Vivre avec des robots / Vivre dans des robots

Les mécaniques du lien social

Joffrey Becker

*

Silencieux devant leur ordinateur, des écouteurs parfois enfoncés dans les oreilles, les roboticiens écrivent patiemment les scripts qui contrôleront les machines de demain. L'atmosphère des laboratoires de robotique et d'informatique est assez déconcertante. Y entrer pour la première fois, c'est d'abord éprouver le sentiment qu'il ne s'y passe rien. Les seuls sons perceptibles sont ceux émis par la climatisation des bâtiments. Les couloirs et les allées sont souvent désertés. Les espaces d'expérimentation ne sont quasiment jamais occupés. Et surtout, les nombreuses machines qui habitent les lieux restent la plupart du temps inertes.

Mais ce n'est pas la seule chose frappante en pareil endroit. Une fois surmontée, cette impression de vide laisse place au sentiment d'être dépassé par l'extrême diversité des projets menés par les chercheurs et les rares chercheuses qui y travaillent. Les laboratoires de robotique et d'informatique sont de formidables bric-à-brac, et les lieux d'une révolution sourde dont personne ne saisit véritablement les enjeux et les conséquences potentielles.

Il est fréquent d'y trouver des recherches hétéroclites, sans rapport apparent les unes avec les autres. Les travaux des roboticiens concernent en effet tout autant le secteur de la santé que celui de la défense, et tout autant celui de la production industrielle que de la domotique. On peut se demander comment les techniques employées en robotique permettent d'embrasser un champ aussi vaste d'investigation scientifique et technique. Qu'invente-t-on dans ces lieux où se rencontrent des approches aussi diverses que celles de la biologie et des arts (Becker, 2015) ?

Fig 1: Les allées du laboratoire de robotique de Bristol – J. Becker, 2010

Observer les pratiques roboticiennes

Observer l'activité des laboratoires de robotique et d'informatique, ou la façon dont les applications qui y sont construites trouvent une place dans l'environnement social est un exercice qui peut paraître difficile. D'une part, du fait de l'interdisciplinarité qui caractérise la recherche, l'observation nécessite de s'appuyer sur les projets concrets qui sont menés dans les laboratoires. C'est d'ailleurs une condition préalable à toute entreprise d'observation ethnographique. Celle-ci est avant tout une participation active à la recherche, devant nourrir la réflexion sur l'utilisation des systèmes dits intelligents. D'autre part, l'observation implique de chercher à comprendre les problèmes auxquels sont confrontés les roboticiens, mais aussi de chercher à se familiariser, comme eux, avec les particularités inhérentes aux champs d'application concernés par ces projets.

La robotique est une science de l'invention. Or, parmi ses nombreux champs d'investigation, la question de la santé (et notamment du vieillissement) revient souvent comme une justification pour de nombreux programmes de recherche. Lorsqu'on demande ainsi aux chercheurs pourquoi ils investissent autant d'énergie à concevoir des systèmes robotiques capables de sortir une personne de son lit ou de lancer des alertes au personnel soignant, une raison revient de manière récurrente.

La robotique s'appuie sur une prospective des transformations démographiques et économiques des pays développés. Celle-ci est solidement ancrée dans l'argumentaire du développement de la discipline. Constatant ainsi que la population de nos pays vieillit, et à condition de mettre de côté les questions liées à l'immigration de travail ou à l'emploi des seniors, il est très simple de déduire que nous ne serons bientôt plus assez nombreux pour répondre aux besoins des populations âgées en matière d'aide et d'assistance. La robotique interviendrait alors comme une nécessité de premier ordre, permettant d'offrir une perspective d'avenir à notre modèle social. Cet argument a conduit nombre de chercheurs à s'intéresser de près à la cohabitation entre les humains et les systèmes informatiques et robotiques et, ce faisant, à une forme de mécanisation des relations (Becker, 2012). Ces derniers le font à travers deux grandes questions qui seront développées ici : À quelles conditions peut-on vivre avec des machines ? Peut-on vivre dans des machines ?

Ce chapitre cherchera à faire un pas de côté vis-à-vis des problèmes directement associés aux technologies de prise en charge de la maladie d'Alzheimer. Il n'envisagera pas de manière directe comment les personnes visées par de tels travaux se sont fait embarquer dans le processus d'automatisation des activités auquel la robotique est généralement associée (Gorle & Clive, 2011 ; Rivaton, 2012 ; Frey & Osborne, 2013 ; Roland Berger Strategy Consultants, 2014). Il cherchera plutôt, à partir de cas particuliers extraits de mes recherches de terrain, à questionner la façon dont les roboticiens et les informaticiens apportent des solutions techniques aux problèmes qu'ils rencontrent. Si l'on doit constater que ces derniers s'attachent à résoudre des problèmes techniques complexes et d'une grande diversité, la façon dont il envisagent les relations que nous avons avec les systèmes robotiques renvoie à des problèmes à la fois généraux et transversaux liés à l'acceptation sociale des technologies ou à l'augmentation des performances humaines.

Je reviendrai dans un premier temps sur les recherches conduites en robotique sociale, en m'appuyant sur des exemples extraits de l'ethnographie, portant spécifiquement sur la construction d'agents anthropomorphes voués à interagir de manière naturelle avec les humains. Je m'appuierai pour cela sur une enquête conduite lors de plusieurs séjours de longue durée auprès de roboticiens travaillant en Grande Bretagne et en France. Je présenterai ensuite quelques exemples qui montreront que la robotique ne repose pas seulement sur la confection d'agents autonomes anthropomorphes. Les systèmes hybrides, intégrant les activités humaines à des environnements informatisés et robotisés, participent eux aussi des solutions inventées par les ingénieurs et les chercheurs. Je m'appuierai, ici, sur une enquête conduite par l'anthropologue Séverine Lagneaux et moi-même sur un élevage laitier robotisé situé en Belgique.

Je conclurai, enfin, en envisageant quelques questions soulevées par de telles approches. La robotique et l'intelligence artificielles sont réputées bouleverser nos conceptions et nos pratiques. Elles mettent en jeu des représentations de la nature et du corps (Helmreich, 1998), travaillent les frontières du vivant (Helmreich, 2011 ; Vidal, 2016) et participent d'une reconfiguration des relations (Suchman, 2007). Mais elles nous placent également devant d'importants choix de société, qui dépassent de loin les perspectives quasi millénaristes associées à l'avènement des machines dites intelligentes (Joy, 2000).

Vivre avec les machines : Les agents autonomes

Les robots anthropomorphes hantent notre imagination depuis longtemps. Ils appartiennent au monde des artefacts doués de vie qui traversent les mythes de l'antiquité, l'histoire des automates de l'Âge Classique et la science-fiction contemporaine. La perspective d'une robotique sociale est en revanche très récente. Véritable laboratoire d'expérimentation des interfaces entre la vie et les techniques, le programme ouvert par la robotique dite sociale travaille à la conception d'agents autonomes universels (Breazeal, 2003), capables d'agir auprès des humains indépendamment des contextes liés à l'activité ou même à la culture. Ces machines doivent pouvoir intervenir partout et elle doivent être en mesure de communiquer de manière naturelle avec nous.

Il n'est pas étonnant que les interactions que nous avons avec les machines dites sociales intéressent directement les roboticiens et les informaticiens (Siciliano & Khatib 2016). Nombre d'entre eux se demandent quelle place pourraient occuper leurs objets dans des espaces jusque-là réservés aux activités humaines. L'étude des représentations que nous avons des robots, des sentiments d'étrangeté et de malaise qu'ils suscitent (Mori, 1970), des théories cognitives sur l'interaction (Reeves & Nass, 1996), de l'expression émotionnelle ou de la reconnaissance des activités humaines montrent combien ces relations sont centrales en robotique sociale. La juste ressemblance avec le corps humain ou animal est ainsi rapidement devenu un enjeu de ces recherches. Mais cette ressemblance n'est pas seulement physique. Elle doit s'appuyer sur les signaux sociaux (verbaux ou non) échangés lors de l'interaction (Duffy, 2003 ; Aubergé *et al.*, 2014). Ces derniers sont aujourd'hui déterminants dans l'étude des mécaniques relationnelles et de la qualité d'interactant imputable à une machine. Comment créer du lien entre un robot et une personne ? À quelle sorte de sociabilité minimale pourraient prétendre de tels substituts technologiques ? Peut-on s'attacher à un robot ?

Expérimenter l'empathie

Parmi les nombreux chercheurs travaillant sur ces questions, le roboticien et marionnettiste David McGoran s'est par exemple employé à explorer le sentiment d'empathie que peuvent susciter les machines anthropomorphes. Son robot, appelé Heart, est une interface rudimentaire faite de résine et de tissu. Il est capable de peu d'action. Le robot est équipé de quelques capteurs l'aidant à déterminer sa position, ou lui signalant la présence d'un objet dans sa main. Il cligne des yeux et simule la respiration. Une petite lumière rouge clignote sur son torse plus ou moins rapidement, suivant l'état interne qu'il s'agit de figurer, selon que le robot est contracté (pulsation et respiration rapides) ou détendu (pulsation et respiration lentes). Cela est mesuré par un accéléromètre. L'alternance du rythme de cette pulsation, la manière dont elle est déclenchée lors de l'interaction et dont elle trouve sa place au sein d'un groupe d'actions réflexes simulant des changements de l'état interne de la machine, constituent la base d'un scénario qui vise à faire émerger des sentiments d'empathie chez l'utilisateur humain.

Aux yeux de la plupart des spectateurs qui l'ont approché, Heart a l'air d'une créature fragile qui contraste avec l'image menaçante caractérisant les humanoïdes. Par ailleurs, il ne peut se déplacer seul. Il est forcément associé à l'action de son opérateur. Celle-ci n'est pas dissimulée aux yeux du public. En tant que marionnettiste, D. McGoran possède une grande expérience de la narration d'histoires. Il a par ailleurs été formé à la tradition des marionnettes japonaises bunraku, ce qui lui donne une certaine aisance dans la manipulation dite à vue. Lorsqu'il est animé, Heart est capable de montrer des signes de contraction et de décontraction. La « respiration », qui se manifeste par des oscillations de son ventre et par une pulsation lumineuse sur sa poitrine, s'accélère. Il peut être alors placé dans les bras d'un spectateur. Le manipulateur va prendre soin d'orienter la tête de la

machine afin qu'elle croise le regard de celui qui le tient. Elle va alors cligner des yeux. Si le spectateur le tient immobile, le robot va progressivement montrer des signes de décontraction ; la pulsation lumineuse, visible sur son torse, va ralentir, ainsi que les oscillations de son ventre. Lorsqu'on place ses doigts au creux de sa main, le robot va les enserrer par réflexe, un peu comme le ferait un nouveau-né. Le robot, à travers ce dispositif de médiation, fait directement référence à la petite enfance. Il stimule également la mémoire, renvoyant aux liens que les spectateurs, enfants comme adultes, peuvent entretenir avec une représentation imaginée, dont le robot forme un appui, ainsi que le souligne son créateur :

> « Le robot est l'objet d'une relation d'enfant à parent. Quand je le présente aux gens, il est dans mes bras et je le place dans les bras des spectateurs. La réaction d'attachement est presque systématique. Une fois j'ai vu un homme, assez fort, fondre en larmes lorsqu'il a eu le robot dans les bras. Ces choses très touchantes font partie intégrante du projet Heart Robot. »

Le scénario construit par David McGoran et son équipe invite à réfléchir à la manière dont les interactions entre l'opérateur, sa machine et le spectateur, permettent de faire converger les éléments constitutifs de la performance vers une forme d'attachement. L'empathie, qui semble caractériser la relation du public au couple « père-enfant » que forment le marionnettiste et son robot, apparaît comme une émotion résultant directement du scénario conçu par David McGoran. Celui-ci n'a aucun mal à reconnaître le caractère fictionnel de l'ensemble du dispositif[1]. Sa présence est d'ailleurs bien visible lors de l'interaction. Son scénario constitue néanmoins une expérience à part entière, portant sur les éléments minimaux d'une interaction entre un humain et un robot, soit en d'autres termes, sur une façon dont les humains conservent le souvenir de leur attachement aux autres à travers l'expérience qu'ils ont des choses (Turkle, 2007).

Ces machines apparaissent comme de puissantes sources d'évocation (Becker, 2015). Mais les interactions qu'elles suscitent restent pauvres. Les robots sont de bien piètres partenaires. En figurant la vie, ces systèmes robotiques échouent presque à chaque fois à nous confondre sur leur nature mécanique (Grimaud & Paré, 2011 ; Becker, 2015 ; Vidal, 2016). Mais que sont-ils à nos yeux ?

L'intériorité supposée des robots

Les robots anthropomorphes et les humains tissent d'étranges liens[2]. Ces simulations d'êtres vivants placent par exemple sur un même plan les sujets et les objets possédables (Richardson, 2016). Ils constituent autant d'écrans sur lesquels sont projetés nos fantasmes (Becker, 2015 ; Giard, 2017:118). Ils forment un lieu où se réinvente la nature (Helmreich, 1998) et le corps (Suchman, 2007). Ce sont également, en raison de leur incapacité à saisir la complexité des relations sociales ou à faire sens du monde qui les entoure, autant de pièges anthropomorphiques dans lesquels nous serions disposés à tomber (Vidal, 2016 ; Tisseron, 2015). L'activité de telles machines engage ceux qui les observent dans un jeu qui consiste à la fois à faire l'hypothèse des qualités sociales du robot tout en cherchant à en saisir le fonctionnement. Ils sont avant tout considérés pour la ressemblance qu'on leur prête, les inférences qu'ils font naître ou l'espace commun qui progressivement s'invente autour d'eux. Or ce cadre d'interaction, pour rudimentaire qu'il soit, est bien plus complexe qu'on ne l'imagine. Les expérimentations conduites par exemple

1 Le caractère fictionnel de tels dispositifs est généralement considéré par les roboticiens comme une violation de la transparence devant caractériser leurs recherches (Becker, 2015).

2 Le travail mené par Masahiro Mori sur l'étrangeté suscitée par les robot anthropomorphes montre combien cette question est importante en robotique et en intelligence artificielle (Mori, 1970).

autour du robot Berenson au musée du quai Branly (Vidal & Gaussier, 2014) ou autour de la lampe robotisée du groupe de recherche Psyphine (Becker, André & Dutech, 2019) montrent combien il est difficile de saisir ce qui ferait l'identité d'une machine.

Né en 2011 de la rencontre entre Denis Vidal et le roboticien Philippe Gaussier, le robot Berenson forme un outil de recherche permettant à la fois d'explorer la robotique comme outil de médiation en contexte muséal et comme outil de modélisation du sens esthétique (Vidal & Gaussier, 2014). Ce robot offre également une occasion d'observer les effets de sa présence en public, et plus particulièrement les moyens employés par chacun pour y répondre. Le robot Berenson passe facilement inaperçu lorsqu'il déambule dans l'obscurité du plateau des collections du musée du quai Branly. Mais il suscite également des réactions variées parmi les visiteurs. Stupeur, sursauts, rires, ou perplexité caractérisent d'abord le moment où le robot est vu. Passées ces réactions spontanées, les visiteurs cherchent à mesurer l'autonomie de la machine et ses limites ; à vérifier, pour le dire autrement, que cette machine en est bien une. Pour autant, une fois la nature machinique du robot Berenson confirmée lors de l'interaction, cela n'empêche pas les visiteurs de continuer à se comporter avec lui comme s'il s'agissait d'une « personne » (Vidal, 2016).

C'est précisément ce statut de « personne » qu'ont étudié les chercheurs du groupe Psyphine lors d'une expérience conduite autour d'une lampe robotisée en 2016. Initialement conçue pour vérifier si les animations conçues pour cette lampe portent un même sens pour les personnes qui les perçoivent, cette expérience a montré qu'un même mouvement est en réalité interprété par analogie avec des formes d'existence et des situations très diverses, faisant directement référence à l'expérience des participants. Les mouvements de la lampe renvoient tour à tour à des comportements humains, animaux ou encore à des objets n'ayant aucun rapport avec celui utilisé lors de l'expérience. Le corps humain ne sert pas de référence première dès qu'il s'agit d'interpréter le « comportement » d'un robot. Au contraire, les analogies employées pour décrire ses mouvements relèvent de catégories aussi diverses que contradictoires, et l'intériorité potentielle qu'elles exposent va bien au-delà de l'imputation systématique d'un caractère humain envers les objets (Becker, André & Dutech, 2019).

Les robots ne paraissent à nos yeux ni vraiment comme des objets, ni vraiment comme des sujets. Ces machines interactives resteront toujours étrangères aux relations qui sont entretenues dans la vie quotidienne, entre pairs. De telles interactions ne peuvent échapper aux principes d'un jeu trouble lors duquel chaque interactant humain est contraint de *faire comme si* (Becker, 2015), c'est-à-dire d'accepter les clauses d'un pacte temporaire passé avec une machine (Vidal, 2016) qui met provisoirement son statut en suspens. Au contact d'un robot, nous mettons en jeu tout un ensemble de préconceptions qui d'ordinaire nous servent à décoder l'action perçue, à lui donner du sens, très souvent en imaginant un contexte où ces actes pourraient être plus facile à interpréter[3]. En pareille situation, nous nous livrons à un exercice particulier de la pensée qui nous engage à tisser des analogies avec des choses connues ou des éléments tirés de notre propre expérience (Becker, André & Dutech, 2019).

Ces machines restent dès lors de formidables boites noires[4]. Interagir avec elles ne suffit pas à saisir les principes et les techniques qui les animent ou les motivations qui en sont à l'origine. Si elles sont bien perçues comme l'œuvre d'une main humaine, nous ne pouvons cependant déduire les principes qui les commandent qu'à partir de leur seule activité. Nous les soupçonnons d'être sociales mais ne savons jamais vraiment à quoi l'on a affaire. L'animation des machines, et le

3 Cette façon de reconstruire du sens rejoint dans une certaine mesure l'économie cognitive des processus anthropomorphiques décrite par Stewart Guthrie (1980).

4 « Construire des robots, écrit le roboticien Frédéric Kaplan, c'est à la fois pratiquer la magie, inventer des solutions technologiques nouvelles et comprendre l'homme » (Kaplan, 2005:167).

Fig 2: La lampe du groupe de recherche Psyphine – Photogramme, Psyphine, 2016

problème de définition d'un cadre pour la communication qu'elle pose, mobilise toute notre attention. Elle nous éloigne d'autres enjeux de la relation que nous avons avec elles. L'action des agents autonomes invisibilise par exemple celle des humains qui l'ont rendu possible. Elle masque les moyens par lesquels les concepteurs de robots sont parvenus au résultat qui s'offre à nous (Suchman, 2007). Ces moyens invisibles, comme les fins pour lesquelles ils sont mobilisés, sont pourtant ceux qui devraient piquer notre curiosité.

Vivre dans les machines : Les systèmes hybrides

Si les humanoïdes et les agents autonomes retiennent facilement l'attention des médias et du grand public, la recherche sur les systèmes robotiques intelligents comprend également beaucoup de travaux sur les environnements. Alors que bien des recherches se consacrent à la communication naturelle entre humains et robots, d'autres mettent par exemple l'accent sur la domotique afin d'automatiser et d'optimiser la supervision de l'assistance à domicile. C'est à ce titre qu'est par exemple né le projet PAL à l'INRIA. Cette initiative croise les travaux de plusieurs équipes de recherche disséminées en France. Elle est à présent arrivée à son terme. Mais certaines des installations sur lesquelles s'est appuyé le projet sont encore utilisées à des fins de recherche, un des buts poursuivis étant de construire une infrastructure d'appui à la recherche.

Un appartement robotisé

En passant les portes du bâtiment où l'une de ces équipes a longuement travaillé, il est difficile d'imaginer que l'on puisse y trouver un appartement entièrement reconstitué. Au détour d'un couloir, une porte sécurisée donne accès à un espace où le travail des chercheurs bat son plein. Là, un appartement témoin, dépourvu de plafond et augmenté de systèmes électroniques et de capteurs, a été conçu afin de trouver de nouveaux moyens d'aider les personnes dépendantes à retrouver un peu de leur autonomie perdue. Ces recherches envisagent différentes techniques en

robotique et en intelligence artificielle dont le résultat prend la forme d'un appartement dit intelligent. En utilisant un sol capable de détecter la pression des pieds et les trajectoires humaines, des caméras en trois dimensions, des systèmes d'actimétrie mesurant l'activité physique d'une personne afin de prévenir d'éventuelles chutes, des interfaces de communication et des agents robotiques capables d'interagir « socialement » avec les humains, ces techniques participent d'une approche globale consistant à adapter l'environnement d'une personne afin de travailler au bon fonctionnement de l'ensemble. Il n'est ainsi, selon cette perspective, plus seulement question de vivre avec des machines. Il s'agit de vivre en elles.

Ce déplacement, interroge les chercheurs. Leurs travaux visent aussi à trouver des moyens permettant d'évaluer l'acceptabilité de technologies dites intelligentes qui pourraient un jour entrer dans notre quotidien. La recherche conduite derrière ces murs intègre une dimension éthique, en essayant par exemple de considérer l'impact que de telles technologies pourraient avoir sur la vie sociale et les relations. En déplaçant cependant la question de la mesure dans un environnement domestique, cette approche soulève d'emblée la question des limites de la vie privée plus généralement associée aux technologies dites numérique et, finalement, le problème des limites de l'autonomie même[5]. Comment accepter de vivre dans un environnement placé sous la surveillance constante d'un algorithme ? Doit-on voir, avec ce genre de projet, l'émergence d'une nouvelle forme de panoptique (López 2010 ; Foucault, 1975) ou d'un nouveau genre d'institution totale (Goffman, 1979) naissant des relations étroites entre le temps du soin et le management des risques ? L'existence de tels systèmes attire en fait l'attention sur des problèmes plus généraux. Elle encourage à questionner l'intérêt, apparemment grandissant dans les sciences de l'ingénieur, pour la dissémination de capteurs dans l'environnement. Cet intérêt, comme nous allons le voir, dépasse de loin les seules préoccupations de la robotique sociale pour embrasser des champs d'application variés. Les robots apparaissent, ici, comme les périphériques de systèmes hybrides à plus large échelle, qui sont en mesure d'enregistrer et d'évaluer la plus petite des activités.

Les systèmes comme ceux explorés au sein du projet PAL ne sont pas simplement conçus comme des moyens potentiellement efficaces de répondre aux besoins des populations fragiles. Au delà du souci, louable, de rendre aux personnes dépendantes un peu de leur autonomie perdue, ces derniers ont pour effet de reconfigurer les activités humaines et d'optimiser la performance des systèmes socio-techniques mêmes. Et, bien que nous ne les remarquions pas, ils occupent une place dans la régulation de nos activités depuis maintenant plus de trente ans[6]. Ils permettent par exemple de superviser le trafic routier dans nos villes, de coordonner l'action humaine sur les théâtres d'opération militaire, de contrôler certaines lignes du métro parisien, et l'avenir leur promet une place plus importante encore dans la coordination d'agents robotiques, notamment autour du véhicule autonome. Le plus surprenant est la facilité avec laquelle les techniques robotiques et informatiques sont transposées d'un milieu à l'autre.

Cela est particulièrement frappant dans l'industrie laitière. Cette filière, dont la robotisation est aujourd'hui en plein essor, est directement concernée par les problématiques de soin et de performance. L'étude ethnographique des exploitations laitières robotisées montrent comment un pas supplémentaire a été franchi en matière de rationalisation de l'activité de travail et de la production.

5 Ce problème, maintenant ancien, est directement lié à l'essor de l'outil statistique et à la constitution des bases de données individuelles, ainsi que le souligne Michel A. Melkanoff dès les années 1970. Sur ce point, on consultera le documentaire réalisé par François Moreuil et William Skyvington, *Des machines et des hommes, 4. L'intelligence artificielle, Département de la recherche de l'ORTF* (1972).

6 Le système de régulation du trafic Gertrude est par exemple né au début des années 1980.

L'automatisation de la production laitière

Prenons un exemple tiré d'une enquête de terrain menée en collaboration avec l'anthropologue belge Séverine Lagneaux. L'étude a porté sur les transformations associées à la conception et à l'usage des systèmes de traite robotisée. Elle s'est appuyée sur des entretiens menés à la fois chez les fabricants mais aussi auprès de formateurs en lycées agricoles et d'utilisateurs. Elle comprend également deux phases d'observation chez un éleveur, au sein d'une exploitation laitière d'environ cent-vingt vaches située dans le sud-est de la Belgique.

L'éleveur est un pionnier de la traite automatisée. Il est parmi les premiers exploitants à installer ce système en Belgique en 2000. Il participe depuis à son perfectionnement et forme de nouveaux utilisateurs à son fonctionnement. Il travaille seul depuis qu'il a repris la ferme de son père. Devant remplacer une salle de traite devenue trop petite et considérant les anciens systèmes extrêmement contraignants tant pour lui que pour les animaux, l'éleveur s'est très vite intéressé aux robots de traite. Il fut également séduit par les promesses d'accroissement de la productivité laitière formulées par les fabricants du système.

« L'objectif premier, c'était de soulager l'éleveur » nous a confié un responsable commercial d'une des grandes firmes produisant cette technologie, ajoutant que la robotique est une solution permettant certes de répondre à des problèmes liés à la pénibilité du travail et à son manque de flexibilité, mais dont l'impact touche également de manière directe la productivité et la rentabilité des exploitations laitières. C'est à travers l'articulation de ces deux principales dimensions, celle de l'augmentation de la qualité de vie et celle de l'augmentation de la performance, que se sont développés les systèmes robotiques de traite de ces dix dernières années. Grâce au robot de traite, l'éleveur peut consacrer du temps à des loisirs en famille et au repos. Il peut également s'occuper d'un grand troupeau sans recourir à de la main d'œuvre humaine. Le système robotique (qui comprend non seulement la trayeuse mais également le logiciel de gestion du troupeau et le laboratoire d'analyse du lait) est présenté comme un partenaire. Il est fiable, robuste, fonctionne dans un environnement hostile pour les composants électroniques et il optimise la production. C'est « un outil de pilotage » transformant l'éleveur en manager.

À travers ce récit ordinaire de l'innovation technologique (Hennion, 2003), le constructeur de robots met en scène une façon particulière dont la robotique, de manière plus large, cherche à imiter les tâches effectuées par les travailleurs humains, à établir une grammaire de gestes, afin de dépasser les limites liées à nos capacités naturelles. Les robots ne se fatiguent pas, ne perdent pas patience, ne se lassent pas d'une tâche répétitive et l'effectueront toujours avec la même précision. Mais ce n'est pas tout. Les robots de traite contribuent également à redéfinir les liens entre humains, animaux et systèmes dans l'activité de travail. La traite robotisée est présentée par ses concepteurs comme une étape indispensable dans la rationalisation de la production laitière. Celle-ci s'inscrit dans une évolution des techniques comprise comme linéaire et sur laquelle il semble impossible de revenir. Le même responsable poursuit :

> « Dans un système traditionnel, les animaux sont regroupés deux à trois fois par jour, que ça leur plaise ou pas, euh pour aller se faire traire. C'est pas forcément un comportement "naturel" euh des animaux ! Les animaux, ils décident pas, eux, d'être traits trois fois par jour ou deux fois par jour. Ils sont euh, bon on peut voir que dans certains élevages ils ont l'habitude. Ils savent que tiens, c'est l'heure de la traite (…) Parce que les animaux sont des créatures pleines d'habitudes. Il ne faut jamais rien changer dans leur routine. (…) Les robots donnent aux animaux une capacité d'expression de leur comportement naturel qui n'est pas possible autrement. Et ça, ça change beaucoup de chose. Donc l'aspect volontariat est au centre. Les animaux décident. Ils décident tout. Ils décident quand est-ce qu'ils vont manger, quand est-ce qu'ils vont se faire traire, quand est-ce qu'ils vont

> boire, quand est-ce qu'ils se reposent euh. Et si quelque chose va pas bien, euh une maladie ou des environnements qui sont pas confortables ou quelque chose qui les dérange, on change leur routine, cela affecte à ce moment-là cet aspect de volontariat. Et là il y a quelque chose qui va souffrir. »

Les routines forment, dans le discours de la firme et dans celui des utilisateurs de robots de traite, une condition du bien-être animal. Cette condition est nécessaire à l'augmentation des performances du système dans son ensemble. Le « volontariat », terme qui doit s'entendre comme l'ensemble des moyens et des incitations employés pour qu'une vache passe d'elle-même par le robot de traite, a un impact direct sur leur performance. Une vache dite volontaire, vivant à son rythme, produirait un lait de meilleure qualité en plus grande quantité. Elle serait également en meilleure santé. Mais il y a plus. Un tel animal est déclaré libre d'exprimer pleinement son « potentiel lait ». Il permettrait à l'éleveur de concentrer son attention et son travail sur les animaux problématiques qui lui sont signalés par le système. Grâce aux informations recueillies et distribuées par les capteurs disséminés un peu partout dans l'étable (y compris parfois sur les animaux eux-mêmes), le travail de l'éleveur va désormais consister en une activité de management des éléments du troupeau qui l'incite à comprendre leur comportement afin d'encourager et de maintenir leur motivation.

En réalité, cette description idéale faite par les constructeurs de systèmes de traite est un peu moins efficace qu'il n'y paraît. Cette description repose d'une part sur des animaux calibrés pour le robot, c'est-à-dire dont le pis est d'une forme et d'une taille facilement repérable par la caméra laser qui guide le bras robotique lors de la traite. Cette description repose d'autre part sur l'idée que l'éleveur sait facilement s'adapter aux contraintes nouvelles qui s'imposent à lui, en matière de charge technologique de travail et d'ajustement de ses propres routines. Dans les faits, la robotisation de l'étable de l'éleveur belge que nous avons rencontré ne s'est pas faite sans heurt.

> « Ce n'est pas en claquant des doigts que cela marche ! Quand le robot est arrivé, le début c'était beaucoup de désillusions : les vaches étaient moins bien traites qu'avant, moins souvent qu'avant, la machine ne trouvait pas les mamelles, les vaches sortaient de la traite en étant traites à moitié. Cela n'arrivait jamais avant : quand les vaches sortaient de la salle de traite, matin et soir, c'est parce qu'elles étaient traites. On ne laissait pas partir une vache avec une mamelle non traite. (…) Cela a été très dur. La machine n'est pas infaillible et encore maintenant, il y a des accrocs mais, quand il fallait assister une machine qui devait travailler toute seule cela devenait un gros boulet. Non seulement, quand elle travaillait, elle ne travaillait pas bien mais souvent elle ne travaillait plus du tout. À tout moment il fallait intervenir. Comme ce sont des machines qui travaillent 24h/24, il fallait aussi bien intervenir l'après-midi qu'en pleine nuit. C'était très déstructurant. Si on reste dans un système comme je l'ai connu au départ, c'est à se taper la tête au mur. C'est insupportable, intenable pour l'éleveur et c'est la casse aussi pour les vaches. Rien ne fonctionne. Les choses se sont mises progressivement en place. Il a fallu une bonne année avant que la machine ne devienne un tout petit peu plus performante et il a fallu organiser la circulation des animaux. »

L'étable de l'éleveur a progressivement été adaptée pour répondre à ses besoins, à ceux du troupeau en matière de circulation et au bon fonctionnement du système. Un peu comme un logiciel informatique évoluant d'une version 1.9 à une version 2.0, l'étable « intelligente » est une architecture en constante évolution, dont les transformations cherchent à améliorer les conditions de vie des animaux, à optimiser leur production et les conditions de travail de l'éleveur, et ainsi à garantir la performance du système dans son ensemble. Un bâtiment bien agencé, dans lequel les animaux vont pouvoir répondre rapidement à leurs besoins élémentaires en eau, en nourriture ou

Fig 3: Le poste de contrôle de l'étable – J. Becker, 2016

accéder aux aires de repos, est par conséquent une étape clé du passage à la traite robotisée. Cette transformation implique un coût financier important. Elle implique aussi que l'activité des animaux et de l'éleveur soit modélisée et fasse l'objet d'une programmation.

L'éleveur pilote ses animaux dans le système à partir des informations que celui-ci lui fournit. Le système génère des données pour chaque animal grâce à des capteurs disposés dans l'étable et sur les animaux eux-mêmes. Ces données sont ensuite comparées par un logiciel avec les résultats de performance attendue pour chaque bête. Des portes « intelligentes », commandées par l'ordinateur central, orienteront chaque animal soit vers l'aire d'attente si sa traite est autorisée, soit vers les logettes ou il pourra se reposer, ou vers un espace séparé si l'éleveur a besoin d'isoler un ou plusieurs animaux pour les soigner[7].

> « La programmation est très logique. C'est de la logique informatique. La bête est identifiée, le système regarde la première condition. Si cela correspond à cette condition là, il ouvre la porte dans la direction qu'il faut. S'il ne rencontre pas la condition, il passe à la ligne suivante et ainsi de suite. Donc il faut construire quelque chose qui se tient. Si on inverse des lignes, on n'a pas du tout le même résultat. »

La circulation des vaches ne dépend pas seulement de ce qu'elles ont envie de faire dans l'étable. Elle dépend aussi du programme que l'éleveur a conçu pour chacune d'entre elle. À titre d'exemple, une vache traite qui, par gourmandise, chercherait à accéder aux granulés distribués dans le robot

7 Notons que pendant l'été, dans l'exploitation de cet éleveur, les vaches sont autorisées à accéder au pâturage, à l'extérieur. Ce n'est pas le cas dans toutes les exploitations robotisées.

de traite, se verra refuser l'accès à cette zone par le programme. Dans ce système, les vaches laitières sont en quelque sorte téléguidées. Cette médiation du système bouleverse les liens existants entre humains et animaux. Elle met l'humain à distance de son troupeau pour qu'il se concentre sur les animaux nécessitant des soins. Mais elle change aussi d'autres aspects liés à l'activité de l'éleveur.

La besogne, la tâche ingrate, répétitive, harassante, ce dernier cherche avant tout à s'en défaire, confiant cet aspect le moins intéressant de son activité aux machines dès qu'il en a l'occasion pour ne pas avoir le sentiment d'en devenir une lui-même. Au sein de l'exploitation, il n'a pas ainsi seulement robotisé le processus de traite ou la circulation des bêtes. Il a aussi automatisé certaines de ses propres routines. Un robot autonome, contrôlé par le biais d'une application mobile, est employé à pousser la nourriture vers les animaux. D'autres sont programmés pour racler le sol de la stabulation afin que les fèces animales servent à la production de biogaz. Le mélange des repas est préparé grâce à l'assistance d'un ordinateur. Et enfin, l'ensemble de l'étable dispose de caméras de surveillance permettant à l'éleveur de garder un œil sur ce qu'il s'y passe pendant son absence.

Si ces outils lui épargnent l'inconfort de certaines tâches, ces nouveaux objets ajoutent cependant une charge technologique de travail. L'éleveur est en permanence connecté à son exploitation. Il peut très bien recevoir des alertes en pleine nuit, ou pendant ses congés s'il a eu l'audace d'en prendre. Ces outils impliquent aussi d'être bien compris. S'ils ne font jamais d'erreurs, ces derniers renvoient parfois des informations incomplètes ou qui ne prennent pas en compte les cas particuliers que seul l'éleveur connaît. Celui-ci doit savoir communiquer avec la machine et traduire certaines des alertes qu'elle lui envoie. Par exemple, une traite signalée comme incomplète par le système peut indiquer que le robot n'a en réalité pas pu se brancher sur une vache en raison d'un pis que la caméra laser n'a pas pu détecter. En pareille situation, l'éleveur doit placer lui-même le gobelet sur le pis. La question que pose de tels outils renvoie à la standardisation des pratiques mais aussi des existants eux-mêmes aux contraintes du système.

Vers un monde de machines

La standardisation des modes de production, de l'activité humaine et de la physiologie animale prend un tour nouveau si l'on s'intéresse au circuit emprunté par le lait. L'exploitation laitière est elle-même branchée sur un réseau de systèmes socio-techniques à plus large échelle. Ce vaste réseau comprend le contrôle génétique des populations animales, se poursuit dans la collecte et le traitement en masse des données issues des exploitations laitières et se prolonge jusqu'aux marchés financiers des produits transformés du lait.

Si les systèmes robotiques de traite ajoutent un niveau de médiation entre les humains et les animaux, ils sont néanmoins tout entier conçus dans une perspective d'augmentation de la performance et de la productivité, en rationalisant les activités de chacun. Ces technologies, comme beaucoup d'autres, assignent des rôles (Akrich, 1987). En conséquence, ces systèmes laissent peu de place aux erreurs et aux mauvaises interprétations des données issues de leurs capteurs. Leur bon fonctionnement dépend d'un pilote, l'éleveur, qui depuis son poste de pilotage doit garantir la bonne marche du système dans son ensemble ou du moins en corriger les défauts et en combler les manques.

Un tel système hybride repose sur la mesure de l'activité et l'interprétation des données qui y sont enregistrées. Or cette façon de mesurer l'activité apparaît tout à fait transposable d'un milieu socio-technique à l'autre. Les recherches portant sur l'architecture des systèmes, qui permettent de constituer automatiquement des bases de données sur les comportements, concernent aussi bien le suivi des vaches dans une exploitation laitière que celui des personnes âgées maintenues à

domicile. Mais ces technologies embrassent d'autres domaines d'application. Couplées aux capteurs équipant nos téléphones (et plus largement nos objets connectés), elles nous permettent de mesurer et d'optimiser des aspects très variés de nos propres performances (activité sportive, sommeil, fertilité, etc.). Et elles sont aussi à l'œuvre dans les recherches menées sur l'habitat spatial depuis les années 1970 (Johnson & Holbrow, 1975).

Tous ces travaux interrogent, de diverses manières, nos manières d'habiter et d'exister dans des environnements que la notion de système a tendance à fermer sur eux-mêmes pour en saisir les mécanismes élémentaires et les rendre opérationnels. C'est à une véritable écologie de cabine que ces systèmes nous invitent à réfléchir (Anker, 2005), renforçant un peu plus encore nos représentations d'un monde tout entier conçu comme une machine (Gimpel, 1975:155-156 ; Bedini & Maddison, 1966:16), d'un monde cybernétisé pour reprendre les termes de l'artiste coréen Nam June Paik (1991:117).

Les mécaniques du lien social

Il importe de mieux comprendre en quoi peut consister la nouvelle révolution promise par les concepteurs de robots et d'intelligences artificielles. Bien qu'elles soient difficile à anticiper, ses conséquences sur la vie sociale doivent faire l'objet d'une attention particulière. L'anthropologie a déjà souligné combien les techniques employées par les roboticiens et les informaticiens sont soumises à des approches épistémiques propres, et par conséquent à la culture des équipes de chercheurs (Helmreich, 1998 ; Suchman, 2007). Elle pose ainsi le problème général du rapport qu'entretiennent les roboticiens avec la réalité des situations qu'ils abordent et implique par conséquent qu'on s'intéresse à leurs propres représentations du monde. Sans cela, l'anthropologie qui se constitue progressivement autour des agents dits intelligents risque de tomber dans les travers d'une prospective naïve, quelque peu aveuglée par des problèmes qui ne trouvent nulle part leur place dans le monde social. Les robots sont-ils nos amis ou nos ennemis ? Doivent-ils avoir des droits ? Auront-ils encore besoin de nous ? Doit-on intégrer aux robots les lois morales écrites par l'auteur de science-fiction Isaac Asimov ? Les robots sexuels ont-ils des pannes ? Ces questions tantôt fascinantes, troublantes ou amusantes nous éloignent des implications concrètes que les robots et les intelligences artificielles font déjà peser sur nos environnements sociaux. En quoi consistent-elles ?

Un seul chapitre ne peut contribuer à dresser un inventaire exhaustif des questions soulevées par ces machines. Il permet cependant d'en aborder certaines. Nous avons d'abord vu que si l'on peut assez facilement éprouver une sorte d'empathie avec une machine anthropomorphe, il est en revanche extrêmement difficile de lui reconnaître des capacités sociales équivalentes à celles que nous mobilisons tous les jours auprès de celles et ceux qui nous entourent. L'enjeu des relations que nous avons avec ces objets repose plus sur l'établissement et le maintien d'un cadre pour la communication que sur son contenu. Un peu comme lorsque nous cherchons à saisir le comportement d'un animal, les informations que nous recueillons lors de tels échanges portent sur la possibilité même de communiquer (Bateson, 1972). Cet exercice apparaît fondé sur la pratique de l'analogie. Les expériences conduites autour de la lampe du groupe de recherche Psyphine suggèrent qu'en l'absence de référence commune, nous retirons de l'action perçue des éléments qui nous semblent familiers, qui nous permettent d'interpréter la situation dans laquelle nous sommes pris (Becker, André & Dutech, 2019). Le problème de communication posé par ces machines a cependant un autre effet qu'une simple stimulation de la mémoire. Lors de l'interaction, ce problème mobilise l'attention d'une manière telle qu'elle efface le travail qu'il a été nécessaire de faire pour rendre cette interaction possible. La fascination provoquée par les machines masque les

moyens et les idées qui sont à l'origine de leurs actions. Les fins pour lesquelles elles sont employées nous échappent.

Nous avons vu que le champ d'investigation exploré par les concepteurs de systèmes robotiques et informatiques dépasse le seul intérêt pour les interactions de face à face. L'ethnographie nous a fourni deux exemples montrant que ces derniers ne cherchent pas simplement à construire des machines anthropomorphes mais aussi à utiliser les outils de l'informatique et de la robotique pour organiser les relations. De la domotique aux exploitations laitières robotisées, ces recherches montrent comment, en s'appuyant sur le recueil des données liées à l'activité, il est possible d'optimiser les performances d'un système en économisant sur les moyens humains d'ordinaire employés pour assurer son efficacité. L'enregistrement et le traitement de ces données montre qu'une telle approche technique, outre une profonde et couteuse transformation de l'infrastructure existante, affecte l'ensemble des acteurs. Elle bouleverse également l'activité au sein d'une organisation. Nous avons par exemple vu que, dans l'étable, le système ajoute un niveau de médiation entre l'éleveur et son troupeau, lui faisant endosser le rôle de manager ou de pilote, et l'inscrivant un peu plus dans un système à plus large échelle tourné vers l'augmentation de la performance et de la productivité par le biais de l'automatisation des tâches.

Ces technologies, agents autonomes ou systèmes hybrides, posent encore d'autres problèmes. Si nous reconnaissons que ces objets sont issus de la main humaine, nous ne suspectons quasiment jamais que, pour qu'un robot soit en mesure de nous écouter ou de nous voir, il doit pouvoir enregistrer ce qu'il se passe autour de lui. Nous ignorons également que nombre de ces appareils ont besoin, pour fonctionner, d'être connectés à réseau plus vaste de machines. Les systèmes robotiques et informatiques sont de possibles compagnons indiscrets, posant des problèmes connus liés à la propriété et au commerce des données personnelles, et par conséquent au respect de la vie privée (Nevejans, 2017). Ils ne posent, ainsi, pas seulement un problème de catégorisation et d'organisation. Ils relèvent également d'une déontologie des pratiques de recherche et de développement en robotique et en intelligence artificielle. Or celle-ci, bien qu'émergeante dans les laboratoires de recherche publique européens, n'est encore que trop rarement prise en considération lors de la phase de conception des agents autonomes et des systèmes hybrides. À l'heure où nos sociétés sont en passe d'être gouvernées par des algorithmes (Rouvroy & Berns, 2013), ces questions sont pourtant parmi celles que toute société démocratique devrait être en mesure de se poser.

Bibliographie

AKRICH Madeleine, 1987, « Comment décrire les objets techniques ? », *Techniques et culture*, n°9, p. 49-64

ANKER Peder, 2005, « The Ecological Colonization of Space », *Environmental History*, vol. 10, n° 2, p. 239-268

AUBERGÉ Véronique et al., 2014, « The EEE corpus : Socio-affective "glue" cues in elderly-robot interactions in a Smart Home with the Emoz platform », *5th International Workshop ES3LOD 2014*, Reykjavik

BECKER Joffrey, 2015, *Humanoïdes, Expérimentations croisées entre arts et sciences*, Nanterre, Presses Universitaires de Paris Ouest

BECKER Joffrey, 2012, « La mécanisation du lien social », *Colloque Humain augmenté : état des lieux et perspectives critiques* – Institut des Sciences de la Communication du CNRS, Paris, [en ligne], URL : http://www.iscc.cnrs.fr/spip.php?action=acceder_document&arg=1033&cle=c003ebe2fd6edb12d1f4865d652289f8a331537d&file=pdf%2FJBecker_Mecanisation.pdf

BECKER Joffrey, ANDRÉ Virginie, DUTECH Alain, 2019, « Qualcom : une expérience sur la qualification des comportements d'une lampe robotique », *Techniques & Culture* [En ligne], Varia, URL : http://journals.openedition.org/tc/10771

BEDINI Silvio A. & MADDISON Francis R., 1966, « Mechanical Universe: The Astrarium of Giovanni de' Dondi », *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*, vol. 56, n° 5, p. 1-69

BREAZEAL Cynthia, 2003, « Emotion and sociable humanoid robots », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, n° 1-2, p. 119-155

DUFFY Brian R., 2003, « Anthropomorphism and the social robot », *Robotics and Autonomous Systems*, n°42, p. 177-190

FREY Carl Benedikt, OSBORNE Michael A., 2013, *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, OMS Working Paper*, Oxford, Oxford Martin Programme on the Impacts of Future Technology, [en ligne], URL : http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

FOUCAULT Michel, 1975, *Surveiller et punir*, Paris, Gallimard

GIARD Agnès, 2017, *Un désir d'humain, Les « love doll » au Japon*, Paris, Les belles lettres

GIMPEL Jean, 1975, *La révolution industrielle du Moyen-Âge*, Paris, Seuil

GOFFMAN Erving, 1979, *Asiles, Études sur la condition sociale des malades mentaux et autres reclus*, Paris, Minuit

GORLE Peter, CLIVE Andrew, 2011, *Positive Impact of Industrial Robots on Employment*, Londres, Metra Martech Limited – International Federation of Robotics

GRIMAUD Emmanuel, PARÉ Zaven, 2011, *Le jour où les robots mangeront des pommes, conversations avec un geminoïd*, Paris, Éditions Pétra

GUTHRIE Stewart, 1980, « A Cognitive Theory of Religion », *Current Anthropology*, vol. 21, n° 2, p. 181-203

HELMREICH Stefan, 2011, « What was life ? Answers from three limit biologies », *Critical Inquiry*, vol. 37, n° 4, p. 671-696

HELMREICH Stefan, 1998, *Silicon Second Nature, Culturing Artificial Life in a Digital World*, Berkeley, University of California Press

HENNION Antoine, 2003, « L'innovation comme écriture de l'entreprise. Récits d'innovation au sein d'une entreprise de services », in Mustar P. & Penan H. (ed), *Encyclopédie de l'innovation*, Paris, Economica, p. 131-152

JOHNSON Richard D., HOLBROW Charles (ed), 1975, *Space Settlements : A Design Study*, Washington, National Aeronautics and Space Administration

JOY William N., 2000, « Why the future doesn't need us. Our most powerful 21st-century technologies – robotics, genetic engineering, and nanotech – are threatening to make humans an endangered species » , *Wired Magazine*, n° 8 , 2000, [en ligne], URL : http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html

KAPLAN Frédéric, 2005, *Les machines apprivoisées, Comprendre les robots de loisir*, Paris, Vuibert

LÓPEZ Daniel, 2010, « The Securization of Care Spaces: Lessons from Telecare », in Schillmeier M. & Domènech M. (ed.), *New technologies and emerging spaces of care*, Farnham – Burlington, Ashgate, p. 39-55

MORI Masahiro, 1970, « Bukimi no tani (The Uncanny Valley) », *Energy*, vol. 7, n° 4, p. 33-35

NEVEJANS Nathalie, 2017, *Traité de droit et d'éthique de la robotique civile*, Bordeaux, LEH Éditions

PAIK Nam June, 1991, *Du cheval à Christo et autres écrits*, *Textes réunis et présentés par Edith Decker et Irmeline Lebeer*, Paris,Nam June Paik & Éditions Leeber Hossmann

REEVES Byron, NAAS Clifford, 1996, *The Media Equation: How People Treat Computers, Television and New Media Like Real People and Places*, Cambridge, Cambridge University Press

RICHARDSON Kathleen, 2016, « Sex Robots Matters : Slavery, the Prostituted, and the Rights of Machines », *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 35, n° 2, p. 46-53

RIVATON Robin, 2012, *Relancer notre industrie par les robots (2) : Les stratégies*, Paris, Fondation pour l'innovation politique

ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS, 2014, « Les classes moyennes face à la transformation digitale. Comment anticiper ? Comment accompagner? », *Think Act, Beyond Mainstream, #Digital Impact,* [en ligne], URL: http://www.rolandberger.fr/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Transformation_Digitale-20141030.pdf

ROUVROY Antoinette, BERNS Thomas, 2013, « Gouvernementalité algorithmique et perspective d'émancipation, Le disparate comme condition d'individuation par la relation ? », *Réseaux*, vol. 1, n° 177, p. 163-196

SICILIANO Bruno, KHATIB Oussama (ed.), 2016, *Handbook of Robotics*, Springer International Publishing

SUCHMAN Lucy A., 2007, *Human-Machine reconfigurations, Plans and situated actions, 2nd Edition*, Cambridge, Cambridge University Press

TISSERON Serge, 2015, *Le jour où mon robot m'aimera, Vers l'empathie artificielle*, Paris, Albin Michel

TURKLE Sherry, 2007, *Evocative objects : Things we think with*, Cambridge, MIT Press

VIDAL Denis, 2016, *Aux frontières de l'humain, Dieux, figures de cire, robots et autres artefacts*, Paris, Alma éditeur

VIDAL Denis, GAUSSIER Philippe, 2014, « Un robot comme personne. Ontologies comparée et expérimentale au musée du quai Branly », *Terrain*, n° 62, p. 152-165