

Communiqué - Janvier 2012

Des robots et des hommes - Les grands défis de la robotique

**Jean-Paul Laumond, spécialiste de la robotique humanoïde,
nommé titulaire de la chaire d'Innovation technologique Liliane Bettencourt
- Année académique 2011/2012 -**

À tout juste 50 ans⁽¹⁾, la robotique est une science jeune qui s'est développée au rythme des progrès technologiques ultrarapides de ces dernières décennies. Elle a d'abord permis d'élaborer des robots industriels, puis des robots autonomes capables d'interagir avec le monde physique, comme explorer la planète Mars. Elle est aujourd'hui à un tournant puisqu'il s'agit depuis les années 2000, d'élaborer des robots capables de travailler en collaboration de plus en plus étroite avec l'homme, notamment **dans le domaine médical ou de l'aide à la personne**. Les perspectives font rêver, les gouvernements investissent dans de grands programmes de recherche⁽²⁾ et dans les cinq ans qui viennent **un million d'emplois seront créés grâce à la robotique industrielle**⁽³⁾. Plus que de remplacer l'homme, le robot va l'assister, effectuer des tâches qu'il ne peut pas faire ; lui permettre par exemple de transporter aisément des charges d'une centaine de kilogrammes.

Entre le rêve du chercheur et le pragmatisme de l'ingénieur

La robotique et les travaux de recherche de Jean-Paul Laumond illustrent parfaitement l'objet de cette chaire, créée en partenariat avec la Fondation Bettencourt Schueller, qui est de questionner le rapport entre recherche fondamentale et recherche appliquée.

« L'innovation en robotique repose sur une forme originale de recherche fondamentale, qui se pose notamment la question des fondements calculatoires d'une machine agissant dans le monde réel en interaction avec des êtres vivants. Mais elle est également guidée par le pragmatisme des développements technologiques. », précise Jean-Paul Laumond. « Au-delà du seul champ technologique, elle s'intéresse à la capacité d'un système -artificiel ou naturel- à s'adapter à son environnement. On peut parler d'intelligence ; je préfère parler d'habileté, un terme moins connoté, qui met l'accent sur la relation physique de la machine avec le monde. »

« L'analogie entre le robot humanoïde et l'homme : Une question passionnante mais aussi dangereuse »

Avec la robotique humanoïde, la discipline questionne de plus en plus près non seulement les interactions possibles mais aussi les similitudes entre l'homme et la machine. « L'ambition scientifique du roboticien rencontre désormais tout naturellement celle du chercheur qui fait de l'homme son objet d'étude (notamment dans le domaine des neurosciences). Il est passionnant de comprendre et de s'inspirer de l'homme, mais je tiens à ne pas oublier que le roboticien se situe du côté de l'objet », aime à préciser Jean-Paul Laumond. « Plus que jamais la robotique questionne les frontières parfois confuses entre le savoir et le faire, entre recherche fondamentale et recherche appliquée, entre ce qui tient de la civilisation et de l'humain et ce qui tient de l'objet et de la technologie ; avec toujours un risque de confusions des genres ».

Jean-Paul Laumond donnera sa leçon inaugurale, **La robotique : une récurrence d'Héphaïstos**, le 19 janvier 2012 à 18h00.

Ses cours auront lieu les lundis à 16h00 à partir du 23 janvier, sur le thème : **Robotique : les fondations d'une discipline**. Ils seront suivis, de 17h00 à 18h00, d'un séminaire en relation avec le cours (voir programme complet ci-joint).

Un colloque international, **Robotics : Sciences and Technology**, se tiendra les 12 et 13 juin 2012 : y sont attendues les plus grandes sommités internationales en matière de robotique.

L'ensemble du cycle d'enseignement de Jean-Paul Laumond sera disponible sur le site Internet du Collège de France en version française et anglaise (www.college-de-france.fr).

Que manquait-il pour qu'un robot intervienne dans la centrale de Fukushima ?

Pourquoi aucun robot n'est encore capable d'aller chercher efficacement une canette dans un réfrigérateur ?

Quelques questions fondamentales qui président aux travaux de recherche de Jean-Paul Laumond :

- En quoi une machine guidée par les seules possibilités de calcul peut-elle « **décider** » si une action sur le monde réel est possible et « **calculer** » les conditions de sa réalisation ?
- Comment est régie la boucle **Perception-décision-action** ?
- Quelles sont les conditions de l'« **autonomie** » de la machine ?
- Qu'est-ce qui est en jeu dans le **mouvement** et dans la **coordination des mouvements** (via 600 muscles chez l'homme et une trentaine de moteurs pour un robot humanoïde) ?
- **Qu'est-ce que marcher ? prendre ?** À quel type de décision cela fait-il appel ?
- Quelle est la **place du symbole** en robotique ?

Notes :

⁽¹⁾ Unimate, le premier robot industriel, apparaît en 1961 sur les chaînes de montage de General Motors.

⁽²⁾

- En 2011, l'administration américaine lance le programme *National Robotics Initiative*, doté de 70 millions de dollars par an.

- En 2008, la Commission européenne annonce une politique visant à dynamiser la robotique européenne et décide de doubler ses investissements dans le domaine de la robotique, engageant près de 400 millions d'euros dans le soutien à la recherche européenne. La robotique est par ailleurs l'un des 6 axes actuellement en compétition, retenus par la commission pour la mise en place de deux opérations d'envergure (« flagship ») en matière de recherche et développement, dotées de plusieurs milliards d'euros à l'horizon 2020.

⁽³⁾ Voir le rapport « *Positive Impact of Industrial Robots on Employment* » de la société d'analyse Metra Martech paru en novembre 2011.

⁽⁴⁾ Directeur de recherche au LAAS-CNRS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes) à Toulouse, Jean-Paul Laumond a co-dirigé, de 2005 à 2008, le laboratoire franco-japonais dédié à la robotique humanoïde.

Robotique : les fondations d'une discipline

Le millénaire passé s'est terminé sur la spectaculaire percée de l'informatique. Le deuxième naît avec la révolution robotique. Il ne s'agit plus seulement de manipuler des informations, la robotique fait bouger les « choses ».

En effet, la robotique traite du rapport que peut entretenir avec le monde réel une machine qui bouge et dont les mouvements sont commandés par un ordinateur. Le robot se distingue à la fois de l'automate dont les mouvements sont mécaniquement déterminés, et de l'ordinateur qui manipule des informations mais ne bouge pas.

Les robots sont présents dans nos usines, ils pénètrent aujourd'hui notre quotidien : **plus d'un million de patients ont déjà été opérés avec un robot**, plusieurs millions d'aspirateurs robotisés sont en action, les robots mobiles de la NASA explorent la planète Mars, des thérapeutes de l'autisme utilisent des petits robots humanoïdes comme médiateurs de communication. C'est un début.

Quel degré d'autonomie peut-on attendre de telles machines ?

La question n'épuise pas toute la robotique, mais elle rend compte pour une grande partie de la discipline. Elle sera le fil conducteur des cours.

La robotique a 50 ans. Si le mot robot apparaît tôt au siècle dernier et nourrit depuis l'imaginaire collectif, on s'accorde à dater la naissance de la robotique à l'introduction, en 1961, du premier robot industriel sur les chaînes de montage de General Motors. Il s'agit du robot Unimate développé par une entreprise créée par Joseph Engelberger, reconnu comme le père fondateur de la robotique.

La robotique a donc été dominée à l'origine par la conception de machines à commande numérique et l'établissement des premiers liens entre machines et ordinateurs, entre mécanique et informatique. Ses débuts ont été rapidement accompagnés par les progrès technologiques en matière de calcul (miniaturisation et augmentation de la puissance des processeurs et des moteurs électriques). La robotique a participé à l'émergence de champs disciplinaires tels que l'automatique et le traitement du signal. Elle emprunte à l'informatique. Elle est aujourd'hui stimulée par de vastes champs d'applications qui sortent des seuls secteurs de la production industrielle.

La question de l'autonomie d'une machine commandée par un ordinateur ne se pose comme telle qu'à la fin des années soixante.

C'est avec le robot mobile Shakey du Stanford Research Institut que sont jetées les premières bases d'une recherche sur les robots autonomes. L'ambition affichée est de doter une machine de capacités de raisonnement sur ses actions. Le robot doit percevoir son état et l'état du monde qui l'entoure (on l'équipe donc de capteurs), il doit agir (on l'équipe donc d'actionneurs lui permettant de se déplacer). L'ordinateur « n'a plus qu'à » décider automatiquement des actions à effectuer pour remplir une mission donnée et contrôler son bon déroulement. Il faut noter que la question de l'autonomie est posée à l'origine par des chercheurs en informatique, sans préjuger d'une quelconque application.

Tout s'accélère à partir des années 90.

En 1993, la société Honda dévoile les résultats de sept années de recherche conduites dans le plus grand secret : P1, robot de forme anthropomorphe, fait ses tout premiers pas. La même année, dans le cadre du projet Rotex conduit par Gerd Hirtzinger au DLR en Allemagne, un robot manipulateur, embarqué à bord d'une navette spatiale, est capable de saisir un objet flottant dans l'espace et d'assembler des pièces mécaniques entre elles. Le 4 juillet 1997, le robot Sojourner de la NASA commence sa déambulation sur la planète Mars, il sera suivi des robots Spirit et Opportunity en 2004 pour des missions qui se poursuivent encore aujourd'hui. Le 11 mai 1999, la société Sony met sur le marché le premier robot jouet, prenant la forme d'un petit chien capable de se déplacer, de percevoir son environnement et de reconnaître des commandes vocales. Le 7 septembre 2001, le professeur Jacques Marescaux conduit la première opération de télé-chirurgie sur une patiente localisée à Strasbourg avec l'aide d'une équipe chirurgicale située à New-York. En 2002, la société iRobot créée par Rodney Brooks du MIT à Boston, met sur le marché Roomba, le premier robot aspirateur : il est aujourd'hui vendu à plusieurs millions d'exemplaires. En 2005, une équipe de l'université de Stanford conduite par Sébastien Thrun remporte le Grand Challenge Darpa : son véhicule est le premier à parcourir en moins de 10 heures plus de 200 kilomètres dans le désert des Mojaves en totale autonomie. La même année, à l'exposition d'Aichi au Japon, la société Toyota présente un orchestre de jazz composé de robots humanoïdes jouant de divers instruments à vent. Le 25 mars 2009, le robot quadrupède Bigdog de la société Boston Dynamics, fondée par Marc Raibert du MIT, est testé en Afghanistan. Au printemps dernier, dans l'équipe de François Pierrot au LIRMM à Montpellier, le robot parallèle R4 parvient à atteindre 100G d'accélération. Près de 2000 petits robots humanoïdes Nao ont été produits à ce jour par la société Aldebaran.

Quel savoir se construit autour d'un tel foisonnement ?

Deux grandes écoles de pensée vont ranimer de vieux débats issus des sciences de l'homme et les appliquer à l'étude des machines autonomes. L'une prône la primauté du modèle et introduit la boucle « perception-décision-action » : le robot estime son état et l'état du monde qui l'entoure par l'intermédiaire de capteurs, il en établit des modèles, raisonne à partir ces modèles et décide des actions à effectuer pour remplir la mission qui lui est assignée. L'autre prône une conception de l'autonomie basée sur l'absence de modèles du monde : l'intelligence de la machine doit émerger d'une hiérarchie de comportements sensori-moteurs gérée par des mécanismes excitateurs et inhibiteurs. Cette école de pensée va donner lieu à une robotique dite bio-inspirée.

Cette séparation en deux écoles vacille aujourd'hui.

L'homme devient partie intégrante de l'environnement du robot et il s'agit d'élaborer des robots capables de travailler en collaboration étroite avec les hommes. **Raisonner sur un monde où l'homme est présent requiert des modèles de l'homme** au même titre que des modèles de déformation du muscle cardiaque sont nécessaires pour contrôler automatiquement la position d'un scalpel sur un cœur battant. **Les recherches actuelles en robotique résonnent ainsi avec les neurosciences computationnelles et la psychophysique. Le roboticien bénéficie des principes qui régissent l'autonomie du vivant tout en contribuant à leur étude.**

Les neuf cours et séminaires associés rendront compte en partie de cette « recherche en train de se faire ». Ils se focaliseront sur quelques concepts qui ont émergé depuis une cinquantaine d'années et qui sont à l'origine d'innovations technologiques, en robotique et au-delà, dans des secteurs qu'on n'attendait pas.

Jean-Paul Laumond

**Chaire d'Innovation technologique Liliane Bettencourt
Année académique 2011/2012**

Présentation du cycle d'enseignement du Pr. Jean-Paul Laumond

Si le mot « robot » apparaît tôt au siècle dernier et nourrit depuis l'imaginaire collectif, Unimate, le premier robot industriel, apparaît en 1961 sur les chaînes de montage de General Motors. La robotique manufacturière est aujourd'hui bien implantée ; elle a considérablement renouvelé l'organisation des moyens de production.

50 ans après Unimate, un cycle d'enseignement au Collège de France est consacré à la robotique. Il s'agira de rendre compte de 50 ans de recherche dominée à l'origine par la conception de machines à commande numérique, accompagnée par des progrès technologiques rapides en matière de calcul (puissance et miniaturisation), participant à l'émergence de champs disciplinaires tels que l'automatique et le traitement du signal, empruntant à l'informatique, stimulée par de vastes champs d'application qui sortent des seuls secteurs de la production industrielle, couronnée de quelques beaux succès, nourrissant de vieux rêves.

De ce foisonnement d'idées et de possibilités offertes, émerge un questionnement sur le rapport de la machine au monde réel. C'est ce questionnement qui sera au centre des cours et des séminaires associés (voir programme complet ci-joint).

L'ensemble de cet enseignement est d'accès libre, gratuit et sans inscription préalable. Il sera disponible sur le site Internet de l'institution en version française et anglaise (www.college-de-France.fr).



FONDATION
BETTENCOURT
SCHUELLER



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

Chaire d'Innovation technologique Liliane Bettencourt
Année académique 2011/2012

Biographie

Jean-Paul Laumond est directeur de recherche au **LAAS-CNRS à Toulouse**. Il est membre du groupe de recherche Gepetto dont les travaux portent sur les fondements calculatoires du mouvement anthropomorphe, chez l'homme et pour les systèmes artificiels (robots humanoïdes et mannequins numériques). Il enseigne la robotique à l'ENS. Professeur de mathématique en lycées au début de sa carrière, il soutient une thèse en robotique à l'université Paul Sabatier de Toulouse, puis intègre le CNRS en 1985. Dans les années 1990, il coordonne deux projets européens consacrés à l'algorithmique de la planification de mouvements et à ses applications. **En 2000, il contribue à la création de la société Kineo Cam qu'il dirige pendant deux ans** : l'entreprise développe des composants logiciels aujourd'hui bien implantés **dans le secteur du prototypage virtuel pour l'industrie automobile et l'aéronautique**. De retour au LAAS-CNRS, **il co-dirige de 2005 à 2008 le laboratoire franco-japonais JRL dédié à la robotique humanoïde**.

Jean-Paul Laumond a été élevé au grade de "fellow" de l'IEEE en 2007. (La société IEEE est la plus importante association professionnelle mondiale pour le progrès technologique.)

Chaire d'Innovation technologique - Liliane Bettencourt

Entre recherche fondamentale et recherche appliquée : L'innovation technologique vecteur de croissance et de progrès

Créée en partenariat avec la Fondation Bettencourt Schueller et inaugurée en janvier 2007, la Chaire d'Innovation technologique - Liliane Bettencourt marque une volonté commune de mettre en lumière l'innovation technologique, de faire valoir l'importance des travaux et de l'effort qui doivent lui être consacrés.

Le titulaire de la chaire d'Innovation technologique - Liliane Bettencourt est renouvelé chaque année afin de favoriser un enseignement à la pointe de la recherche dans des secteurs hautement innovants tels que les nanotechnologies, l'informatique, les réseaux de communication, le transfert et le cryptage de données, les sciences du vivant.

L'assemblée des professeurs du Collège de France a soutenu, sans réserve, ce projet de partenariat car il permet à l'Institution d'accroître son potentiel de recherche et d'enseignement sans s'écarter de l'une des grandes règles qui régissent l'institution depuis 1530 : l'idée d'une recherche libre.

La Fondation Bettencourt Schueller poursuit quant à elle, un de ses objectifs prioritaires, soutenir et favoriser le développement de la recherche scientifique à son plus haut niveau. Elle souhaite encourager la recherche et son enseignement dans des domaines aux confins de la recherche fondamentale et de ses applications pratiques qui construiront les nouvelles technologies de demain.

Les titulaires de cette chaire ont été les suivants :

- Jean-Paul Clozel, cardiologue, spécialiste des Biotechnologies (2006/2007)
- Gérard Berry, chercheur en informatique (2007/2008).
- Mathias Fink, physicien spécialiste de la propagation des ondes et de l'imagerie (2008/2009)
- Patrick Couvreur, figure emblématique des nanotechnologies (2009/2010)
- Elias Zerhouni, (2010/2011), médecin, Directeur des National Institutes of Health (NIH) de 2002 à 2008.
- Jean-Paul Laumond, spécialiste de la robotique humanoïde (2011/2012)