



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



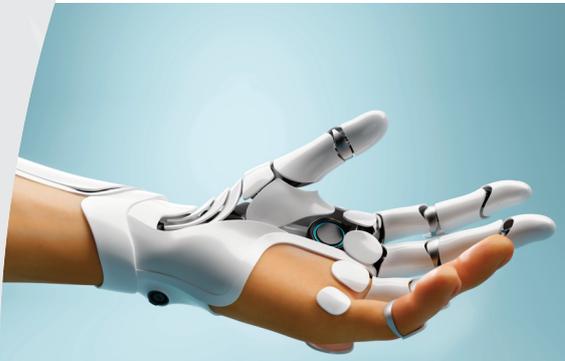
Contribution de la robotique à l'«Homme réparé»

Hommage à Jean-Paul Laumond

Mardi 12 avril 2022 de 14h30 à 17h30
Grande salle des séances
de l'Institut de France
23, quai de Conti, 75006 Paris

La robotique connaît aujourd'hui un développement remarquable avec des applications dans tous les domaines de l'activité humaine, de l'industrie à l'éducation et à la santé. On l'utilise en effet aussi maintenant pour compenser des déficits liés à des accidents ou dus à des pathologies humaines. En France, les travaux du groupe de notre confrère le professeur Alim Louis Benabid, neurochirurgien à Grenoble, ont été parmi les premiers à envisager de compenser les déficits de la marche des patients atteints de la maladie de Parkinson avec un dispositif robotisé. Bruno Maisonnier a été parmi les pionniers de la réalisation de robots humanoïdes utilisés aujourd'hui au plan mondial.

Cette réalisation de robots pour « réparer » l'homme, ou la femme, ne pose pas seulement des problèmes technologiques. Elle pose aussi des problèmes scientifiques d'une grande difficulté qui relèvent de toutes les disciplines, informatique, mécanique, physique, énergie, mathématiques etc. La coopération très féconde entre neurosciences, biologie, et robotique a aussi apporté des solutions inspirées du fonctionnement cérébral ou des compétences des organismes vivants. Cette conférence-débat rassemblera des spécialistes français et européens proches de notre confrère Jean-Paul Laumond, décédé en décembre 2021, qui fut un pionnier dans ce domaine, pour évoquer à la fois sa contribution mais aussi les défis pour l'avenir de ce champ du savoir et du savoir-faire.



P rogramme

- 14:30** **Ouverture de la séance**
Patrick FLANDRIN, Président de l'Académie des sciences
Antoine TRILLER, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
- 14:35** **Hommage à Jean-Paul Laumond**
Antoine PETIT, Président-directeur-général du CNRS
- 14:50** **La contribution de Jean Paul Laumond à l'étude de la marche chez l'Homme et les robots humanoïdes**
Alain BERTHOZ, Académie des sciences
- 15:20** **Une dextérité similaire à celle de l'humain pour une main robotique - un humain augmenté à quatre bras**
Aude BILLARD, École polytechnique fédérale de Lausanne
- 15:50** **Modèles et méthodes décisionnelles pour l'interaction humain-robot**
Raja CHATILA, Sorbonne Université
- 16:20** **Frontières entre biorobotique, bionique et engineering**
Paolo DARIO, LCPO, Université de Pise Scuola Sant'Anna
- 16:50** **La machine Homme**
Abderrahmane KHEDDAR, Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier
- 17h20** **Conclusion**
Vincent HAYWARD, Académie des sciences

O rganisateurs

Alain BERTHOZ, membre de l'Académie des sciences

Vincent HAYWARD, membre de l'Académie des sciences

Résumés et biographies

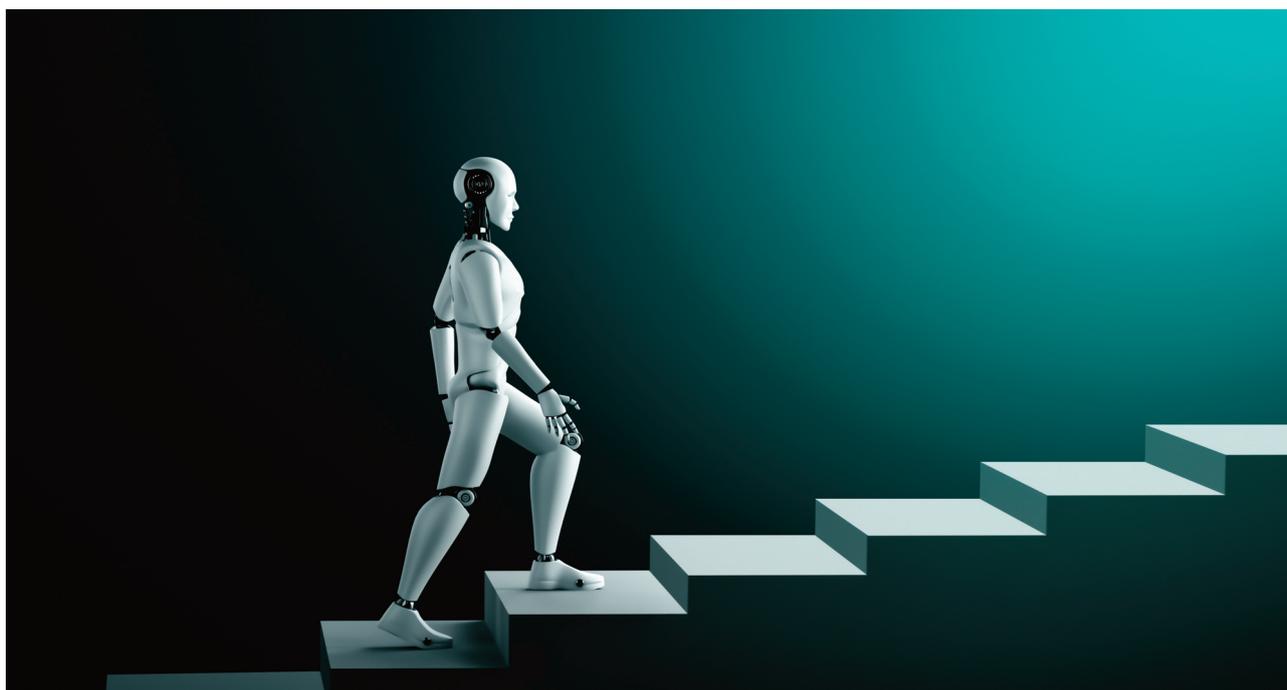
Alain BERTHOZ Académie des sciences



Alain Berthoz est professeur honoraire au Collège de France et fut un pionnier de l'usage de l'imagerie cérébrale (IRM, MEG etc.), ainsi que la réalité virtuelle. Il travaille sur la rééducation des déficits perceptifs, moteurs et cognitifs chez l'enfant ayant des pathologies neurologiques et psychiatriques et les bases neurales de l'empathie, de la représentation de soi, et la relation avec les avatars numériques. Il a participé à des projets internationaux entre neuroscience et robotique sur les robots humanoïdes et le retour d'effort. Il est membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies ainsi que de plusieurs Académies étrangères.

La contribution de Jean-Paul Laumond à l'étude de la marche chez l'Homme et les robots humanoïdes

La marche de l'Homme est une fonction complexe qui implique de nombreux systèmes neuronaux et biomécaniques des plus élémentaires jusqu'aux plus cognitifs. Son développement et sa dégradation lors du vieillissement sont l'objet de nombreux travaux de neurosciences. Depuis quelques années la construction de robots humanoïdes a suscité une fertilisation croisée entre robotique et neurosciences. Jean-Paul Laumond a contribué à la fois aux principes qui sous-tendent la marche humaine et à la conception et réalisation de robots humanoïdes. Une communauté internationale s'est saisie de la question à la fois en raison des défis scientifiques qu'elle implique mais aussi dans la perspective de mettre des robots humanoïdes pour accompagner et aider des personnes handicapées, soulager l'homme ou la femme au travail de tâches complexes et exigeant des manipulations lourdes, ou partager le travail entre l'Homme et la machine (Cobots). Cela exige pour l'avenir des travaux théoriques et expérimentaux aux frontières des disciplines sur les interfaces homme-robot.





Aude BILLARD

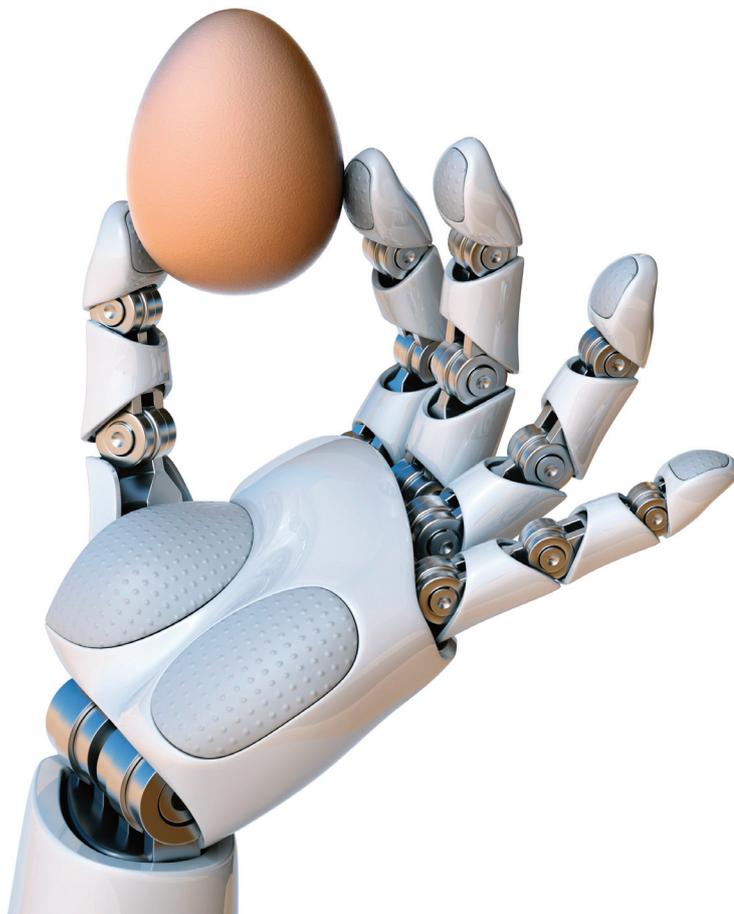
École polytechnique fédérale de Lausanne

Aude Billard est professeure ordinaire et directrice du Laboratoire des algorithmes et systèmes d'apprentissage à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Elle dirige un réseau national suisse d'innovation en robotique. Elle est présidente de la Société IEE de robotique et d'automatisme.

Aude Billard est diplômée en physique de l'EPFL en 1995 et en intelligence artificielle de l'université d'Édimbourg en 1998. Elle a été lauréate de plusieurs prix internationaux (dont *Intel Corporation Teaching, Swiss National Science Foundation, Outstanding Young Person in Science and Innovation, IEEE RAS*). Sa recherche est spécialisée en robotique et intelligence artificielle sur le contrôle réactif rapide et les interactions homme-robot et trouve des applications tant industrielles que pour la réhabilitation des pathologies humaines. Elle a été récompensée par des prix pour ses publications dans la revue *IEEE T-RO* et les conférences *RSS, ICRA, IROS, Humanoids and ROMAN*.

Une dextérité similaire à celle de l'humain pour une main robotique - un humain augmenté à quatre bras

Le « doigté » fait référence tant à la dextérité des grands pianistes, qu'à celle des meilleurs artisans. Cette habilité à manier nos deux mains et leurs dix doigts en synchronie s'acquière avec des années de pratique. Dans ce bref exposé, nous verrons comment des apprentis en horlogerie parviennent à dépasser leurs capacités sensorielles et motrices pour percevoir et contrôler des mouvements et des forces au millième. Nous nous pencherons, alors, sur les limites de la dextérité robotique, nous extasiant peut-être lorsque cette main tient, oh miracle, un ou plusieurs objets sans les faire tomber. Nous finirons par une petite excursion sur le futur de l'homme augmenté, un humain à quatre mains, où pieds et mains se meuvent de concert pour un ballet chirurgical à bras humains et robotiques.



Raja CHATILA Sorbonne Université



Raja Chatila est professeur émérite d'intelligence artificielle, de robotique et d'éthique à Sorbonne Université, Paris.

Il a dirigé l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (ISIR) à Sorbonne Université, le laboratoire d'excellence SMART sur les interactions humain-machine, ainsi que le LAAS-CNRS à Toulouse. Ses travaux portent principalement sur la perception, la prise de décision, l'apprentissage, et l'interaction humain-machine, ainsi que l'éthique dans les technologies numériques. Il est auteur de plus de 170 publications.

Il est président de l'Initiative mondiale IEEE sur l'éthique des systèmes autonomes et intelligents, co-président du groupe "IA responsable" du Partenariat mondial sur l'IA (GPAI/PMIA) et membre du Comité national pilote d'éthique du numérique en France. Il a été membre du groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle de la Commission européenne. *Fellow* de l'IEEE, il a reçu le *IEEE Robotics and Automation Pioneer Award*.

Modèles et méthodes décisionnelles pour l'interaction humain-robot

L'un des objectifs de la robotique "sociale" est de pouvoir accomplir des actions conjointes permettant la collaboration entre humains et robots. Ceci exige que le robot exhibe un comportement intelligible et acceptable par l'être humain et qu'il soit également capable de comprendre le comportement humain. La réalisation de cette interaction s'appuie sur des modèles calculatoires de la perception et de l'action humaines que le robot doit apprendre, ainsi que des méthodes de planification et de prise de décision permettant d'anticiper les actions communes et d'en suivre le déroulement.





Paolo DARIO

Université de Pise Scuola Sant'Anna

Paolo Dario est professeur émérite de robotique biomédicale à l'école d'études supérieures de Sant'Anna à Pise (Italie). Il a été le directeur fondateur de l'Institut de biorobotique et le coordinateur fondateur du programme de doctorat en biorobotique à l'école Sant'Anna des hautes études. Ses recherches actuelles portent sur la biorobotique et la bionique, notamment la robotique chirurgicale, les micro/nano-dispositifs pour l'endoscopie, les dispositifs et systèmes bio-inspirés et les robots d'assistance et d'accompagnement. Paolo Dario est l'auteur de plus de 440 publications (Scopus), son H-Index est de 73 (Scopus) et

98 (Google). Il a été président de l' « IEEE Robotics » and « Automation Society » et a reçu plusieurs prix et récompenses.

Frontières entre biorobotique, bionique et engineering

La biorobotique et la bionique sont de nouvelles frontières, profondément interconnectées avec le génie biomédical et la robotique.

La robotique est un domaine hautement interdisciplinaire qui connaît une croissance rapide et qui, avec l'intelligence artificielle, aura un impact considérable sur notre société au cours des prochaines décennies. Biorobotique signifie bio-inspiration et bio-application. Les robots bio-inspirés et biomimétiques peuvent être utilisés comme modèles physiques pour mieux comprendre le comportement des systèmes vivants (y compris la capacité qui plaisait le plus à notre éminent et bien-aimé collègue Jean-Paul Laumond : la planification et le contrôle du mouvement), tandis que les robots peuvent être utilisés, avec un succès croissant, pour des applications médicales, par exemple en chirurgie, en rééducation, en assistance aux personnes handicapées et aux personnes âgées fragiles, pour la substitution de membres, etc.

Ces dernières années, des matériaux déformables et intelligents ont été proposés comme constituants possibles des biorobots et des systèmes bioniques.

Au cours de cet exposé, l'histoire, les définitions et l'évolution de la biorobotique et de l'ingénierie bionique seront illustrées, et quelques exemples de lignes de recherche et d'applications médicales seront présentés, notamment des robots bio-inspirés et biomimétiques capables de reproduire des fonctions humaines et animales ; des systèmes capables d'imiter les sens naturels ; des prothèses neurales et des interfaces neurales ;



des prothèses et des orthèses avancées pour l'assistance au mouvement et à la réadaptation des personnes handicapées ; des systèmes pour la thérapie mini-invasive et la médecine régénérative ; des robots sociaux et des environnements intelligents pour la vie assistée, le vieillissement actif et le bien-être.

Enfin, les frontières de recherche de la biorobotique et de la bionique seront discutées, en référence à l'atelier fondateur sur les "Grands défis scientifiques pour le robot compagnon du futur" qui s'est tenu à l'ICRA 2018 à Brisbane, en Australie, avec la participation active de Jean-Paul Laumond.

Abderrahmane KHEDDAR

Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique
de Montpellier

Abderrahmane Kheddar a obtenu un master et un doctorat en robotique de l'Université Paris Sorbonne. Il est directeur de recherche au CNRS. Ses recherches portent sur les interactions haptiques en robotique et la robotique humanoïde. Il est *IEEE Fellow*, membre de l'Académie des technologies, et chevalier dans l'ordre national du mérite. Il a dirigé puis codirigé l'unité mixte internationale AIST-CNRS JRL depuis sa création, et créé et dirigé l'équipe IDH du CNRS-Université de Montpellier LIRMM.



La machine Homme

Une façon de comprendre comment nous raisonnons et agissons sur notre environnement, c'est d'essayer de reproduire nos capacités. Par exemple, concevoir une sorte de copie fonctionnelle de nous-mêmes, un avatar cybernétique utilisant la technologie robotique et l'intelligence numérique pour émuler nos comportements ainsi que nos capacités motrices et perceptives. Nous partageons avec Jean-Paul Laumond la vision que les robots humanoïdes avaient un potentiel d'exploitation dans de nombreuses applications ; néanmoins, ils étaient aussi un outil pour étudier des questions fondamentales en lien avec l'éternelle quête de l'Homme augmenté. Leur forme leur confère des propriétés intéressantes en termes d'intégration, d'interaction, d'empathie et d'encorporation. L'encorporation est une caractéristique qui va au-delà des technologies de téléprésence robotique : ses mécanismes et sa caractérisation effective sont loin d'être bien compris. Pourtant, cette compréhension est très importante pour les technologies d'exosquelettes ou de la robotique portable en général, incluant la bionique. J'évoquerai alors les défis scientifiques majeurs pour reproduire un double de soi numérico-robotique.





INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Les organisateurs de la conférence-débat



Alain BERTHOZ
Académie des sciences
cf. biographie p.3



Vincent HAYWARD
Académie des sciences

Vincent Hayward est professeur à Sorbonne Université et l'un des pionniers de l'étude des systèmes d'interaction à retour d'effort, dits "haptiques". Ces systèmes ont été appliqués très tôt à l'accessibilité des ordinateurs par des personnes visuellement handicapées. Aujourd'hui, ils sont largement utilisés dans nombre de domaines pour recréer artificiellement des sensations physiques d'effets mécaniques, de textures ou de formes. S'intéressant par la suite aux mécanismes sous-tendant la perception tactile chez l'humain, Vincent Hayward a posé les bases d'une théorie expliquant le fonctionnement du sens du toucher, fondée sur une connaissance approfondie de la biomécanique (comportement des tissus), de la bio-tribologie (science du frottement) et de l'architecture neuronale du système somato-sensoriel des mammifères. Vincent Hayward est membre de l'Académie des sciences.

Inscriptions ouvertes au public dans la limite des places disponibles.

www.academie-sciences.fr
(rubrique «prochains évènements»)