HAL
open science

Quelles IA pour la Robotique ?

Fabien Moutarde

To cite this version:

Fabien Moutarde. Quelles IA pour la Robotique ?. 2017. hal-01982475

HAL Id: hal-01982475

https://minesparis-psl.hal.science/hal-01982475v1

Submitted on 15 Jan 2019

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

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

Quelles IA pour la robotique ?

Prof. Fabien Moutarde

Centre de Robotique, MINES ParisTech / PSL Université

Historique et état de l'art

L'apparition des premiers robots utiles pour l'homme a eu lieu sur les chaînes de montage, où les robots pouvaient effectuer des tâches répétitives, pénibles et dangereuses pour les opérateurs. Ainsi, le robot Unimate, datant de 1954 est connu pour être le premier robot industriel programmable. Il s'agit d'un bras articulé pouvant transporter une pièce d'un endroit à un autre. Depuis, les robots industriels ont pris une place de plus en plus importante sur les chaînes de montage. Mais ces robots sont essentiellement pré-programmés et effectuent en cycle et à l'identique des actions répétitives dans un environnement isolé et sécurisé. Il s'agit en réalité sont de sortes « automates » sans aucune intelligence.

Suite à la miniaturisation des capteurs et calculateurs dont la puissance augmente exponentiellement (loi de Moore), le début du XXIe siècle a vu l'apparition de robots plus adaptatifs et conçus pour le grand public : par exemple le robot aspirateur Roomba a été introduit en 2002 par l'entreprise IRobot et en 2009 plus de 5 millions d'exemplaires en avaient été vendus dans le monde. Plus généralement, la robotique de service s'est développée à cette époque, avec par exemple le petit robot humanoïde NAO sorti en 2008 par la société française Aldebaran Robotics (créée en 2005 et devenue SoftBank Robotics Europe depuis son rachat en 2012 par le groupe japonais SoftBank). Ce robot, ainsi que son « grand frère » Pepper (1m20 de haut) sont équipés de nombreux capteurs (caméra, ultra-sons, etc…) et d'un calculateur embarquant des programmes sophistiqués (évitement d'obstacles, navigation, reconnaissance vocale, détection des personnes, etc…) leur permettant de se déplacer et d'interagir avec les humains. La robotique industrielle n'est pas en reste, puisqu'une nouvelle génération de robots « collaboratifs » commence à se déployer dans les usines et centres logistiques. Contrairement à leurs aînés, ces robots non seulement côtoient les humains et opèrent à côté d'eux, mais dans de nombreux cas sont prévus pour collaborer avec des opérateurs humains pour effectuer des tâches ensemble. On peut citer par exemple le robot Baxter (créé en 2013 par la start-up Rethink Robotics) légèrement plus grand qu'un humain, doté de caméras et de 2 bras manipulateurs à 7 degrés de liberté. Celui-ci est déjà déployé aux Etats-Unis dans de nombreuses usines et centres logistiques. Les grands fournisseurs de robots industriels (Kuka, Universal Robot, …) proposent maintenant dans leurs catalogues des modèles dédiés à la robotique collaborative. En France, le constructeur automobile PSA-Peugeot-Citroën investit significativement en R&D sur la robotique collaborative pour les chaînes de montage, et a financé de 2011 à 2016 une Chaire sur la robotique collaborative dont le centre de Robotique de MINES ParisTech était titulaire.

Des robots adaptatifs et interactifs

Le paradigme général de la robotique est constitué d'une boucle perception-planification-contrôle itérée en permanence : divers capteurs permettent au robot de percevoir son environnement, ceci lui permet d'adapter/décider/planifier ses actions, enfin il agit via des actionneurs pour exécuter lesdites tâches. La plupart des robots de 1ère génération disposaient de peu de capteurs récoltant peu d'information, et se contentaient le plus souvent d'une réactivité très élémentaire : attente d'un événement pour déclencher

certaines actions, positionnement et/ou arrêt de mouvement quand une certaine condition est remplie. Leur fonctionnement était principalement un cycle se répétant indéfiniment à l'identique.

La nouvelle génération de robots, actuellement en plein essor, se distingue de ses prédécesseurs par une adaptativité beaucoup plus grande, souvent aussi la mobilité, et enfin de plus en plus la capacité d'interagir, voire de collaborer, avec les Humains. Grâce à des capteurs plus nombreux et plus riches, ces nouveaux robots collectent des informations plus complètes et fines sur leur environnement. Dotés de calculateurs embarqués et puissants qui exécutent des algorithmes plus « intelligents », ils peuvent ainsi se déplacer sans collision (pour les robots mobiles) et y agir de façon pertinente (par exemple repérer un objet pour le saisir, ou regarder une personne, lui adresser la parole ou lui répondre). Pour que les robots mobiles puissent être pleinement utiles, et plus autonomes, il leur faut aussi la capacité à se localiser et à « cartographier » leur environnement, de façon à ne pas se perdre et à pouvoir se déplacer vers un endroit donné (par exemple pouvoir exécuter un ordre tel que « va dans la cuisine », ou pouvoir trouver de façon autonome leur chemin entre plusieurs ateliers d'une usine). Par ailleurs, pour pouvoir interagir de façon naturelle (i.e. autrement qu'avec un clavier+souris ou un écran tactile), les nouveaux robots intègrent de plus en plus fréquemment un programme de reconnaissance vocale. Enfin, pour réagir correctement, et plus encore pour effectuer des tâches en collaboration avec l'Homme, il devient indispensable pour les robots d'interpréter non plus uniquement leur environnement instantané, mais aussi son évolution dans le temps : savoir reconnaître des gestes, actions ou activité humaines, pouvoir anticiper des mouvements ou trajectoires.

La robotique et les Intelligences Artificielles

Comme on vient de le voir, les robots intègrent donc des algorithmes de plus en plus variés et de plus en plus « intelligents ». Mais au fait, de quelle « intelligence » est-il question ici ? En effet, ce concept est assez mal défini, et il serait plus exact de parler DES intelligenceS. Dans le sens commun du grand public, intelligence est souvent implicitement synonyme de l'*intelligence « de raisonnement »* qui consiste à faire des inférences logiques, des hypothèses et des déductions ; cette dernière, assez mathématique et adaptée à la programmation informatique est historiquement la première qui a été développée, notamment avec les algorithmes de jeux, les logiciels de calculs mathématiques formels, et les systèmes à base de règles. *Mais si la capacité de raisonnement est une condition nécessaire de l'Intelligence, elle n'est pas suffisante : il faut aussi être capable de s'adapter aux situations,* ce qui exige tout d'abord de « comprendre » ce qu'on a autour de soi. Ceci est particulièrement critique pour un robot, qui est non pas un « pur esprit », mais un objet tangible inséré dans un monde physique, où il doit réagir et s'adapter à son environnement pour mériter le qualificatif d'intelligent. Un robot a donc d'abord besoin d'une *intelligence « de perception »* qui consiste à savoir analyser et interpréter son environnement, en segmentant la scène en objets dont on identifie les catégories (mur, porte, table, chaise, lampe, chat, etc…). Ce type d'intelligence est très différent de la capacité de raisonnement, et ne peut s'acquérir que par expérience pratique et observation du monde (cela prend plusieurs années à nos enfants d'apprendre à reconnaître tous les objets qui nous entourent). C'est *cette* forme d'intelligence artificielle qui a fait des progrès fulgurants ces dernières années, grâce à de nouveaux algorithmes dits d'apprentissage statistique (machine-learning), lesquels construisent des modèles des catégories d'objets uniquement à partir d'exemples ; ils ne commencent à être réellement efficaces que depuis quelques années grâce à la considérable masse de données et images maintenant disponibles, ainsi qu'aux puissances de calcul maintenant phénoménales (environ 10^{18}, soit un milliard de milliards, fois plus que dans les années 1960). Cette récente avancée considérable de l'intelligence de perception, grâce à l'apprentissage statistique, est un des éléments essentiels qui rendent possible la nouvelle génération actuelle de robots. De plus, ces mêmes algorithmes de machine-learning ont simultanément permis des

progrès considérables en reconnaissance vocale, et en analyse du « langage naturel », aussi les robots peuvent maintenant être dotés de capacités de « dialogue artificiel ».

Mais les interactions avec les humains ne se limitent pas à la parole et au texte : les gestes sont une modalité très importante de communication. Un des actuels sujets importants de recherche en robotique est donc la reconnaissance de gestes, d'action ou d'activité. Par ailleurs, pour agir correctement et efficacement, un robot ne doit pas se contenter d'être réactif, mais être capable d'anticiper. Avoir donc aussi une sorte d'*intelligence « de prédiction »*, qui est encore une autre facette de l'Intelligence. Pour cela, le robot doit intégrer des connaissances physiques de sens commun (« quand on lâche un objet, il tombe verticalement », etc…), et aussi parvenir à *déterminer et interpréter correctement les intentions des personnes* autour : c'est actuellement un sujet majeur de Recherche en IA et robotique. Enfin, les émotions jouent un rôle significatif dans les interactions humaines, aussi de nombreuses recherches actuelles se focalisent sur la reconnaissance et la simulation des émotions.

Les défis à venir de la Robotique : apprentissage continu, curiosité artificielle et IA « forte » ?

Malgré les impressionnants progrès récents de la Robotique, les capacités « intelligentes » des robots demeurent limitées à un contexte restreint pour lequel ils ont été conçus et testés : le programme d'un robot collaboratif industriel est généralement dédié à un poste de travail particulier et une tâche donnée. Même les robots interactifs de service ont un domaine de fonctionnement limité, et sont le plus souvent incapables d'effectuer des tâches non prévues ou de réagir correctement dans des situations totalement inattendues. L'Intelligence Artificielle des programmes et robots actuel reste donc une IA « faible », c'est-à-dire limitée à un contexte précis, par opposition à l'intelligence polyvalente d'un humain. Un défi encore à relever est donc de doter les robots de la capacité, une fois en service, à augmenter leurs connaissances et améliorer/enrichir leurs comportements : c'est l'équivalent pour les robots de la formation tout au long de la vie. Cela soulève des difficultés algorithmiques spécifiques : Comment s'assurer que l'adaptation ou acquisition continue des « connaissances » ne conduise pas à « oublier » tout ce qui avait été pré-appris durant la phase de conception ? Comment faire en sorte que le robot puisse décider par lui-même sur quoi focaliser son attention afin de s'améliorer ? Ce dernier problème commence déjà à émerger dans la communauté des chercheurs en IA sous la dénomination de « curiosité artificielle ». Ces nouvelles frontières (auto-apprentissage en continu, et curiosité spontanée et autonome pour élargir ses propres compétences) apparaissent donc comme l'étape nécessaire vers une IA « forte », c'est-à-dire combinant intelligence de perception, intelligence de raisonnement, intelligence de prédiction, et intelligence de curiosité, le tout sous une forme générale (i.e. fonctionnelle pour toute tâche dans tout contexte).