotionnelles de l'homme et du robot pouvait être situé toutes deux au niveau du cortex pré-moteur ventral et du gyrus frontal inférieur, de l'amygdale et de l'insula (Chaminade et al., 2010). Ces résultats permettent de mettre en évidence que ces zones, sont impliqués dans le traitement des émotions indépendamment de la nature humaine de l'objet observé. C'est par la comparaison des similitudes d'activations lors de l'observation d'un humain et d'un robot que l'isolation de ces zones a pu être établie comme relevant de la perception des expressions émotionnelles.

Avec les robots, la modélisation de ce que nous savons des processus neurocognitifs humains permet aussi d'envisager une perspective descendante (c'est-à-dire la modélisation du processus qui permettra d'observer le comportement). Cette perspective descendante permet de vérifier si la conceptualisation d'un processus développée par les chercheurs est exacte ou non. En résumé, sous l'égide du fonctionnalisme, intégrer des modèles cognitifs humains dans des robots permet une nouvelle approche pour la confirmation d'hypothèses. L'idée est de proposer une approche synthétique pour développer et analyser des modèles cognitifs de ces modèles implémentés dans des robots. Ainsi, les modèles pourraient être corrigés et intégrés plusieurs fois avant d'atteindre une proposition stable (Pfeifer, Lungarella, & Sporns, 2008).

Enfin, dans une perspective plus prospective, les robots sont amenés à offrir de plus en plus de méthodes d'intégration. Dans la plupart des recherches en sciences sociales, la méthode consiste à étudier des phénomènes processus par processus. À terme, nous pourrions concevoir les robots comme une plateforme pour évaluer les interactions entre ces processus afin de ne plus les considérer unitairement ou par sous-ensembles. C'est donc par une approche synthétique que nous pourrions envisager une unification des théories et des modèles socio-neurocognitifs pour mieux comprendre le comportement humain.

LE PROCESSUS D'ANTHROPOMORPHISME CHEZ L'OBSERVATEUR

L'anthropomorphisme, plus qu'une volonté de design vient aussi, par définition de l'observateur. Reeves et Nass ont par exemple montré que l'anthropomorphisme pouvait s'observer dans notre quotidien avec des objets comme les ordinateurs, les téléphones, les voitures, à qui l'on attribue des intentions lorsqu'ils fonctionnent différemment de ce que l'on attendait (Reeves & Nass, 1996). Concernant les robots, Wykowska, Chelladi, Al-Amin et Müller ont mis en avant le fait qu'observer l'action de robots conduisait aux mêmes représentations que l'observation d'action humaine. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'utilisation de processus partagés entre l'observation d'un humain ou d'un agent artificiel (Oztop, Chaminade, & Franklin, 2005 ; Wykowska, Chellali, Al-Amin, & Müller, 2014). Les auteurs ont ainsi ouvert la discussion sur des questions comme les influences de la similarité du design ou du mouvement qui, au final, pourrait modérer les attributions anthropomorphes et ainsi faciliter le partage de représentation humain-robot. Il a été proposé que ces attributions soient conditionnées par trois principaux éléments théoriques référant à des déterminants cognitifs et motivationnels : les connaissances préalables de l'observateur humain sur la cible robotique, le besoin d'expliquer le comportement du robot, et l'intention de créer du contact avec lui (Epley et al., 2007).

Cependant, d'autres études, principalement en imagerie cérébrale, ont mis en avant le processus d'anthropomorphisme comme un détournement des processus sociocognitifs impliqués dans l'interaction humain-humain (IHH) (Chaminade et al., 2005, 2010). À la différence de la première proposition, ce n'est pas le besoin d'explication qui va pousser à anthropomorphiser mais la situation qui va activer des processus habituellement mis en œuvre dans les IHH.

Suite à la présentation de ces deux ensembles de propositions, nous discuterons des différences culturelles comme modératrices des attributions anthropomorphes. Enfin nous envisagerons les limites de l'anthropomorphisme.

L'anthropomorphisme comme une motivation

Le rôle des connaissances

Selon la théorie de l'anthropomorphisme soutenue par Epley, Waytz et Cacioppo, l'impact des connaissances se base sur trois processus : 1) l'acquisition, 2) l'activation et 3) l'application de ces connaissances sur l'entité robotique. Le point central de cette théorie est l'anthropocentrisme de l'observateur (Epley et al., 2007).

Les connaissances que nous avons sont issues de notre expérience personnelle. Si nous avons des connaissances importantes sur notre propre espèce, il est plus difficile de les développer concernant les non-humains. Utiliser les connaissances sur l'humain serait donc un processus automatique afin de combler le manque d'information, que ce soit de manière chronique ou situationnelle. En d'autres termes, les connaissances que nous avons sur nous-même serviraient de base d'inférences pour les non-humains. Le résultat serait l'incorporation de caractéristiques humaines sur les non-humains afin de compléter une représentation mentale partielle. Au contact d'une cible non-humaine, les représentations que nous en avons vont s'ajuster entre nos représentations anthropomorphiques et nos connaissances non-anthropomorphiques à son propos pour former une représentation complète, cohérente et stable. À l'image d'un puzzle nous aurions une tendance à utiliser des pièces provenant de nous-même pour compléter l'image. Dans le cadre des robots, par assimilations successives de représentations liées à l'humain, nos représentations se modifieraient et aboutiraient à un anthropomorphisme accru de la cible (Darling, 2015b). Considérant la perspective interindividuelle, les enfants, dont les connaissances sont moindres, semble montrer une plus grande tendance à l'anthropomorphisme que les adultes (Arita, Hiraki, Kanda, & Ishiguro, 2005 ; Yamamoto, Tanaka, Kobayashi, Kozima, & Hashiya, 2009). Cela suppose que le contact répété avec des robots augmente le niveau de connaissances sur l'entité et le processus anthropomorphique ne serait donc plus nécessaire. Schermerhorn, Scheutz et Crowell ont par exemple démontré que si les personnes qui n'avaient jamais interagi avec des robots avaient une plus grande tendance à l'anthropomorphisme, les personnes habituées à ce type d'interaction étaient moins sujettes à croire que le même robot possédait des émotions (Schermerhorn, Scheutz, & Crowell, 2008). Cependant, certaines recherches semblent indiquer le contraire supposant un aspect social outre l'aspect cognitif avec un niveau d'anthropomorphisme remontant après un certain temps (de Graaf, Ben

Allouch, & van Dijk, 2016). En effet, Dans une société où la robotique se démocratise de plus en plus, les raisons de l'anthropomorphisme vont probablement ainsi évoluer vers des déterminismes plus sociaux. Il est pour l'instant difficile de distinguer les processus qui élicitent une telle modulation et surtout un accroissement de la tendance anthropomorphique avec le temps.

Donner du sens aux comportements

Une autre motivation de l'anthropomorphisme serait, selon Epley et collaborateurs, la volonté de donner du sens à l'agent avec lequel nous interagissons et ainsi réduire l'incertitude associée à cette situation d'interaction, d'autant plus quand celle-ci est nouvelle (Barsante et al., 2014). Cette proposition se base sur le besoin de sentiment de contrôle (Bermúdez, 2018 ; Pacherie, 2015). La présence ou l'absence de contrôle peut avoir un impact profond sur la régulation des émotions ou des cognitions. Ainsi, afin de maintenir un état de « bien-être » (c.-à-d., de réduire le stress contextuel émanant de l'incertitude), l'humain va avoir tendance à surestimer le contrôle qu'il peut avoir sur une situation (Leotti, Iyengar, & Ochsner, 2010). L'humain semble préférer la stabilité à l'ambiguïté (Fiske & Neuberg, 1990). Ce désir de contrôle est d'ailleurs mis en jeu d'abord dans l'utilisation de connaissances plus stables plutôt que nouvellement acquise (Nickerson, 1998). Il semblerait ainsi plus fiable d'utiliser des logiques humaines plutôt que de s'en remettre à de nouvelles connaissances sur une entité qui nous semble pouvoir produire un comportement complexe. Une stratégie serait d'apposer une logique, un sens aux événements, d'autant plus quand ceux-ci entre en contradiction (positivement ou négativement) avec nos attentes. Le processus de pensée ne serait dès lors plus automatique, mais entrerait dans un mode de "pensée active" (Louis & Sutton, 1991). Dans le cadre des robots, le besoin de donner du sens aux actions de l'entité pourrait permettre, selon Epley et collaborateurs, comme nos ancêtres auraient pu le faire pour la chasse, d'avoir un sentiment de contrôle et d'anticipation plus important (Dawes & Mulford, 1996 ; Oaksford & Chater, 2010). Ainsi, paradoxalement, les personnes anxieuses par rapport à l'interaction homme robot pourraient être les plus à même de développer de l'anthropomorphisme pour accroître leur sentiment de contrôle (Galindo-Hernández et al., 2015).

En psychologie, le concept de théorie de l'esprit, c'est-à-dire inférer des états mentaux, des croyances et des intentions à autrui, représente

cette attribution. Cette volonté de donner du sens va être proportionnelle à l'imprévisibilité du comportement du robot. Ainsi, un robot statique créerait moins de besoins d'anticipation qu'un robot qui peut se déplacer ou parler (Mori et al., 2012). Donner un sens et une raison aux actions du robot pourrait permettre de rationaliser un comportement qui n'en est pas un et de lui attribuer une intention qui n'en est pas une. Cela correspond à une nature sociale des attributions. Récemment, des chercheurs ont mis en évidence que l'observation physique d'un robot après avoir ou non discuté avec lui produisait des effets de présence sociale similaire à l'humain. Le fonctionnement mécanique du robot (c.à.d., ses mouvements) était programmé pour être totalement identique dans les deux conditions expérimentales. Le résultat ne pourrait donc pas être attribué à un effet mécanique, perceptuel, mais seulement aux attributions de réalité psychologique (Spatola, Belletier, et al., 2019 ; Spatola et al., 2018). Cette théorie de l'attribution n'est pas récente (Jones & Davis, 1966 ; Ussar et al., 2017) ; elle propose que la tâche première de celui qui perçoit est d'interpréter, de trouver les raisons pour lesquelles la personne observée agit et pour lesquelles le comportement revêt une forme particulière et pas une autre.

Il est intéressant d'envisager ces processus avec les robots puisque qu'ils sont des artefacts humains et que, par conséquent, nous devrions adopter une posture où toute la connaissance de cette entité nous est déjà acquise. Smallwood et Schooler (2006) ont d'ailleurs développé l'idée d'« intentional stance » introduite par Dennet (1990), une stratégie d'interprétation des comportements considérant les robots comme des agents rationnels qui dictent leurs actions en relation avec des considérations, des croyances et des désirs dans le but de faciliter la communication à leur sujet. Cette « posture intentionnelle » suppose d'inférer des dispositions au robot. Ces dispositions seraient de deux natures pour les humains : les attributions externes – imputées aux circonstances externes – et les attributions internes – imputées à l'acteur des actions lui-même –. « Dans quelle mesure pourrions-nous percevoir un agent robotique comme responsable de ses actes ? » est une question intéressante à plusieurs titres et devrait être fortement relié à l'anthropomorphisme qui mesure cette dimension. Cette projection d'intentionnalité est déjà observable dans notre quotidien, par exemple lorsqu'un ordinateur dysfonctionne ou qu'une voiture tombe en panne, nous avons tendance à expliquer ce dysfonctionnement par une volonté de l'objet de gêner l'utilisateur (Nass & Moon, 2000 ; Nass, Reeves, & Leshner, 1996 ; Reeves & Nass, 1996). Ces attributions supposent que l'objet observé pourrait comprendre les actions et les conséquences mais aussi posséder

une intentionnalité, consciente ou non. Si cela a été bien étudié concernant les animaux (Helton, 2005 ; Povinelli et al., 1997 ; Shettleworth, 2001), cette croyance d'une conscience et cette volonté de vouloir attribuer une logique au comportement d'un robot nécessite plus d'attention et un nouveau regard des Sciences Sociales. En effet c'est en étudiant ce que l'humain est capable d'attribuer comme existence propre au robot que nous pourrions envisager les rôles et les moyens d'intégrations permettant une relation humain-robot pérenne dans notre environnement quotidien.

Le désir de créer du contact social

Epley et collaborateurs ont proposé que l'interaction avec les robots pourrait également être déterminée par le désir de créer du contact social (Epley et al., 2007). Ce processus serait similaire à ce que l'on observe dans l'interaction humain-humain et considéré comme un besoin (Holt-Lunstad, Smith, Baker, Harris, & Stephenson, 2015 ; Maner, DeWall, Baumeister, & Schaller, 2007 ; McPherson, Smith-Lovin, & Brashears, 2006 ; Zeng et al., 2009). Ainsi, les personnes les plus ouvertes aux relations sociales seraient les plus à même de développer des stratégies cognitives favorisant l'anthropomorphisme (Gardner, Pickett, Jefferis, & Knowles, 2005). Les êtres anthropomorphes pourraient être vus comme des substituts de relations sociales. Cette motivation sociale peut être en effet un facteur très important. MacDonald et Leary (2005) ont par exemple montré que priver un individu de relation sociale pouvait être équivalent à une douleur physique en terme de ressenti. Ainsi, le désir de créer une interaction serait un motivateur important de l'anthropomorphisme (Epley, Akalis, Waytz, & Cacioppo, 2008 ; Eyssel & Reich, 2013). De plus, ce désir d'interaction suppose la recherche active de vecteurs d'interaction. L'anthropomorphisme serait un moyen de projeter un potentiel social sur un objet afin d'y trouver des accroches pour une interaction plus satisfaisante. Plus il est facile de trouver ces accroches, plus le contact devient aisé et de ce fait plus le robot peut être envisagé comme un partenaire sociale viable.

Un dernier modérateur de la motivation sociale pourrait être l'anticipation de contacts répétés avec la cible (Epley et al., 2007). Dès lors pouvoir prévoir le comportement du robot pour de futures interactions pourrait motiver l'anthropomorphisme. Déjà concernant les autres humains, la tendance à accumuler des informations augmentent à la perspective d'une future rencontre (Tidwell & Walther, 2002) tout comme la

tendance à attribuer ses propres attitudes et croyances aux autres (Pirni, 2009). Comme nous l'évoquions, il semble qu'un processus d'habituation et d'acceptation des androïdes dans la sphère quotidienne puisse conduire à développer un niveau d'anthropomorphisme plus élevé sur le long-terme (de Graaf et al., 2016).

L'anthropomorphisme : un détournement contextuel de processus automatiques

Une autre proposition a été faite quant à l'origine de l'anthropomorphisme. Là où certains auteurs, comme présenté précédemment, élaborent une forme de motivation à la rationalisation et à la socialisation, d'autres proposent que ce processus repose, en premier lieu, sur un détournement des processus automatiques perceptifs et d'intégrations humains. Dans cette taxonomie, on peut séparer l'anthropomorphisme en deux processus reliés, un ascendant et un descendant. Tout d'abord, le processus perceptif (c'est-à-dire le processus ascendant) se baserait sur un phénomène de résonance motrice. De la même manière que nous ne pouvons pas nous empêcher de reconnaître un visage ou un mot lorsque nous le percevons, nous ne pouvons pas nous empêcher de représenter au niveau moteur les actions que nous percevons. En interaction avec les humains, les informations qui mènent à cette activité sont précisément automatiques (Saygin, 2004 ; Zwaan & Taylor, 2006), et ainsi ce processus est résistant à la modulation contextuelle. Ce système est par exemple utilisé pour l'anticipation des actions d'autrui (Aglioti et al., 2008) au travers de simulations motrices des actions perçues nous permettant de comprendre et de nous adapter à l'environnement (Jeannerod, 2001 ; Munzert, Lorey, & Zentgraf, 2009). Lors des IHR, ce processus automatique d'anticipation est toujours présent, en accord avec le postulat précédent d'interprétation (Epley et al., 2007), cependant, la résonance serait moins forte naturellement (Chaminade et al., 2010) et plus sujette au contexte. Si le contexte nécessite que le système interprète les mouvements du robot en termes de caractéristiques humaines, le système devrait fournir davantage d'efforts pour réaliser la transformation entre un signal ascendant faible et une représentation valide en termes de résonance motrice à l'aide d'inférences descendantes. sur des robots (ex., scripts sociaux, inférences anthropomorphes) (Epley et al., 2007 ; Salem, Eyssel, Rohlfing, Kopp, & Joubin, 2013). Comparant l'interaction avec un humain et un agent artificiel Chaminade et collaborateurs ont par exemple

montré une activité accrue des structures sous-corticales, en particulier l'amygdale, impliquée dans le traitement des émotions, et l'hypothalamus, connu pour sécréter, entre autres, l'ocytocine, une neuro-hormone impliquée dans lien social, ainsi que la jonction temporo-pariétale bilatéralement impliqué dans l'attribution d'états mentaux dans le cadre de l'interaction avec un humain (Chaminade et al., 2018). Grâce à ces processus ascendants et descendants, lorsque le système fournit l'effort suffisant pour compenser le manque d'activation ascendante, les robots pourraient éliciter, par exemple, un processus de mentalisation, c'est-à-dire de leur accorder des intentions, des émotions ou des états mentaux (Chaminade et al., 2012 ; Martin, 1997b ; Riek, Rabinowitch, Chakrabarti, & Robinson, 2009 ; Rosenthal-Von Der Pütten et al., 2013). En conséquence, on pourrait faire l'hypothèse que le même robot, dans un contexte différent (ex., un contexte social où une interaction impliquant des scripts sociaux ou non-social dans un contexte n'activant pas ces scripts comme de la simple observation d'un robot peu ou pas animé), ne serait pas considéré comme identique et ne conduirait pas au renforcement du processus de résonance motrice.

En résumé cette approche prend en compte que l'application d'un traitement social du robot est conditionnelle. D'abord à un niveau endogène qui semble être moindre, toute chose égale par ailleurs, lors d'une interaction avec un robot comparé à un humain¹ (Chaminade, Da Fonseca, Rosset, Cheng, & Deruelle, 2015). C'est d'ailleurs ici que les caractéristiques personnelles ou la motivation à interagir socialement pourraient avoir un rôle (Epley et al., 2007) ou même les ressources attentionnelles disponibles (Quinn & Macrae, 2005). Ensuite à un niveau exogène comme le contexte ou le type de stimulus qui pousserai à une activation plus forte du système dans un but d'efficacité (Mason et al., 2006).

Des différences culturelles

Le processus anthropomorphique pourrait toutefois varier de façon importante d'une culture à l'autre. La relation à la technologie est très variable d'une population à une autre mais aussi d'une culture à une autre et il en va de même de son interprétation, c'est à dire de la manière dont on la perçoit, son but, son rôle, etc. (Orlikowski, 1992 ; Siino &

³ Notamment dû à un déficit de neuro-hormones sécrétées par l'hypothalamus, comme l'ocytocine, impliquées dans la motivation de l'interaction sociale.

Hinds, 2005). La culture, au travers des normes, de l'idéologie, des motivations sociales individualistes ou collectivistes, pourraient ainsi modérer l'anthropomorphisme. Au Japon par exemple il a été proposé que la robotique soit devenue le défi d'une société vieillissante (MacDorman, Vasudevan, & Ho, 2009). Plus qu'une canne technologique, la préférence est donnée au développement de la robotique dans une logique de protection de l'identité culturelle (Debito, 2006). La nécessité perçue des robots est donc variable d'un pays à l'autre et leur implémentation varie grandement. Alors qu'en France, l'interrogation semble portée vers l'impact sur l'emploi, au Japon les robots ne sont pas vu comme une menace et sont même déjà déployés dans le milieu scolaire (voir Toh, Causo, Tzuo, Chen, & Yeo, 2016 pour une revue). MacDorman, Vasudevan et Ho ont montré que les universitaires japonais avaient 90% plus d'expérience d'interactions homme-machine que les étudiants américains (MacDorman et al., 2009). On voit donc que la perception culturelle des robots, dans son acceptation la plus large, semble avoir un impact direct sur la façon dont ils sont intégrés à la société (Epley et al., 2007). Une possibilité pour expliquer ces différences pourrait être la forme de spiritualité sur laquelle s'est construite le Japon. Il est intéressant de voir que le Shintoïsme, la religion traditionnelle du Japon, dérive de l'animisme qui représente la croyance que les esprits peuvent habiter des objets tels que les pierres, et, de ce fait, les robots. Ainsi, ces différences culturelles entre culture occidentale et culture japonaise pourraient provenir d'une vision philosophique du monde très différente quant à la nature même des androïdes. Cela souligne l'importance de prendre en compte les facteurs culturels dans l'études des IHR (Bartneck, Suzuki, Kanda, & Nomura, 2007 ; Kaplan, 2004).

On trouve aussi une différence dans la tendance à l'anthropomorphisme entre les pays industrialisés et les pays en développement. Dans ces derniers, les enfants montrent très peu d'inférences anthropomorphiques concernant les animaux locaux comparativement à des enfants de pays industrialisés n'ayant que peu de contact avec ces mêmes animaux (Ross, Medin, Coley, & Atran, 2003). Une raison proposée serait leur plus grande connaissance de la faune et donc la mobilisation d'un savoir plus stable, complet et structuré sur ces entités. De plus la perception, selon le contexte, pourrait être plus orientée vers l'utilitarisme. La raison serait une vision plus précise de la suite logique allant de la « production » à la consommation. On peut ainsi envisager que la perception des robots pourraient être impactés par des variables similaires qu'il reste à identifier précisément.

L'impact de l'ensemble de ces facteurs restent à mesurer empiriquement en tant qu'ils sont, à l'heure actuelle, principalement étayés par des observations. Il serait donc utile de les envisager expérimentalement dans des paradigmes d'interactions robotiques. Par exemple, la manipulation de la connaissance sur les robots est en ce sens un point qui pourrait être amorcé par la présentation des détails du fonctionnement d'un robot préalablement à une interaction pour ensuite mesurer le niveau d'anthropomorphisme comparativement à une condition contrôle, sans informations. Une étude longitudinale pourrait s'attarder à l'évolution de l'anthropomorphisme suite à des interactions répétées avec un robot qui produit des patterns de réponses très similaires ou des patterns de réponses plus complexes afin d'envisager l'impact de la permanence de la représentation sur les attributions. Il serait aussi important d'envisager la cohérence du comportement du robot en temps que des actions « imprévues » pourraient favoriser l'anthropomorphisme. Envisager ces événements incidents comme des modulations éphémères ou à long terme du niveau d'attribution de caractéristiques humaines pourrait permettre une meilleure perspective de l'interaction humains-robots.

Un robot trop humain mais pas assez humain

La vallée dérangeante

On pourrait être tenté de conclure que favoriser un design anthropomorphique permettrait une plus grande motivation du fait de l'attribution de plus de caractéristiques humaines, d'une meilleure acceptation car les scripts sociaux seraient plus facilement activables ou même d'une meilleure compréhension des comportements artificiels du fait d'une résonance motrice plus forte. Cependant, ce lien entre anthropomorphisme et acceptation ne va pas forcément toujours de soi. En 1970, Mori proposait ainsi une théorie reliant de façon non-linéaire l'acceptation des robots à leur niveau d'anthropomorphisme : la vallée dérangeante, "uncanny valley" (Mori et al., 2012). Selon cette théorie, plus un robot va ressembler à un humain, plus ses imperfections vont être saillantes, entraînant un sentiment de gêne et de malaise et par conséquent une chute drastique de l'acceptation (Brenton, Gillies, Ballin, & David Chatting, 2005 ; Ferrari, Paladino, & Jetten, 2016 ; Seyama & Nagayama, 2007 ; Złotowski, Proudfoot, Yogeewaran, & Bartneck, 2015) (figure 4). Cette sensation pourrait être due à deux processus. Le premier est que, dans le

cas de robots très humanoïdes (ex. les géminoïdes), l'anthropomorphisme ne reposerait plus sur la recherche de points communs entre le robot et l'humain, mais au contraire sur la recherche de ses différences avec l'humain (Brenton et al., 2005). Ce basculement serait provoqué par la confusion engendrée par la difficulté à dissocier l'apparence humaine de la nature robotique (Yamada, Kawabe, & Ihaya, 2013).

Le deuxième processus envisagé serait lié à l'apparence fixe du visage du robot qui amorcerait des représentations de personnes malades ou décédées. Cette représentation activerait un rejet instinctif. Ce rejet ne serait compensé par aucune norme sociale et serait donc extrême, provoquant la chute abrupte de l'acceptation. Dans ces deux propositions, le processus sous-jacent est une superposition de deux hypothèses : humain ou non humain ? Vivant ou non vivant ? Le fait de se trouver dans une "zone grise" d'incertitude conduirait à un sentiment de malaise. La théorie de la vallée dérangement reste toutefois à étudier plus précisément puisque sa réalité psychologique fait encore débat (Burleigh, Schoenherr, & Lacroix, 2013 ; Mathur & Reichling, 2016). Cette proposition est plutôt utilisée comme une structure théorique qu'un cadre scientifique à proprement parler.

Les attentes

L'anthropomorphisme peut aussi avoir un effet délétère de par les attentes qu'il crée. Ainsi, un robot d'apparence technologiquement avancée et/ou très anthropomorphe suscite des attentes plus élevées en termes de capacités qu'un robot d'apparence mécanique. Observer un robot très humanoïde réaliser des mouvements mécaniques est donc plus susceptible de créer un phénomène de vallée dérangement que si ces mêmes mouvements sont produits par un robot d'apparence mécanique (Mori et al., 2012). L'accord entre les mouvements cinétiques et l'apparence pourrait donc jouer un rôle important dans l'acceptation. Pour exemple, Saygin, Chaminade, Ishiguro, Driver et Frith ont montré que la perception d'un robot mécanique ayant des mouvements mécaniques ne créait pas plus de surprise qu'un humain ayant des mouvements naturels. Cependant, lorsqu'un androïde avec une apparence humaine bougeait de manière mécanique une forte réactance se manifestait (Saygin, Chaminade, Ishiguro, Driver, & Frith, 2012). Cette perception du mouvement a aussi été étudiée par Cross et collègues (Cross et al., 2012) qui suggèrent

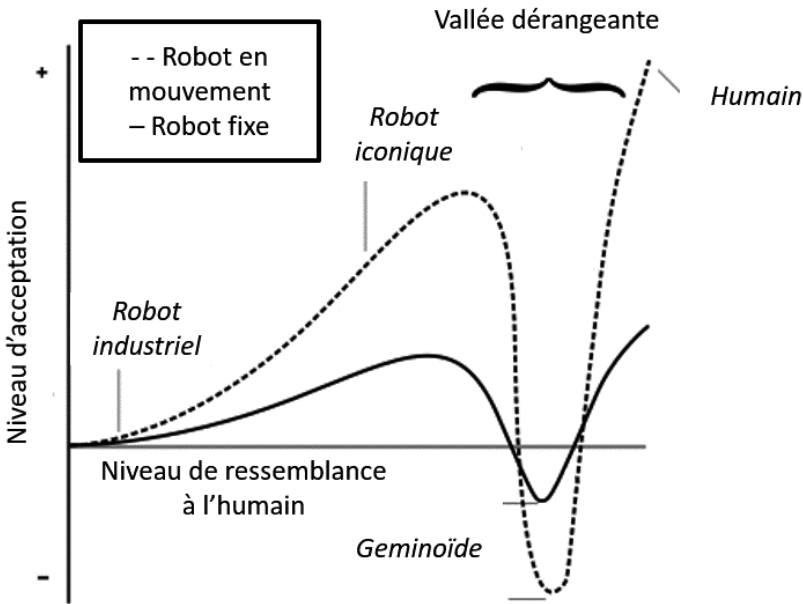


Figure 4. Représentation de la courbe théorique d'acceptation des robots selon la proximité du design avec l'apparence humaine dans la théorie de la vallée dérangeante. La saillance de l'incohérence apparence humaine/nature robotique est accentuée par le mouvement.

Figure 4. Representation of the theoretical curve of robot acceptance according to the proximity of the design to human appearance in the disturbing valley theory. The prominence of the human appearance/robotic nature incoherence is accentuated by movement.

que notre cerveau est sensible au niveau de familiarité du mouvement observé (voir aussi Chaminade, Hodgins, & Kawato, 2007). L'effet de vallée dérangeante pourrait ainsi s'expliquer, une nouvelle fois, par le système de résonance motrice. En premier lieu, considérons que le système de résonance motrice est activé pendant l'observation de l'action d'autrui et a pour rôle le soutien aux théories motrices de la compréhension de l'action (Uithol, van Rooij, Bekkering, & Haselager, 2011). La simulation d'une action servirait ainsi à réduire l'erreur d'identification en considérant les différentes représentations d'une même action. Comme mentionné précédemment, lors de l'observation de robots à l'apparence mécanique, comparativement à l'observation d'humain, les inférences ascendantes seraient moins fortes et ainsi le système de résonance serait moins activé (Chaminade et al., 2005). Comme la simulation de l'action

est inhibée le contrôle de l'interprétation par les processus descendants conduisent à une augmentation de l'erreur d'interprétation du comportement (Gazzola et al., 2007). Lorsque les robots sont humanoïdes, les inférences ascendantes se rapprocheraient de celle de l'observation d'humain, cependant bien que l'interprétation soit plus aisée le système de résonance motrice serait incapable de faire correspondre l'interprétation avec une simulation motrice viable dû au manque de fluidité des mouvements robotiques (Saygin et al., 2012). Le phénomène de vallée dérangeante pourrait donc découler de ce décalage et de cette difficulté de correspondance entre interprétation et résonance motrice.

Alors pourquoi se heurter à cette vallée dérangeante au lieu de simplement construire des robots qui ne créent aucun malaise ? La réponse se trouve dans la volonté de "passer de l'autre côté de cette vallée". La théorie de la vallée dérangeante postule en effet qu'au-delà d'un certain seuil, le lien entre anthropomorphisme et acceptation redeviendrait positif. Les études sur la vallée dérangeante se sont employées à identifier les éléments physiques et cinétiques à l'origine de ce sentiment de gêne (Geller, 2008 ; Seyama & Nagayama, 2007). Ainsi en travaillant à leur résolution cela pourrait conduire à supplanter le dérangement par l'acceptation dans le but de développer des androïdes à visages et comportements humains. À terme, plus d'anthropomorphisme signifierait aussi plus d'acceptation du fait d'une plus grande proximité perceptive entre les robots et les humains. L'objectif serait ainsi de faciliter le contact social et c'est d'ailleurs dans ce cadre social que l'on trouve les robots les plus anthropomorphes.

L'HUMANISATION COMME PHASE FINALE DE L'ACCEPTATION DES ROBOTS ?

Considérant le caractère extrêmement social de notre espèce (Demolliens et al., 2017), les limites d'attributions de caractéristiques humaines à un non-humain ne sont pas connues. Or, pour la première fois dans l'histoire, nous approchons la capacité de créer des êtres artificiels sociaux dont les capacités seront potentiellement comparables aux nôtres voir supérieures. Bien que prospective, cette volonté de réduire la distance entre les robots et leurs utilisateurs est primordiale à prendre en compte dans l'étude des IHR (Carpenter et al., 2009). Une raison simple est que

les humains ont pour habitude de favoriser le contact avec les acteurs sociaux qui leur paraissent comparable à eux (Byrne, Griffitt, & Stefaniak, 1967 ; Masters & Furman, 1981 ; Moreno & Flowerday, 2006). L'un des facteurs spécifiques à l'interaction homme-robot provient donc de ce processus où la présence d'un robot devient comparable à celle d'un homme (Wiese, Metta, & Wykowska, 2017). Il ne s'agit plus ici d'attribuer des caractéristiques humaines à un robot, mais de considérer sa présence comme celle d'un humain. Peu de travaux se sont intéressés à cette évolution d'attribution anthropomorphique vers un processus plus social de rapprochement d'un être artificiel du concept d'"Humain"¹ (Eyssel & Hegel, 2012). Dans cette partie nous développerons, sur la base de théories en psychologie sociale, le concept d'*humanisation*, puis les conséquences sur notre conceptualisation des robots, et notamment au travers des questionnements éthiques et moraux qu'ils soulèvent.

De l'anthropomorphisme à l'humanisation, une proposition théorique

En psychologie, Haslam a proposé une théorie de la déshumanisation selon laquelle l'attribution de la nature humaine pourrait être amovible selon le contexte et la cible (Haslam, 2006 ; Haslam & Loughnan, 2014). Ce processus explique comment un individu ou un groupe d'individu pourrait être perçu comme moins humain voir non-humain sous certaines conditions. Ce principe de privation d'humanité a été beaucoup étudié afin de fournir la taxonomie qui est aujourd'hui utilisée (Haslam & Loughnan, 2014 ; Leyens, Demoulin, Vaes, Gaunt, & Paladino, 2007). Deux types de déshumanisation ont été proposés par Haslam : la déshumanisation animale et la déshumanisation mécaniste. La déshumanisation animale représente le fait de rapprocher la représentation d'un individu à celle d'un animal en lui déniait des caractéristiques telles que l'intelligence, la morale, la culture ou la maîtrise de soi. L'individu est ainsi considéré comme moins réfléchi et plus disposé à émettre des comportements pulsionnels (ex. la perception des esclaves par les esclavagistes). La déshumanisation mécaniste représente, quant à elle, le fait de considérer un individu comme un automate. Dans cette dimension, on lui associe des caractéristiques de passivité, de froideur, de superficialité. C'est la

¹ Ici nous parlons du concept d'Humain dans une acceptation psychologique et non physiologique. Il s'agit du partage de caractéristiques jugées essentielles et communes dont le point de référence est l'observateur.

balance de considération de l'individu entre humain et objet qui est touché (ex. la perception de l'ouvrier sur des lignes de productions à la chaîne). C'est cette dernière forme qui nous intéresse plus particulièrement ici. Si un humain peut être vu comme un robot est-ce qu'un robot pourrait être vu comme un humain ? La réponse pourrait, théoriquement, tendre vers le positif puisque comme nous l'avons vu, la perception des robots ne varient pas en termes de structure neuronale mais d'intensité d'activation. Cela implique de nouveaux questionnements faisant suite à l'anthropomorphisme sous ce que nous nommerons "*humanisation*" (Epley et al., 2007) en référence à la déshumanisation de Haslam.

Dans le contexte de l'étude des robots, l'*humanisation* pourrait être vue comme la composante sociale découlant de l'anthropomorphisme (Eyssel & Kuchenbrandt, 2012). L'*humanisation* représente ce qui différencie l'humain des autres espèces. Par exemple, la caractéristique anthropomorphe "d'intelligence" peut être attribuée à des animaux autant qu'à des Humains, seul son niveau change (Bartneck, Kulić, Croft, & Zoghbi, 2009 ; Carpinella, Wyman, Perez, & Stroessner, 2017). En revanche le caractère superficiel ou la rigidité psychologique sont des construits sociaux qui impliquent de percevoir un agent comme capable d'accéder à ces construits sociaux. Attribuer ces construits à un robot semble possible et le partage de ces concepts entre notre espèce et une nouvelle espèce artificielle pourrait être étudié pour envisager les changements des conceptualisations de ce qui définit l'Humain et l'évolution des IHR (Epley et al., 2007 ; Eyssel & Kuchenbrandt, 2011 ; Ferrari et al., 2016 ; Spatola, Belletier, et al., 2019 ; Spatola et al., 2018).

Dans une étude que nous avons déjà mentionné précédemment (Spatola, Belletier, et al., 2019), des chercheurs ont pu montrer que la simple présence d'un robot pouvait faciliter le contrôle cognitif sous certaines conditions. En demandant à des participants d'interagir verbalement avec un robot ou de simplement le décrire, les auteurs ont pu mettre en évidence un effet de présence sociale (c.-à-d., une facilitation des performances cognitives) seulement dans la condition où les participant avaient discuté avec le robot. Ces effets étaient similaires aux effets de présence sociale en présence humaine mais seulement lorsque les participants avait interagit verbalement avec le robot (Augustinova & Ferrand, 2012 ; Huguet et al., 1999). Il est important de souligner que l'utilisation d'une échelle d'anthropomorphisme (c.-à-d., Robotic Social Attribute Scale, Carpinella, Wyman, Perez, & Stroessner, 2017) et d'humanisation (Haslam, 2006) ont permis de mettre en évidence que c'était bien les dimensions illustrant la dynamique sociale des relations interpersonnelles présentes dans l'échelle de de-humanisation qui permettait de médiatiser

ces effets. En effet après l'interaction verbale les participants attribuaient plus de traits humains au robot (ex., « cultivé », « ouvert d'esprit ») mais pas nécessairement plus de traits anthropomorphiques. De plus ces résultats semblent même pouvoir varier selon la valence associée au contexte de l'interaction rejoignant l'idée d'une modularité sociale des interactions homme-robot (Spatola et al., 2018). Ces résultats ont permis de démontrer l'importance de la composante sociale sur les performances cognitives dans les effets de présence avec les robots et de manière plus générale l'attribution d'une réalité sociale au robot, certes corrélée mais différente des attributions anthropomorphiques².

Classiquement, les études sur les interactions humains robots ont tendance à corrélérer l'acceptation de ceux-ci à l'anthropomorphisme (Epley et al., 2007). Bien que cette approche ait été informative, nous argumentons ici que le concept d'anthropomorphisme ne peut pas entièrement prédire comment les agents robotiques peuvent être perçus et acceptés. Dans cette partie, nous proposons d'examiner l'acceptation d'agents non-humains en relation avec les recherches sur l'humanisation / déshumanisation (Haslam, 2006). Ce concept d'humanisation, chez les robots, est soutenu par plusieurs résultats dans la littérature scientifique. Premièrement, comme nous l'avons mentionné, les IRH déclenche des comportements chez les individus similaires à des interactions avec d'autres humains, et ces similarités reposent sur des processus cognitifs communs et des zones cérébrales communes mis en jeu lors de ces interactions (Chaminade et al., 2012 ; Wiese et al., 2017). Or, bien que nous puissions anthropomorphiser un ordinateur ou un robinet, aucun de ces objets ne créés, par eux-mêmes de tels effets. De plus il semble que les robots puissent être catégorisés socialement par des appartenances groupales humaines (ex. application de stéréotypes nationaux, appartenance à l'in- ou l'out- group) (Eyssel & Kuchenbrandt, 2012 ; Spatola, Anier, et al., 2019). Ces récentes études montrent que ce sont des attributions d'humanisation, au-delà des caractéristiques classiquement utilisé pour évaluer l'anthropomorphisme, qui permettent d'expliquer une partie de la variance prédisant la perception des robots ou l'impact de ceux-ci sur l'humain et notamment sur les fonctions fondamentales de la cognition humaine lors d'IHR (Spatola, Belletier, et al., 2019 ; Spatola et al., 2018).

² L'utilisation de l'échelle RoSAS permet d'évaluer, entre autre, les attributs de chaleur et compétence, les deux facteurs principaux de l'évaluation sociale (Dupree & Fiske, 2017 ; Fiske, Cuddy, & Glick, 2007). Cependant ces dimensions semblent plutôt relié à la motivation de l'interaction avec une cible et non pas à l'évaluation de la distance conceptuelle entre la représentation égocentrée de l'humain et la cible. De plus, en se référant à Haslam, là où l'on ne peut « dé-anthropomorphisé » un individu, la déshumanisation est possible. On pourrait ainsi concevoir un processus conceptuel de catégorisation, l'humanisation, faisant la suite à un

Ainsi, alors que l'anthropomorphisme pourrait se suffire de caractéristiques perceptives passives, l'*humanisation* des robots serait plus fortement reliée au domaine social et pourrait apparaître seulement à la suite d'une interaction³. Cependant, les déterminants de cette humanisation sont encore flous. Une possibilité serait que le robot n'ayant pas de catégorie sociale définie, lors d'une interaction sociale, celui-ci soit plus facilement rapproché du groupe de l'observateur à savoir l'humain, la dimension groupale saillante dans le contexte de l'interaction sociale homme-machine. La motivation de cette humanisation pourrait donc tout de même être rapprochée de celles de l'anthropomorphisme puisqu'elle en serait potentiellement un prolongement au regard de ce processus commun. Percevoir un robot comme plus humain permettrait de lui apporter une complexité supplémentaire permettant, aussi, de reporter des inférences sociales sur le robot. Ces inférences sociales seraient issues des invariances dans les comportements qui nous permettent de reconnaître un même comportement sous les diverses formes d'expression qu'il peut prendre chez nos congénères. On reconnaîtrait ainsi un trait de personnalité spécifique tel que l'ouverture d'esprit par exemple, par la manifestation de comportements sociaux et d'échanges cohérents avec les scripts que nous avons appris. Cela serait vrai pour des robots anthropomorphes, et d'autant plus si on les considère comme plus humain avec, pourquoi pas, des traits de personnalité, une culture, une éducation, un savoir propre, etc.

En résumé, l'*humanisation* serait l'étape suivant l'anthropomorphisme, c'est-à-dire l'acceptation des robots comme agents sociaux viables et perçus comme de plus en plus égaux à l'humain, se centrant sur des construits de plus haut niveaux propres à notre espèce. Cependant, cette relation/transition entre anthropomorphisme et humanisation reste à définir précisément car elle n'est pour l'heure que théorique.

Le statut des robots comme définition des futurs paradigmes d'IRH.

Cette question de l'*humanisation* peut sembler triviale, mais l'histoire de l'Homme reste le meilleur exemple de l'évolution du concept

processus plus simple d'attribution de caractéristiques potentiellement sociales mais toujours individuelles, l'anthropomorphisme.

⁶ Cette hypothèse peut être relativisée au design actuel des robots. On peut supputer qu'une apparence indifférenciable d'un humain pourrait créer un phénomène similaire sans interaction. Cependant, à l'heure actuelle, les robots sont loin d'une telle performance.

d'« humain ». Au XIX^e siècle la population noire était légalement considérée comme une sous-espèce animale, et les animaux étaient considérés comme des objets sous l'aval de consensus “scientifiques”. On pourrait penser que les progrès technologiques sont encore loin d'impliquer un nouveau questionnement sur cette définition de l'humain, ce qui est partiellement vrai. Partiellement, car la volonté de créer des agents sociaux, et de surcroît à notre image, traduit une intention de rapprocher la machine de l'Homme, avec pour conséquence de rendre flou la distinction entre les deux (Ferrari et al., 2016). Glenn a d'ailleurs remis en cause la définition d'une “personne” au sens juridique au vu de l'avancée des nouvelles technologies (Glenn, 2003). Cela pose des questions autant éthiques que légales sur la responsabilité, le sens de l'autonomie ou du choix. Dans les juridictions occidentales une des principales distinctions pour définir le statut se base sur l'origine naturelle ou artificielle des sujets (Berg, 2007). La législation se base sur une vision anthropocentrique, et lorsque d'autres intérêts que l'humain sont protégés par la loi la raison est que l'humain y trouve un intérêt (Posner, 2000) (ex., la protection d'un lac ou d'une rivière pour protéger les humains). Et dans de plus rares cas la protection d'un écosystème si cela est neutre pour l'humain (ni gain, ni coût). Pour qu'un non-humain puisse faire valoir un droit, cela suppose qu'il puisse être jugé comme responsable de ses actions et qu'il puisse être lésé d'une manière qu'il puisse le ressentir comme tel (physiquement ou psychologiquement). La discussion sur le statut légal des robots est certes une anticipation au vu des capacités actuelles des robots, mais une anticipation potentiellement nécessaire. Au regard de l'Histoire, la limitation de droit pour des catégories de population ayant pourtant les attributs requis à l'obtention de ces droits s'est révélée problématique à la fois pour les populations concernées, mais aussi pour les représentations morales de l'humain (Berg, 2007). On peut ainsi se demander quelles sont les limites à fixer sur notre “utilisation” des robots et ce que nous permettrons à ces nouveaux agents d'accomplir.

Au regard de la psychologie sociale et notamment de la théorie de la dés-humanisation que nous avons mentionné, le statut des robots relève d'une problématique actuelle dont les conséquences s'observeront dans le futur. Haslam a ainsi proposé que la façon de considérer ou déconsidérer les humains dans ce qui fait d'eux des humains (que ce soit en orientant la comparaison vers l'animal ou la machine) entraîne des conséquences importantes sur les comportements subséquents à leur rencontre (Haslam, 2006 ; Haslam & Loughnan, 2014). Tout d'abord sur les comportements pro-sociaux, Cuddy, Rock et Norton ont pu mettre en avant une diminution de

l'intention d'aider des personnes si, préalablement, un processus de déshumanisation avait eu lieu (ex., considérer les individus en demande d'aide comme moins capable de ressentir des émotions) (Cuddy, Rock, & Norton, 2007). Deuxièmement, au niveau des comportements d'agressions, la déshumanisation semble liée à une augmentation des attitudes violentes (Rudman & Mescher, 2012). Dans les jeux vidéo par exemple, de tels phénomènes s'observent au travers des avatars numériques entre des opposants sur des jeux compétitifs conduisant à une plus grande agressivité à l'extérieur du jeu lorsque l'opposant a été déshumanisé (Bastian, Jetten, & Radke, 2012). Troisièmement, ces effets se portent aussi sur la caution morale attribuée aux individus (Bastian & Haslam, 2011). De ce fait nous pourrions émettre l'hypothèse que la considération des robots comme de simples objets pourrait définir des habitudes et des normes de comportements partagées par la société tels que ceux présentés ici. Le problème n'est, actuellement, pas tant les comportements envers les robots au vu de leurs capacités cognitives (Dehaene, Lau, & Kouider, 2017). Le problème majeur vient de l'objectification de l'humain au travers de l'utilisation des robots. L'évolution des IHR pourrait avoir un impact direct sur les interactions entre humain en redéfinissant des comportements. On peut prendre pour exemple l'utilisation d'internet dans la communication humaine qui a redéfini les modes d'échanges et de partages.

Dès lors, les possibles évolutions de la morale et des cognitions sociales humaines à l'heure des robots deviennent un sujet de recherche psychologique, sociologique et anthropologique important. Des œuvres de science-fiction comme *Westworld* dépeignent par exemple des parcs peuplés d'hôtes mécaniques indifférenciables des humains à la vue, mimant une vie, que les visiteurs peuvent violenter et « tuer » sans risque de représailles. Dans une perspective de psychologie sociale, on peut se poser la question de l'évolution des cognitions sociales sous-jacentes qui permettent et valorisent une société où l'on peut payer pour laisser libre cours à sa violence sur des entités à notre image et nous ressemblant physiquement en tout point.

CONCLUSION

L'arrivée des robots dans les Sciences Sociales mais aussi dans notre quotidien ouvre de nouvelles opportunités en termes de recherche et d'interaction mais aussi de nouveaux défis quant à l'utilisation de ces

technologies, de la compréhension de leur impact sur l'humain et de la définition de leurs considérations et usages. Cela peut apparaître tout d'abord dans la recherche, en comprenant mieux la cognition humaine à l'aide et au travers des robots. Ces nouvelles approches vont permettre de développer de nouvelles connaissances à la fois en robotique mais surtout sur les processus sociocognitifs humains. Ensuite, au niveau social, les interactions que nous allons développer avec ces robots, notre perception (anthropomorphe, humanisante, etc.) va par essence changer nos comportements, voir notre société. Le rôle des robots sera ainsi amené à évoluer. Ce que nous choisirons de déléguer au robot ou au contraire d'interdire définira les comportements humains dans les IHR et de ce fait nos sociétés. Ce phénomène évolutif se produit déjà concernant la technologie actuelle (ex., les téléphones portables ou les ordinateurs). Nous développons des robots afin de leur transmettre des compétences humaines, compétences qui à terme ne seront plus nécessaire d'être développées chez l'humain (Engelbart, 1962 ; Engelbart & Douglas, 1995 ; Douglas Engelbart, 1999 ; Gill, 2012). En acceptant cet état de fait, nous acceptons de créer une co-dépendance entre l'humain et les robots. Cette co-dépendance technologique a été théorisée dans les années 60 par Licklider avec pour finalité, l'humain développant une symbiose technologique comme clef de compréhension de l'évolution de nos sociétés (Brangier & Hammes-Adelé, 2011 ; Brangier & Hammes, 2007 ; Licklider, 1960 ; Stewart & Williams, 1998). Le postulat ici est que les IHR peuvent devenir un phénomène structurant de la société humaine. Il semble donc important, de le comprendre et d'envisager ses conséquences dès maintenant. Les sciences sociales et du comportement ont, probablement, une expertise nécessaire sur le sujet de l'interaction homme-robot. Considérer l'introduction de nouveaux agents sociaux artificiels dans notre société comme la simple apparition de nouveaux outils technologiques serait une erreur au regard des processus que les robots peuvent produire en termes de cognition sociale.

RÉFÉRENCES

- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature Neuroscience*, 11(9), 1109–1116. <https://doi.org/10.1038/nn.2182>

- Arbib, M. A., & Fellous, J. M. (2004). Emotions: From brain to robot. *Trends in Cognitive Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.004>
- Arita, A., Hiraki, K., Kanda, T., & Ishiguro, H. (2005). Six-month-old infants' expectations for interactive-humanoid robots. In *Proceedings of 2005 4th IEEE International Conference on Development and Learning* (Vol. 2005, p. 141). <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2005.1490962>
- Asano, Y., Kozuki, T., Ookubo, S., Kawamura, M., Nakashima, S., Katayama, T., ... Inaba, M. (2016). Human mimetic musculoskeletal humanoid Kengoro toward real world physically interactive actions. In *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots* (pp. 876–883). <https://doi.org/10.1109/HUMANOIDS.2016.7803376>
- Augustinova, M., & Ferrand, L. (2012). The influence of mere social presence on Stroop interference: New evidence from the semantically-based Stroop task. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(5), 1213–1216. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2012.04.014>
- Barsante, L. S., Paixão, K. S., Laass, K. H., Cardoso, R. T. N., Eiras, Á. E., & Acebal, J. L. (2014). A model to predict the population size of the dengue fever vector based on rainfall data. *Organization Science*. <https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0133>
- Bartneck, C., & Forlizzi, J. (2004). Shaping human-robot interaction. In *Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems - CHI '04* (p. 1731). <https://doi.org/10.1145/985921.986205>
- Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-008-0001-3>
- Bartneck, C., Suzuki, T., Kanda, T., & Nomura, T. (2007). The influence of people's culture and prior experiences with Aibo on their attitude towards robots. *AI and Society*, 21(1), 217–230. <https://doi.org/10.1007/s00146-006-0052-7>
- Bastian, B., & Haslam, N. (2011). Experiencing Dehumanization: Cognitive and Emotional Effects of Everyday Dehumanization. *Basic and Applied Social Psychology*. <https://doi.org/10.1080/01973533.2011.614132>
- Bastian, B., Jetten, J., & Radke, H. R. M. (2012). Cyber-dehumanization: Violent video game play diminishes our humanity. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(2), 486–491. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2011.10.009>
- Belletier, C., Davranche, K., Tellier, I. S., Dumas, F., Vidal, F., Hasbroucq, T., & Huguet, P. (2015). Choking under monitoring pressure: being watched by the experimenter reduces executive attention. *Psychonomic Bulletin and Review*, 22(5), 1410–1416. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0804-9>
- Berg, J. W. (2007). Of Elephants and Embryos: A Proposed Framework for Legal Personhood. *Hasting Law Journal*, 59, 369. [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(94\)90319-0](https://doi.org/10.1016/0040-6090(94)90319-0)
- Bermúdez, J. L. (2018). First person awareness of agency. *Teorema*. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.14>
- Bourdin, B. (2015). Un modèle capacitaire du traitement langagier chez l'enfant sourd : Le cas de la morphosyntaxe. In *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant* (Vol. 27, pp. 469–476). <https://doi.org/10.4321/S1135-76062011000400002>
- Brangier, É., & Hammes-Adelé, S. (2011). Beyond the technology acceptance model: Elements to validate the human-technology symbiosis model. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6779

- LNCS, pp. 13–21). https://doi.org/10.1007/978-3-642-21716-6_2
- Brangier, E., & Hammes, S. (2007). Comment mesurer la relation humain-technologies -organisation ? *Piste*, 9(2), 1–12. <https://doi.org/10.4000/pistes.2959>
- Breazeal, C. (2003). Emotion and sociable humanoid robots. *International Journal of Human Computer Studies*, 59(1–2), 119–155. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00018-1)
- Brenton, H., Gillies, M., Ballin, D. B., & David Chatting, btcom B. (2005). The “Uncanny Valley”: Does it Exist and is it Related to Presence? *Presence Connect*, (2004), 1–8. Retrieved from http://www.bespokevr.com/pdfs/brenton_UncannyValley_2005.pdf
- Burleigh, T. J., Schoenherr, J. R., & Lacroix, G. L. (2013). Does the uncanny valley exist? An empirical test of the relationship between eeriness and the human likeness of digitally created faces. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 759–771. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.11.021>
- Byrne, D., Griffitt, W., & Stefaniak, D. (1967). Attraction and similarity of personality characteristics. *Journal of Personality and Social Psychology*, 5(1), 82–90. <https://doi.org/10.1037/h0021198>
- Callaway, C., & Sima'an, K. (2006). *Wired for Speech: How Voice Activates and Advances the Human-Computer Relationship*. *Computational Linguistics* (Vol. 32). <https://doi.org/10.1162/coli.2006.32.3.451>
- Cañamero, L., & Fredslund, J. (2001). I show you how I like you - Can you read it in my face? *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 31(5), 454–459. <https://doi.org/10.1109/3468.952719>
- Cao, J., Hu, X. Q., Luo, Y. C., Qi, L., Xu, G. Q., & Xu, P. F. (2016). The role of some special ions in the flotation separation of pentlandite from lizardite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 490, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2015.11.050>
- Capek, K. (1920). Rossum’s Universal Robots. *Prague, CZ*. <https://doi.org/2003061698>
- Carpenter, J., Davis, J. M., Erwin-Stewart, N., Lee, T. R., Bransford, J. D., & Vye, N. (2009). Gender representation and humanoid robots designed for domestic use. *International Journal of Social Robotics*, 1(3), 261–265. <https://doi.org/10.1007/s12369-009-0016-4>
- Carpinella, C. M., Wyman, A. B., Perez, M. A., & Stroessner, S. J. (2017). The Robotic Social Attributes Scale (RoSAS). In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction - HRI '17* (pp. 254–262). <https://doi.org/10.1145/2909824.3020208>
- Casasanto, D., & Jasmin, K. (2010). Good and bad in the hands of politicians: Spontaneous gestures during positive and negative speech. *PLoS ONE*, 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011805>
- Casasanto, D., & Jasmin, K. (2012). The hands of time: Temporal gestures in english speakers. *Cognitive Linguistics*, 23(4), 643–674. <https://doi.org/10.1515/cog-2012-0020>
- Chaminade, T. (2006). Acquiring and probing self-other equivalencies Using artificial agents to study social cognition. In *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (p. 769–774). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2006.3143355>
- Chaminade, T. (2017). An experimental approach to study the physiology of natural social interactions. *Interaction Studies: Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 18(2), 254–275. <https://doi.org/10.1075/is.18.2.06gry>
- Chaminade, T., & Cheng, G. (2009). Social cognitive neuroscience and humanoid robotics. *Journal of Physiology Paris*,

- 103(3–5), 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2009.08.011>
- Chaminade, T., Da Fonseca, D., Rosset, D., Cheng, G., & Deruelle, C. (2015). Atypical modulation of hypothalamic activity by social context in ASD. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 10, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.10.015>
- Chaminade, T., & Decety, J. (2001). A common framework for perception and action: Neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 879–+. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01230106>
- Chaminade, T., Franklin, D. W., Oztop, E., & Cheng, G. (2005). Motor interference between humans and humanoid robots: Effect of biological and artificial motion. In *Proceedings of 2005 4th IEEE International Conference on Development and Learning* (Vol. 2005, p. 96–101). <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2005.1490951>
- Chaminade, T., Hodgins, J., & Kawato, M. (2007). Anthropomorphism influences perception of computer-animated characters' actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(3), 206–216. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm017>
- Chaminade, T., Rauchbauer, B., Nazarian, B., Bourhis, M., Ochs, M., & Prévot, L. (2018). Brain neurophysiology to objectify the social competence of conversational agents. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction*. ACM.
- Chaminade, T., Rosset, D., Da Fonseca, D., Nazarian, B., Lutchter, E., Cheng, G., & Deruelle, C. (2012). How do we think machines think? An fMRI study of alleged competition with an artificial intelligence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00103>
- Chaminade, T., Zecca, M., Blakemore, S. J., Takanishi, A., Frith, C. D., Micera, S., ... Umiltà, M. A. (2010). Brain response to a humanoid robot in areas implicated in the perception of human emotional gestures. *PLoS ONE*, 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011577>
- Cross, E. S., Liepelt, R., Antonia, A. F., Parkinson, J., Ramsey, R., Stadler, W., & Prinz, W. (2012). Robotic movement preferentially engages the action observation network. *Human Brain Mapping*, 33(9), 2238–2254. <https://doi.org/10.1002/hbm.21361>
- Cuddy, A. J. C., Rock, M. S., & Norton, M. I. (2007). Aid in the aftermath of Hurricane Katrina: Inferences of secondary emotions and intergroup helping. *Group Processes and Intergroup Relations*, 10(1), 107–118. <https://doi.org/10.1177/1368430207071344>
- Darling, K. (2015a). “Who’s Johnny?” Anthropomorphic Framing in Human-Robot Interaction, Integration, and Policy. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2588669>
- Darling, K. (2015b). “Who’s Johnny?” Anthropomorphic Framing in Human-Robot Interaction, Integration, and Policy. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2588669>
- Dawes, R. M., & Mulford, M. (1996). The false consensus effect and overconfidence: Flaws in judgment or flaws in how we study judgment? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 65(3), 201–211. <https://doi.org/10.1006/obhd.1996.0020>
- de Graaf, M. M. A., Ben Allouch, S., & van Dijk, J. A. G. M. (2016). Long-term evaluation of a social robot in real homes. *Interaction Studies*, 17(3), 461–490. <https://doi.org/10.1075/is.17.3.08deg>
- Debito, A. (2006). The Coming Internationalization: Can Japan assimilate its immigrants? *The Asia-Pacific Journal*, 4(2), 1–8. Retrieved from http://economist.com/displaystory.cfm?story_id
- Dehaene, S., Lau, H., & Kouider, S. (2017). What is consciousness, and could machines have it? *Science*, 358(6362),

- 486–492. <https://doi.org/10.1126/science.aan8871>
- Demolliens, M., Isbaine, F., Takerkart, S., Huguet, P., & Boussaoud, D. (2017). Social and asocial prefrontal cortex neurons: A new look at social facilitation and the social brain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(8), 1241–1248. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx053>
- Ducheneaut, N., Wen, M.-H., Yee, N., & Wadley, G. (2009). Body and mind: A study of avatar personalization in three virtual worlds. *Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 09*. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518877>
- Dupree, C. H., & Fiske, S. T. (2017). Universal dimensions of social signals: Warmth and competence. In *Social Signal Processing* (p. 23–33). <https://doi.org/10.1017/9781316676202.003>
- Ekman, P. (1992). An Argument for Basic Emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3–4), 169–200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.4.384>
- Ekman, P., & Rosenberg, E. L. (2012). *What the Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)*. *What the Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195179644.001.0001>
- Engelbart, D. C. (1995). Toward augmenting the human intellect and boosting our collective IQ. *Communications of the ACM*, 38(8), 30–32. <https://doi.org/10.1145/208344.208352>
- Epley, N., Akalis, S., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2008). Creating social connection through inferential reproduction: Loneliness and perceived agency in gadgets, gods, and hreyhounds: Research article. *Psychological Science*, 19(2), 114–120. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02056.x>
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On Seeing Human: A Three-Factor Theory of Anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864–886. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.864>
- Eyssel, F., & Hegel, F. (2012). (S)he’s Got the Look: Gender Stereotyping of Robots. *Journal of Applied Social Psychology*, 42(9), 2213–2230. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2012.00937.x>
- Eyssel, F., & Kuchenbrandt, D. (2011). Manipulating anthropomorphic inferences about NAO: The role of situational and dispositional aspects of effactance motivation. In *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (p. 467–472). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2011.6005233>
- Eyssel, F., & Kuchenbrandt, D. (2012). Social categorization of social robots: Anthropomorphism as a function of robot group membership. *British Journal of Social Psychology*, 51(4), 724–731. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8309.2011.02082.x>
- Eyssel, F., & Reich, N. (2013). Loneliness makes the heart grow fonder (of robots) - On the effects of loneliness on psychological anthropomorphism. In *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (p. 121–122). <https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483531>
- Ezer, N., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2009). Attitudinal and intentional acceptance of domestic robots by younger and older adults. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 5615 LNCS, p. 39–48). https://doi.org/10.1007/978-3-642-02710-9_5
- Ferrari, F., Paladino, M. P., & Jetten, J. (2016). Blurring Human–Machine Distinctions: Anthropomorphic Appearance in

- Social Robots as a Threat to Human Distinctiveness. *International Journal of Social Robotics*, 8(2), 287–302. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0338-y>
- Fiske, S. T., Cuddy, A. J. C., & Glick, P. (2007). Universal dimensions of social cognition: warmth and competence. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(2), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.11.005>
- Fiske, S. T., & Neuberg, S. L. (1990). A Continuum of Impression Formation, from Category-Based to Individuating Processes: Influences of Information and Motivation on Attention and Interpretation. *Advances in Experimental Social Psychology*, 23(C), 1–74. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60317-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60317-2)
- Frijda, N. H. (1988). The Laws of Emotion. *American Psychologist*, 43(5), 349–358. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.43.5.349>
- Frith, C. (2009). Role of facial expressions in social interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0142>
- Fujita, M., & Kitano, H. (1998). Development of an Autonomous Quadruped Robot for Robot Entertainment. *Autonomous Robots*, 5(1), 7–18. <https://doi.org/10.1023/A:1008856824126>
- Fussell, S. R., Kiesler, S., Setlock, L. D., & Yew, V. (2008). How people anthropomorphize robots. In *Proceedings of the 3rd international conference on Human robot interaction - HRI '08* (p. 145). <https://doi.org/10.1145/1349822.1349842>
- Galindo-Hernández, F., Domínguez, J. M., & Portales, B. (2015). Structural and textural properties of Fe₂O₃/γ-Al₂O₃ catalysts and their importance in the catalytic reforming of CH₄ with H₂S for hydrogen production. In *Journal of Power Sources* (Vol. 287, p. 13–24). <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.04.015>
- Gallese, V., & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01262-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01262-5)
- Gardner, W. L., Pickett, C. L., Jefferis, V., & Knowles, M. (2005). On the outside looking in: Loneliness and social monitoring. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31(11), 1549–1560. <https://doi.org/10.1177/0146167205277208>
- Gazzola, V., Rizzolatti, G., Wicker, B., & Keysers, C. (2007). The anthropomorphic brain: The mirror neuron system responds to human and robotic actions. *NeuroImage*, 35(4), 1674–1684. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.003>
- Geller, T. (2008). Overcoming the Uncanny Valley. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(4), 11–17. <https://doi.org/10.1109/MCG.2008.79>
- George, N., & Conty, L. (2008). Facing the gaze of others. *Neurophysiologie Clinique*. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.03.001>
- Ghorbal, M., Gorman, M., MacPherson, C. R., Martins, R. M., Scherf, A., & Lopez-Rubio, J. J. (2014). Genome editing in the human malaria parasite *Plasmodium falciparum* using the CRISPR-Cas9 system. *Nature Biotechnology*, 32(8), 819–821. <https://doi.org/10.1038/nbt.2925>
- Gill, K. S. (1996). *Human machine symbiosis: The foundations of human-centred systems design*. Springer Science & Business Media.
- Glenn, L. (2003). Crossing Species Boundaries: a legal perspective on humanity, personhood, and species boundaries. *American Journal of Bioethics*, 3, 27–28.
- Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A. (2003). Matching robot appearance and behavior to tasks to improve human-robot cooperation. In *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (p. 55–60). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2003.1251796>

- Gregory, N., & Antolin, J. V. (2018). Author accepted manuscript: Does Social Presence or the Potential for Interaction reduce Social Gaze in Online Social Scenarios? Introducing the “Live Lab” paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 174702181877281. <https://doi.org/10.1177/1747021818772812>
- Groom, V., Takayama, L., Ochi, P., & Nass, C. (2009). I am my robot. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction - HRI '09* (p. 31). <https://doi.org/10.1145/1514095.1514104>
- Hanington, B., & Martin, B. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions. Choice Reviews Online* (Vol. 49). Rockport Publishers. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.49-5403>
- Hara, F. (2004). Artificial emotion of face robot through learning in communicative interactions with human. *Proceedings of the 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 7–15. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374712>
- Hara, F., & Kobayashi, H. (1996). A face robot able to recognize and produce facial expression. In *Intelligent Robots and Systems '96, IROS 96, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on* (Vol. 3, pp. 1600–1607 vol.3). <https://doi.org/10.1109/IROS.1996.569026>
- Hari, R., & Kujala, M. V. (2009). Brain Basis of Human Social Interaction: From Concepts to Brain Imaging. *Physiological Reviews*, 89(2), 453–479. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2007>
- Haslam, N. (2006). Dehumanization: An integrative review. *Personality and Social Psychology Review*. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr1003_4
- Haslam, N., & Loughnan, S. (2014). *Dehumanization and Infrahumanization. Ssrn*. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115045>
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wierlinga, B. (2008). The influence of social presence on acceptance of a companion robot by older people. *Journal of Physical Agents*, 2(2), 33–40. <https://doi.org/10.14198/JoPha.2008.2.2.05>
- Hegel, F., Krach, S., Kircher, T., Wrede, B., & Sagerer, G. (2008). Understanding social robots: A user study on anthropomorphism. In *Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN* (p. 574–579). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2008.4600728>
- Heiss, L. (2007). Enabled apparel: The role of digitally enhanced apparel in promoting remote empathic connection. *AI and Society*, 22(1), 15–24. <https://doi.org/10.1007/s00146-006-0076-z>
- Helton, W. S. (2005). Animal expertise, conscious or not. *Animal Cognition*. <https://doi.org/10.1007/s10071-004-0234-y>
- Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., & Stephenson, D. (2015). Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality: A Meta-Analytic Review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2), 227–237. <https://doi.org/10.1177/1745691614568352>
- Huguet, P., Galvaing, M. P., Monteil, J. M., & Dumas, F. (1999). Social presence effects in the Stroop task: Further evidence for an attentional view of social facilitation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(5), 1011–1024. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.5.1011>
- Huitron, C., Perez, R., Sanchez, A. E., Lappe, P., & Rocha Zavaleta, L. (2008). Agricultural waste from the tequila industry as substrate for the production of commercially important enzymes. In *Journal of Environmental Biology* (Vol. 29, p. 37–41). <https://doi.org/10.1145/778712.778756>

- Imai, M., Ono, T., & Ishiguro, H. (2003). Physical relation and expression: Joint attention for human-robot interaction. In *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (Vol. 50, p. 636–643). <https://doi.org/10.1109/TIE.2003.814769>
- Jäntsch, M., Wittmeier, S., Dalamagkidis, K., Panos, A., Volkart, F., & Knoll, A. (2015). Anthrob - A printed anthropomimetic robot. In *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots* (Vol. 2015–Febru, p. 34 2–347). <https://doi.org/10.1109/HUMANOI DS.2013.7029997>
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. In *NeuroImage* (Vol. 14). <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>
- Jones, E. E., & Davis, K. E. (1966). From Acts To Dispositions The Attribution Process In Person Perception. *Advances in Experimental Social Psychology*, 2(C), 219–266. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60107-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60107-0)
- Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children : A field trial. *Human-Computer Interaction*. https://doi.org/10.1207/s15327051hci901&camp;2_4
- Kaplan, F. (2004). Who Is Afraid of the Humanoid? Investigating Cultural Differences in the Acceptance of Robots. *International Journal of Humanoid Robotics*, 01(03), 465–480. <https://doi.org/10.1142/S0219843604000289>
- Kiesler, S., Powers, A., Fussell, S. R., & Torrey, C. (2008). Anthropomorphic Interactions with a Robot and Robot-like Agent. *Social Cognition*, 26(2), 169–181. <https://doi.org/10.1521/soco.2008.26.2.169>
- Knight, C., Power, C., & Mithen, S. (1998). The origins of anthropomorphic thinking. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 4(March 1988), 129–132. <https://doi.org/Article>
- Kondratenko, Y. P., & Duro, R. J. (2015). *Advances in intelligent robotics and collaborative automation (Vol. 1)*. River Publishers.
- Krementsov, N. L., & Todes, D. P. (1991). On Metaphors, Animals, and Us. *Journal of Social Issues*, 47(3), 67–81. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1991.tb01823.x>
- Leotti, L. A., Iyengar, S. S., & Ochsner, K. N. (2010). Born to choose: The origins and value of the need for control. *Trends in Cognitive Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.08.001>
- Leshner, J. H. (2010). Xenophanes. In *The History of Western Philosophy of Religion: Volume 1, Ancient Philosophy of Religion* (p. 41–52). <https://doi.org/10.1017/UPO9781844654635.004>
- Levenson, R. W. (2003). Blood, Sweat, and Fears: The Autonomic Architecture of Emotion. In *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1000, p. 348–366). <https://doi.org/10.1196/annals.1280.016>
- Leyens, J.-P., Demoulin, S., Vaes, J., Gaunt, R., & Paladino, M. P. (2007). Infra-humanization: The Wall of Group Differences. *Social Issues and Policy Review*, 1(1), 139–172. <https://doi.org/10.1111/j.1751-2409.2007.00006.x>
- Licklider, J. C. R. (1960). Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-1(1), 4–11. <https://doi.org/10.1109/THFE2.1960.4503259>
- Looije, R., Neerincx, M. A., & Cnossen, F. (2010). Persuasive robotic assistant for health self-management of older adults: Design and evaluation of social behaviors. *International Journal of Human Computer Studies*, 68(6), 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.08.007>
- Louis, M. R., & Sutton, R. I. (1991). Switching Cognitive Gears: From Habits of

- Mind to Active Thinking. *Human Relations*, 44(1), 55–76. <https://doi.org/10.1177/001872679104400104>
- MacDorman, K. F., & Ishiguro, H. (2006). The uncanny advantage of using androids in cognitive and social science research. *Interaction Studies*, 7(3), 297–337. <https://doi.org/10.1075/is.7.3.03mac>
- MacDorman, K. F., Vasudevan, S. K., & Ho, C. C. (2009). Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures. *AI and Society*, 23(4), 485–510. <https://doi.org/10.1007/s00146-008-0181-2>
- Makino, S., Kawaharazuka, K., Kawamura, M., Asano, Y., Okada, K., & Inaba, M. (2017). High-power, flexible, robust hand: Development of musculoskeletal hand using machined springs and realization of self-weight supporting motion with humanoid. In *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems* (Vol. 2017-Septe, p. 1187–1192). <https://doi.org/10.1109/IROS.2017.8202291>
- Maner, J. K., DeWall, C. N., Baumeister, R. F., & Schaller, M. (2007). Does social exclusion motivate interpersonal reconnection? Resolving the “porcupine problem.” *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(1), 42–55. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.92.1.42>
- Manning, A. D. (1998). Scott McCloud. Understanding comics: The invisible art. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 41(1), 66–69. <https://doi.org/10.1109/TPC.1998.661632>
- Mara, M., & Appel, M. (2015). Science fiction reduces the eeriness of android robots: A field experiment. *Computers in Human Behavior*, 48, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.007>
- Marques, H. G., Jäntschi, M., Wittmeier, S., Holland, O., Alessandro, C., Diamond, A., ... Knight, R. (2010). ECCE1: The first of a series of anthropomorphic musculoskeletal upper torsos. In *2010 10th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Humanoids 2010* (pp. 391–396). <https://doi.org/10.1109/ICHR.2010.5686344>
- Martin, C. D. (1997a). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television and New Media Like Real People and Places* [Book Review]. *IEEE Spectrum* (Vol. 34). Cambridge, UK: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.1997.576013>
- Martin, C. D. (1997b). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television and New Media Like Real People and Places* [Book Review]. *IEEE Spectrum* (Vol. 34). <https://doi.org/10.1109/MSPEC.1997.576013>
- Mason, M. F., Cloutier, J., & Macrae, C. N. (2006). On Construing Others: Category and Stereotype Activation from Facial Cues. *Social Cognition*, 24(5), 540–562. <https://doi.org/10.1521/soco.2006.24.5.540>
- Masters, J. C., & Furman, W. (1981). Popularity, individual friendship selection, and specific peer interaction among children. *Developmental Psychology*, 17(3), 344–350. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.17.3.344>
- Mathur, M. B., & Reichling, D. B. (2016). Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the Uncanny Valley. *Cognition*, 146, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.008>
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Brahears, M. E. (2006). Social isolation in America: Changes in core discussion networks over two decades. *American Sociological Review*, 71(3), 353–375. <https://doi.org/10.1177/000312240607100301>
- Miller, D. P., Nourbakhsh, I. R., & Siegwart, R. (2008). Robots for education. In *Springer handbook of robotics* (p. 1283–1301). https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5_56
- Minnotte, M. C. (1997). Nonparametric testing of the existence of modes. *Annals of*

- Statistics*, 25(4), 1646–1660. <https://doi.org/10.1214/aos/1031594735>
- Morency, L.-P., Christoudias, C. M., & Darrell, T. (2006). Recognizing gaze aversion gestures in embodied conversational discourse. In *Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces - ICMI '06* (p. 287). <https://doi.org/10.1145/1180995.1181051>
- Moreno, R., & Flowerday, T. (2006). Students' choice of animated pedagogical agents in science learning: A test of the similarity-attraction hypothesis on gender and ethnicity. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2), 186–207. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.05.002>
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 19(2), 98–100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Mundy, P., & Newell, L. (2007a). Attention, joint attention, and social cognition. In *Current Directions in Psychological Science* (Vol. 16, p. 269–274). <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x>
- Mundy, P., & Newell, L. (2007b). Attention, joint attention, and social cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 16(5), 269–274. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x>
- Munzert, J., Lorey, B., & Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.12.024>
- Nakata, T., Sato, T., & Mori, T. (1998). Expression of emotion and intention by robot body movement. *5th Conference on Intelligent Autonomous Systems*, 352–359. Retrieved from http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=4&SID=3A5Lp50HF9g93BL3BgD&page=1&doc=1&colname=WOS
- Nass, C., & Moon, Y. (2000). Machines and mindlessness: Social responses to computers. *Journal of Social Issues*, 56(1), 81–103. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00153>
- Nass, C., Reeves, B., & Leshner, G. (1996). Technology and Roles: A Tale of Two TVs. *Journal of Communication*, 46(2), 121–128. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1996.tb01477.x>
- Nyangoma, E. N., Olson, C. K., Painter, J. A., Posey, D. L., Stauffer, W. M., Naughton, M., ... Benoit, S. R. (2017). Syphilis Among U.S.-Bound Refugees, 2009–2013. In *Journal of Immigrant and Minority Health* (Vol. 19, p. 835–842). <https://doi.org/10.1007/s10903-016-0397-z>
- Oaksford, M., & Chater, N. (2010). *Bayesian Rationality: The probabilistic approach to human reasoning*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198524496.001.0001>
- Orlikowski, W. J. (1992). The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations. *Organization Science*, 3(3), 398–427. <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.398>
- Ouellet, M., Santiago, J., Israeli, Z., & Gabay, S. (2010). Is the future the right time? *Experimental Psychology*, 57(4), 308–314. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000036>
- Oztop, E., Chaminade, T., & Franklin, D. W. (2005). Human-humanoid interaction: is a humanoid robot perceived as a human? *4th IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots, 2004.*, 2(4), 830–841. <https://doi.org/10.1109/ICHR.2004.1442688>
- Pacherie, E. (2015). The Sense of Agency. *Psyche*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190267278.001.0001>
- Palinko, O., Rea, F., Sandini, G., & Sciutti, A. (2016). A Robot reading human gaze:

- Why eye tracking is better than head tracking for human-robot collaboration. In *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems* (Vol. 2016–Novem, p. 5048–5054). <https://doi.org/10.1109/IROS.2016.7759741>
- Palinko, O., Sciutti, A., Wakita, Y., Matsumoto, Y., & Sandini, G. (2016). If looks could kill: Humanoid robots play a gaze-based social game with humans. In *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots* (p. 905–910). <https://doi.org/10.1109/HUMANOIDS.2016.7803380>
- Pfeifer, R., Lungarella, M., & Sporns, O. (2008). The Synthetic Approach to Embodied Cognition: A Primer. In *Handbook of Cognitive Science* (p. 121–137). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-046616-3.00007-4>
- Pineau, J., Montemerlo, M., Pollack, M., Roy, N., & Thrun, S. (2003). Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results. In *Robotics and Autonomous Systems* (Vol. 42, p. 271–281). [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00381-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00381-0)
- Pirni, A. (2009). Sul fondamento, ovvero il non-luogo della comunità politica. *Logos*, 42, 37–60. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.67.4.596>
- Posner, R. A. (2000). Animal Rights. *Yale Law Journal*, 110, 527–539.
- Povinelli, D. J., Gallup, G. G., Eddy, T. J., Bierschwale, D. T., Engstrom, M. C., Perilloux, H. K., & Toxopeus, I. B. (1997). Chimpanzees recognize themselves in mirrors. *Animal Behaviour*. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0303>
- Powers, A., Kramer, A. D. I., Lim, S., Kuo, J., Lee, S. L., & Kiesler, S. (2005). Eliciting information from people with a gendered humanoid robot. In *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (Vol. 2005, p. 158–163). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2005.1513773>
- Quinn, K. A., & Macrae, C. N. (2005). Categorizing others: The dynamics of person construal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 88(3), 467–479. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.88.3.467>
- Reeves, B., & Nass, C. (1996). The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places (CSLI Lecture Notes S). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.1997.576013>
- Rich, C., Ponsler, B., Holroyd, A., & Sidner, C. L. (2010). Recognizing engagement in human-robot interaction. In *2010 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (p. 375–382). <https://doi.org/10.1109/HRI.2010.5453163>
- Riek, L. D., Rabinowitch, T.-C., Chakrabarti, B., & Robinson, P. (2009). How anthropomorphism affects empathy toward robots. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction - HRI '09* (p. 245). <https://doi.org/10.1145/1514095.1514158>
- Robots, D. S. (2003). Designing sociable robots. *Computers & Mathematics with Applications*, 45(10–11), 1774. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(03\)80129-3](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(03)80129-3)
- Rosenthal-Von Der Pütten, A. M., Schulte, F. P., Eimler, S. C., Hoffmann, L., Sobieraj, S., Maderwald, S., ... Brand, M. (2013). Neural correlates of empathy towards robots. In *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (p. 215–216). <https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483578>
- Ross, N., Medin, D., Coley, J. D., & Atran, S. (2003). Cultural and experiential differences in the development of folkbiological induction. *Cognitive Development*. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(02\)00142-9](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(02)00142-9)
- Rudman, L. A., & Mescher, K. (2012). Of Animals and Objects: Men's Implicit

- Dehumanization of Women and Likelihood of Sexual Aggression. *Personality and Social Psychology Bulletin*. <https://doi.org/10.1177/0146167212436401>
- Saint-Aime, S., Le-Pevédic, B., Duhaut, D., & Shibata, T. (2007). EmotiRob: Companion robot project. In *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (p. 919–924). <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2007.4415215>
- Salem, M., Eyssel, F., Rohlfling, K., Kopp, S., & Joubin, F. (2013). To Err is Human(-like): Effects of Robot Gesture on Perceived Anthropomorphism and Likability. *International Journal of Social Robotics*, 5(3), 313–323. <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0196-9>
- Saygin, A. P. (2004). Point-Light Biological Motion Perception Activates Human Premotor Cortex. *Journal of Neuroscience*, 24(27), 6181–6188. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0504-04.2004>
- Saygin, A. P., Chaminade, T., Ishiguro, H., Driver, J., & Frith, C. (2012). The thing that should not be: Predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(4), 413–422. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr025>
- Schermerhorn, P., Scheutz, M., & Crowell, C. R. (2008). Robot social presence and gender. *Proceedings of the 3rd International Conference on Human Robot Interaction - HRI '08*. <https://doi.org/10.1145/1349822.1349857>
- Sciutti, A., Ansuini, C., Becchio, C., & Sandini, G. (2015). Investigating the ability to read others' intentions using humanoid robots. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01362>
- Seyama, J., & Nagayama, R. S. (2007). The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(4), 337–351. <https://doi.org/10.1162/pres.16.4.337>
- Shettleworth, S. J. (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*. <https://doi.org/10.1006/anbe.2000.1606>
- Shoemaker, S., & Dennett, D. (1990). The Intentional Stance. *The Journal of Philosophy*, 87(4), 212. <https://doi.org/10.2307/2026682>
- Siino, R. M., & Hinds, P. J. (2005). Robots, gender & sensemaking: Sex segregation's impact on workers making sense of a mobile autonomous robot. In *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation* (Vol. 2005, p. 2773–2778). <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2005.1570533>
- Sloman, A., & Croucher, M. (1981). Why robots will have emotions. In *Proc 7th Int. Joint Conf. on AI* (p. 1–10). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.63.1932&rep=rep1&type=pdf>
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006). The restless mind. *Psychological Bulletin*, 132(6), 946–958. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.6.946>
- Sparrow, R., & Sparrow, L. (2006). In the hands of machines? the future of aged care. *Minds and Machines*, 16(2), 141–161. <https://doi.org/10.1007/s11023-006-9030-6>
- Spatola, N., Anier, N., Redersorff, S., Ferrand, L., Belletier, C., Normand, A., & Huguet, P. (2019). National stereotypes and robots' perception: the “made in” effect. *Frontiers in Robotics and AI*.
- Spatola, N., Belletier, C., Chausse, P., Augustinova, M., Normand, A., Barra, V., ... Huguet, P. (2019). Improved cognitive control in presence of anthropomorphized robots. *International Journal of Social Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-00511-w>
- Spatola, N., Belletier, C., Normand, A., Chausse, P., Monceau, S., Augustinova, M., ... Ferrand, L. (2018). Not as bad as it seems: When the presence of a threatening

- humanoid robot improves human performance. *Science Robotics*, 3(21), eaat5843. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5843>
- Stewart, J., & Williams, R. (1998). The coevolution of society and multimedia technology: Issues in predicting the future innovation and use of a ubiquitous technology. *Social Science Computer Review*, 16(3), 268–282. <https://doi.org/10.1177/089443939801600304>
- Takeuchi, A., & Nagao, K. (1993). Communicative facial displays as a new conversational modality. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '93* (p. 187–193). <https://doi.org/10.1145/169059.169156>
- Tanaka, K., Nakanishi, H., & Ishiguro, H. (2014). Comparing Video, Avatar, and Robot Mediated Communication: Pros and Cons of Embodiment. In *Collaboration Technologies and Social Computing* (Vol. 460, p. 96–110). https://doi.org/10.1007/978-3-662-44651-5_9
- Tay, B., Jung, Y., & Park, T. (2014). When stereotypes meet robots: The double-edge sword of robot gender and personality in human-robot interaction. *Computers in Human Behavior*, 38, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.05.014>
- Tidwell, L. C., & Walther, J. B. (2002). Computer-Mediated Communication Effects on Disclosure, Impressions, and Interpersonal Evaluations Getting to Know One Another a Bit at a Time. *Human Communication Research*, 28(3), 317–348. <https://doi.org/10.1093/hcr/28.3.317>
- Tielman, M., Neerinx, M., Meyer, J.-J., & Looije, R. (2014). Adaptive emotional expression in robot-child interaction. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction - HRI '14* (pp. 407–414). <https://doi.org/10.1145/2559636.2559663>
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P. W., Chen, I. M., & Yeo, S. H. (2016). A review on the use of robots in education and young children. *Educational Technology and Society*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0829>
- Uithol, S., van Rooij, I., Bekkering, H., & Haselager, P. (2011). Understanding motor resonance. *Social Neuroscience*, 6(4), 388–397. <https://doi.org/10.1080/17470919.2011.559129>
- Ussar, S., Haering, M. F., Fujisaka, S., Lutter, D., Lee, K. Y., Li, N., ... Ronald Kahn, C. (2017). Regulation of glucose uptake and enteroendocrine function by the intestinal epithelial insulin receptor. In *Diabetes* (Vol. 66, p. 886–896). <https://doi.org/10.2337/db15-1349>
- Van Overwalle, F. (2009). Social cognition and the brain: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*. <https://doi.org/10.1002/hbm.20547>
- Vasalou, A., & Joinson, A. N. (2009). Me, myself and I: The role of interactional context on self-presentation through avatars. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.11.007>
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, 11(4), 342–365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>
- Waytz, A., Morewedge, C. K., Epley, N., Monteleone, G., Gao, J. H., & Cacioppo, J. T. (2010). Making sense by making sentient: effectance motivation increases anthropomorphism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 99(3), 410–435. <https://doi.org/10.1037/a0020240>
- Wiese, E., Metta, G., & Wykowska, A. (2017). Robots as intentional agents: Using neuroscientific methods to make robots appear more social. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01663>
- Wiese, E., Wykowska, A., & Müller, H. J. (2014). What we observe is biased by what other people tell us: Beliefs about the reliability of gaze behavior modulate attentional orienting to gaze cues. *PLoS ONE*, 9(4).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094529>

Wilkes, D. M., Alford, A., Pack, R. T., Rogers, T., Peters, R. A., Kawamura, K., & Pack, R. T. (1998). Toward socially intelligent service robots. *Applied Artificial Intelligence*, 12(7–8), 729–766. <https://doi.org/10.1080/088395198117604>

Wykowska, A., Chaminade, T., & Cheng, G. (2016). Embodied artificial agents for understanding human social cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0375>

Wykowska, A., Chellali, R., Al-Amin, M. M., & Müller, H. J. (2014). Implications of Robot Actions for Human Perception. How Do We Represent Actions of the Observed Robots? *International Journal of Social Robotics*, 6(3), 357–366. <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0239-x>

Yamada, Y., Kawabe, T., & Ihaya, K. (2013). Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon. *Japanese Psychological Research*, 55(1), 20–32. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5884.2012.00538.x>

Yamamoto, K., Tanaka, S., Kobayashi, H., Kozima, H., & Hashiya, K. (2009). A non-humanoid robot in the “uncanny valley”: Experimental analysis of the reaction to behavioral contingency in 2-3 year old

children. *PLoS ONE*, 4(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006974>

Yan, C., Peng, W., Lee, K., & Jin, S. (2003). Can robots have personality? An empirical study of personality manifestation, social responses, and social presence in human-robot interaction. *Robotics*. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Can+robots+have+personality?+An+empirical+study+of+personality+manifestation,+social+responses,+and+social+presence+in+human-robot+interaction#0>

Zeng, M., Wu, Z. Y., Zheng, Y., Chen, J., Feng, G. Q., & Fu, X. H. (2009). Incidence and risk factors of stroke in patients with nonvalvular atrial fibrillation in Haikou. *Journal of Sichuan University (Medical Science Edition)*, 40(5), 905–908. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.3.497>

Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K., & Bartneck, C. (2015). Anthropomorphism: Opportunities and Challenges in Human–Robot Interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7(3), 347–360. <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6>

Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: Motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(1), 1–11. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.1.1>