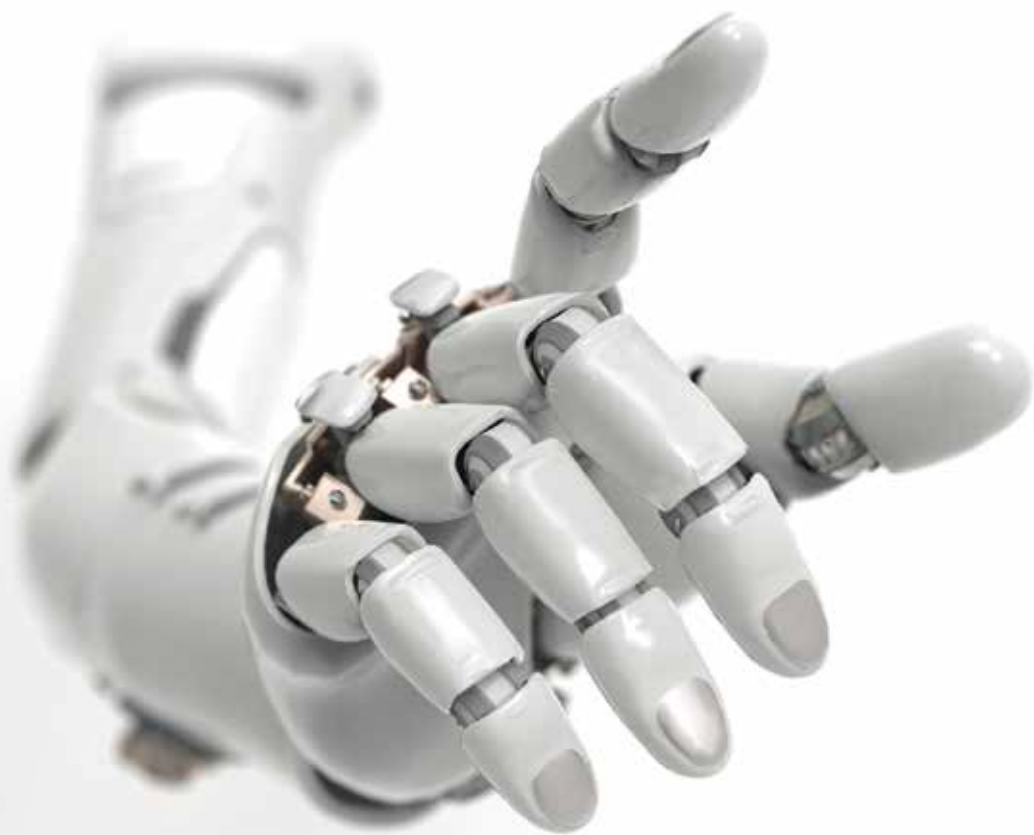


# TechnoScope

by satw

3/17



**Des robots conçus  
pour l'homme**

Selon les estimations, 42 millions robots de service seront vendus entre 2016 et 2019 pour l'habitat et les loisirs.

Le robot le plus puissant du monde selon la société de production peut soulever des charges jusqu'à 2,3 tonnes.

On estime que d'ici la fin 2019, plus de 2,5 millions de robots industriels seront utilisés dans le monde entier.

Le robot le plus rapide du monde selon la société de production peut courir sur quatre pieds jusqu'à 46 km/h – un peu plus vite qu'Usain Bolt.



#### Impressum

SATW Technoscope 3/17, septembre 2017

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Concept et rédaction: Beatrice Huber

Collaboration rédactionnelle: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis

Photos: gouvernement fédéral/Bergmann | ABB Asea

Brown Boveri Ltd | ETH Zurich; Alessandro Della Bella |

La science appelle les jeunes | Fotolia

Photo de couverture: Fotolia

#### Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW, Gerbergasse 5 | CH-8001 Zurich

[technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11

Technoscope 1/18 paraîtra en janvier 2018 – juste avant les Jeux olympiques d'hiver – sur le thème de la «Technique dans le sport».

# Qu'est-ce qu'un robot?

Qu'est-ce que C3PO, WALL-E et Terminator ont en commun? Facile, ce sont des robots. Mais qu'en est-il d'Iron Man? S'agit-il aussi d'un robot? Non, c'est un homme qui utilise des composants futuristes comme une extension de son propre corps.

La notion de robot n'est pas clairement définie. Dans le langage courant, un robot est généralement un appareil d'apparence humaine (un «androïde») ou une machine qui aide l'homme à accomplir diverses tâches.

## Une utilisation très polyvalente

Les robots se distinguent par le fait qu'ils sont librement programmables et conçus pour exécuter différentes tâches. Au contraire des automates qui ne peuvent effectuer qu'une seule tâche, p. ex. délivrer un billet de train ou préparer un café. De plus, un robot dispose généralement d'axes mobiles et peut réaliser différentes séquences de mou-

vements. Il comprend aussi des capteurs conçus pour percevoir l'environnement et déterminer la position des pièces mobiles. Par ailleurs, un robot n'agit pas forcément de manière autonome, il peut aussi être télécommandé.

Les robots sont déjà utilisés dans de nombreux domaines. Les robots industriels servent p. ex. au montage ou au soudage des pièces détachées dans la construction automobile. Les robots de service comme les robots aspirateurs ou tondeurs, ainsi que les jouets robotisés, font désormais partie de notre quotidien. Quant aux robots médicaux, ils effectuent des coupes de précision lors d'interventions et les robots de recherche explorent les profondeurs des volcans ou la surface de planètes éloignées.

## Des robots conçus pour l'homme

Cette édition du Technoscope vous présente quelques robots utilisés par l'homme pour lui faciliter la vie, lui restituer ses facultés perdues ou même les développer.

---

Le robot industriel Yumi rencontre la chancelière allemande Angela Merkel (source: gouvernement fédéral/Bergmann)



# Des compagnons délicats

## À quels critères doit répondre un robot pour travailler ou même habiter avec l'homme?

Bien qu'il soit encore très jeune, Yumi a déjà participé au Forum économique mondial (WEF) de Davos qui réunit les grands et les puissants de ce monde. Yumi n'est pas un dirigeant politique ni un patron de l'industrie ou une pop star, et pourtant tous lui ont fait la cour lors du WEF. Et cela ne tient pas à son apparence: il est de taille relativement petite et possède des bras excessivement longs bien que très mobiles.

Ce qui a séduit chez Yumi, c'est son caractère: il est attentif, capable d'apprendre, adroit, assidu et humble. Il effectue des tâches même monotones et dangereuses de manière consciencieuse et suit les instructions sans rechigner. De plus, il s'arrête dès qu'il sent la moindre résistance. Yumi est construit de façon à ne blesser personne. Construit? Oui, car Yumi est un robot, mieux encore: le robot industriel de référence du groupe technologique suisse ABB. In-

terconnecté, facile à utiliser et à programmer, Yumi montre la direction dans laquelle évolue la robotique. Fini le temps où l'on plaçait les robots industriels derrière des grilles et des barrières photoélectriques pour éviter qu'ils ne mettent en danger les personnes de leur entourage. Les robots intelligents d'aujourd'hui n'ont plus rien à voir avec les robots massifs en tôle d'autrefois qui ne pouvaient doser leur force et provoquaient parfois des accidents.

Les nouveaux matériaux comme le silicone ou le caoutchouc leur donnent une surface souple. De plus, les caméras leur permettent de percevoir leur environnement et d'adapter leur comportement en conséquence. Les formes corporelles et les membres inspirés du monde animal ou humain les rendent mobiles. Par exemple, Yumi est si adroit qu'il peut enfiler une aiguille ou assembler un smartphone avec précision.

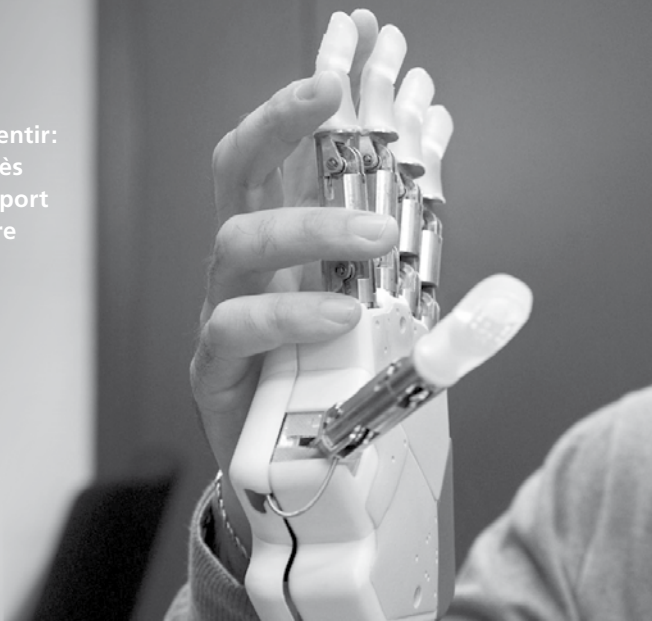
## Des robots conçus pour l'homme

À l'avenir, les robots travailleront en étroite collaboration avec les hommes dans le secteur industriel, mais peut-être aussi dans les hôpitaux et les maisons de retraite. Toutefois, l'usage de robots avec des personnes particulièrement vulnérables requiert davantage que la technique. Pour en faire de véritables assistants ou compagnons, les personnes directement concernées, à savoir le personnel soignant et les personnes tributaires de soins, doivent prendre part à leur conception.



# Une main robotisée au fin doigté

Saisir, soulever, tenir et même ressentir: les prothèses de mains sont déjà très performantes. Et pourtant, par rapport à la main humaine, cela reste encore insuffisant.



«Notre main est la partie de notre corps qui compte le plus de capteurs», explique le neuro-ingénieur Silvestro Micera, presque désespéré. Son équipe de recherche à l'EPFL de Lausanne a fait les gros titres dans le monde entier avec une prothèse de la main dont les capteurs artificiels sont reliés au cerveau par les nerfs et qui ont rendu le sens du toucher à un homme amputé de la main. Et pourtant, ce professeur italien constate: «Chaque nouveau progrès technologique nous fait prendre conscience que la main est une véritable merveille créée par la nature.»

Reproduire une main humaine est complexe. Rien que l'ossature se compose de 27 os individuels avec 36 articulations qui rendent la structure complète très stable et très mobile. Il faut ajouter à cela les muscles intérieurs et ex-

térieurs, presque 40 au total. Sans oublier les nerfs, les ligaments et les vaisseaux ainsi que les récepteurs tactiles déjà évoqués – rien que le bout des doigts en contient environ 150 par cm<sup>2</sup>. Ceux-ci nous permettent de percevoir et de ressentir les vibrations les plus fines, de savoir si une surface est rugueuse ou lisse, si un objet est mou ou dur. Ce n'est pas pour rien que l'on parle de «doigté» ou de «saisir» la signification du monde.

## Relier et pas simplement fixer

Les choses se compliquent encore lorsqu'il s'agit de relier une main robotique au reste du corps. Il ne faut pas seulement la fixer mais également la relier de façon à ce que les capteurs dans les extrémités de doigts artificiels indiquent au cerveau, par le biais des voies nerveuses, si un objet doit être saisi ferme-



---

### **Comment devient-on neuro-ingénieur?**

Silvestro Micera est ingénieur diplômé en électronique de l'université de Pise et a obtenu un doctorat en ingénierie biomédicale. Aujourd'hui, ce neuro-ingénieur effectue des recherches en parallèle à Pise et à l'EPFL de Lausanne. Son équipe de recherche à l'EPFL est numéro un mondial dans le domaine des prothèses de mains bioniques, autrement dit des prothèses de mains qui s'inspirent du modèle naturel.

ment ou délicatement. Inversement, la prothèse peut être commandée par le cerveau au moyen de signaux nerveux. «Les personnes amputées de la main doivent pouvoir bouger notre prothèse comme s'il s'agissait de leur propre main», explique Micera, «mais elles doivent aussi la percevoir comme leur propre main.»

Tel est le cas avec la main robotisée expérimentale que Micera a conçue avec son équipe de recherche. Dans une vidéo, Dennis Sørensen, le premier homme à l'avoir testée, explique avec une certaine émotion à quel point il est incroyable de pouvoir sentir à nouveau cette main qu'il a perdue dans un accident. Sans même devoir la regarder, même dans le noir. Cela ne sera possible toutefois que pour une courte durée. Après quelques semaines, les

chercheurs devront retirer les électrodes leur permettant de relier la main artificielle aux voies nerveuses pour des raisons de sécurité. «Notre prothèse sensorielle sera peut-être disponible commercialement dans dix ans», estime Micera. Il s'agit pour le moment de tester, de mesurer, de peaufiner le système et d'essayer de concevoir des capteurs et des moteurs les plus petits possible pour les intégrer discrètement dans la prothèse.

### **Une force surhumaine?**

À quand la main robotisée qui pourra faire davantage qu'une main humaine? Un cyborg à la force surhumaine? «Pure science fiction», sourit Micera, «n'oublions pas que la nature a mis des millions d'années pour perfectionner la main de l'homme – notre technologie ne peut pas rattraper ce retard aussi rapidement.»

# L'exosquelette – une armure utile

**En biologie, un exosquelette désigne l'enveloppe dont sont pourvus certains animaux sans squelette intérieur, p. ex. les insectes ou les coquillages, afin de se stabiliser et de se protéger. Les hommes peuvent se passer d'exosquelette... ou pas?**



Les exosquelettes modernes sont des robots ou machines qui sont portés au corps et aident le porteur à faire certaines activités ou lui rendent des facultés perdues. Au Centre de paraplégiques suisse de Nottwil, par exemple, des robots marcheurs permettent aux patients souffrant d'une paralysie ou d'une sclérose en plaques de réapprendre à marcher.

## **La vie quotidienne au cœur d'une compétition**

Il est souvent impossible de guérir de nombreux handicaps. Des robots marcheurs ou exosquelettes sont donc nécessaires pour aider les patients au quotidien. En 2016, Zurich a accueilli le premier Cybathlon, une compétition réservée aux personnes handicapées physiques utilisant des technologies d'assistance. Les six disciplines se concentraient sur des situations de la vie quotidienne qu'une personne sans handicap peut réaliser sans aucune difficulté. Ces disciplines étaient les suivantes: course virtuelle avec commande cérébrale, course de vélo avec électrostimulation musculaire, parcours d'agilité avec prothèses de bras, parcours d'obstacles avec prothèses de jambes, parcours avec exosquelettes robotisés, parcours avec fauteuils roulants électriques. Dans le parcours avec exosquelettes, les participants devaient notamment s'asseoir sur un canapé puis se relever, ouvrir une porte, la franchir et la refermer ainsi que monter et descendre des pentes.

Le choix de ces tâches démontre que le point crucial d'un dispositif d'assistance est son aptitude à l'utilisation quotidienne. En dehors de l'envi-



ronnement contrôlé en laboratoire ou dans le service de physiothérapie, le patient est en effet confronté à des surfaces inégales ou des obstacles imprévisibles qui poussent rapidement les systèmes d'assistance à leurs limites.

### **Une articulation du genou adaptable**

Pour palier à ce problème, une équipe de l'ETH Zurich, qui a participé au Cybathlon, a équipé son exosquelette d'une articulation du genou dont la rigidité peut s'adapter au terrain. Comme l'expliquent les chercheurs participants Stefan Schrade et Patrick Pfreundschuh, il est tout à fait possible d'amortir le pas plus ou moins fortement selon la vitesse de marche et le sol [comme avec une articulation de genou naturelle]. Actuellement, la rigidité doit encore être réglée manuellement, mais une commande autonome améliorée est en cours

d'élaboration. L'exosquelette a été conçu dans le cadre des projets «Fokus» qui offrent la possibilité aux étudiants de participer au développement d'un produit novateur au sein d'une équipe interdisciplinaire. La collaboration étroite entre les étudiants en génie mécanique, en électrotechnique et en sciences de la santé ainsi que les médecins, les personnes concernées et les professionnels de l'industrie, est considérée comme le principal facteur de succès pour cette recherche.



Lis l'interview avec Stefan Schrade, doctorant RElab de l'ETH Zurich et chef d'équipe VariLeg, et Patrick Pfreundschuh, bachelier en génie mécanique de l'ETH Zurich et porte-parole VariLeg.



# On recherche des curieux

**Depuis un demi-siècle, la fondation «La science appelle les jeunes» offre aux élèves un aperçu de la recherche, de la science et de la technique.**

La science est liée à la soif de connaissances. Et la soif de connaissances n'est finalement qu'un mot un peu surfait pour désigner la curiosité. Toute personne curieuse pose des questions, remet en cause, bricole, expérimente – toute personne curieuse stimule l'esprit d'investigation. Depuis 1967, la fondation «La science appelle les jeunes» suscite

le plaisir d'explorer et de découvrir. Elle organise des semaines d'études au cours desquelles les élèves peuvent fouiner dans les laboratoires de recherche. Et chaque année se déroule un grand concours national pour les jeunes chercheuses et chercheurs. Parmi les 107 travaux primés (sur un total de 300 soumis), on comptait en 2017 une machine

---

## Atelier sur l'impression 3D: couche par couche

Pour modéliser un objet et l'imprimer avec une imprimante 3D, une classe du gymnase de Baden s'est rendue un mercredi après-midi à Berne avec son professeur. L'instructeur leur a tout d'abord expliqué le principe de base de l'impression en 3D. Il s'agit d'un procédé de couches fondues au cours duquel un objet tridimensionnel est fabriqué couche par couche avec une matière plastique liquide, une résine synthétique, du métal, de la céramique, un biomatériau ou même des aliments. Les élèves ont découvert que les designers, les architectes et les techniciens médicaux ne jurent plus que par cette technique. En effet, elle leur permet de transformer, à peu de frais et d'efforts, leur ébauche de projet en un modèle que l'on peut tenir en main, regarder de tous côtés et donc mieux «comprendre» qu'un dessin abstrait. Au cours de cette présentation, les imprimantes bourdonnaient déjà – en effet, pour être suffisamment fluide, le matériau dans les cartouches doit d'abord être chauffé.

Pour savoir où appliquer le matériau et laisser un espace vide, l'imprimante 3D a besoin d'un modèle informatique en 3D qui définit avec précision, couche par couche, toutes les coordonnées de l'objet à imprimer dans les trois dimensions. Compliqué? Pas vraiment: les élèves de Baden ont appris à utiliser le logiciel de construction de façon ludique. Puis ils se sont mis de suite au travail: par groupes de deux ou trois, ils ont conçu des porte-clés personnalisés de différentes couleurs, puis enregistré leur modèle dans un fichier et transmis les données à l'imprimante.



à espresso portable, un robot d'affinage de fromage et un système de freinage pour les luges Davos.

50 ans de «La science appelle les jeunes»: la cérémonie de remise des prix qui s'est déroulée fin avril à Berne a clôturé la semaine du jubilé par des expositions, des spectacles, un Science Bar et des Study Days avec des ateliers qui ont offert un aperçu captivant de la science, de la technique et de la recherche.

---

### **Atelier sur la neurobiologie: l'illusion de la main en caoutchouc**

Il a fallu s'armer de patience: une imprimante 3D avance très lentement – le délai est très long avant d'obtenir un porte-clés. C'était donc l'occasion de rendre visite à une classe du gymnase de Muristalden (Berne) dont les élèves, deux étages plus haut, assistaient avec fascination à l'atelier de neurobiologie et découvraient à quel point il est facile de berner le cerveau. Il suffit pour cela d'un tissu pour recouvrir sa propre main et d'une main en caoutchouc placée sur la table. Ensuite, une personne passe simultanément un pinceau sur les doigts situés sous le tissu et sur les doigts de la main en caoutchouc. Peu de temps après, le cerveau pense que le leurre sans vie est la véritable main.

---

Intéressant? «Très intéressant!» ont déclaré unanimement les élèves de Berne et de Baden à la fin de l'après-midi. Certains sont rentrés chez eux avec le porte-clés qu'ils avaient conçu et imprimé, et d'autres avec un trésor rempli de nouvelles connaissances. Participe toi aussi l'année prochaine!

[www.sjf.ch](http://www.sjf.ch)

## **Découvrir les robots**

### **RobOlympics**

Construis ton propre robot et participe aux 15<sup>e</sup> jeux RobOlympics le 11 novembre 2017.

[www.robotlympics.ch](http://www.robotlympics.ch)

---

## **Encore plus de découvertes**

### **educamint.ch**

Enrichissez vos cours MINT avec des offres intéressantes. Trouvez des activités passionnantes pour les loisirs des enfants, des adolescents et des adultes. La plateforme [educamint.ch](http://educamint.ch), qui vient d'être totalement remaniée, offre à présent près de 800 offres dans toute la Suisse.

[www.educamint.ch](http://www.educamint.ch)

### **SimplyScience**

Tu n'en as pas encore assez? Alors rends-toi sur le site web [SimplyScience](http://SimplyScience). Tu y trouveras beaucoup d'inspiration pour le choix de ton métier ou de tes études.

[www.simplyscience.ch](http://www.simplyscience.ch)

### **App Science Guide**

Découvre les sciences en Suisse. Disponible dans **google play** ou **app store**



3  $\mu\text{m}$

### Un actionneur pour les tout petits

À l'avenir, l'objectif est d'acheminer les nanorobots de façon ciblée jusqu'à certains endroits du corps pour y délivrer des médicaments, débloquent des vaisseaux obstrués, ôter les dépôts de la rétine ou encore prélever des échantillons diagnostiques. La question est donc de savoir comment faire pour que ces robots identifient les emplacements souhaités et les atteignent. Le monde nanocosmique est très différent de celui que nous connaissons. Une bactérie qui se fraie un chemin dans un liquide tel que le sang ne se contente pas de le traverser, elle doit lutter activement dans une masse visqueuse – comme un homme le ferait s'il essayait de marcher dans du miel ou du goudron. Afin qu'un nanorobot ne reste pas en plan, il a donc besoin d'un nano-actionneur, autrement dit un moteur au format mini.

Pour palier à ce problème, les chercheurs se sont inspirés de la nature, et plus précisément du flagelle, le moyen de locomotion de certaines bactéries. Un flagelle pourrait être comparé à un tire-bouchon ancré dans une bactérie qui tourne autour de son axe longitudinal et pousse ou tire la bactérie vers l'avant.

Sur le modèle du flagelle, les chercheurs ont donc construit un microrobot constitué d'une tête magnétique et d'une queue en forme de spirale. Un champ magnétique appliqué de l'extérieur permet de contrôler le sens et la vitesse de rotation de la spirale et, par conséquent, le sens de déplacement et la vitesse du microrobot.

Le robot ne peut pas uniquement bouger au moyen de sa tête magnétique, mais doit aussi utiliser aussi sa queue rotative pour l'actionnement. En effet, les propriétés magnétiques d'objets aussi petits sont trop faibles pour leur permettre de bouger à l'aide des seules forces magnétiques.

# Choix d'études et de carrière



Corinne Giroud, Office cantonal d'orientation scolaire et professionnelle – Vaud

**Je vais finir l'école et j'hésite encore entre le gymnase et un apprentissage. Comme je m'intéresse à la fois à la robotique et à la médecine, j'aimerais connaître les métiers qui associeraient les deux domaines et comment on les apprend.** (Maxence, 16 ans)

Salut Maxence,

Comment les mouches s'accrochent-elles au plafond? Comment les poissons nagent-ils? Comment une main attrape-t-elle un objet sans l'écraser? Qu'est-ce que la marche? L'observation de la vie stimule l'imagination de scientifiques qui transfèrent dans le monde de la technique les trucs et astuces de la nature. Les applications vont du scotch magique au sous-marin, du robot industriel à la prothèse bionique. Ce domaine est celui des sciences et technologies du vivant, en particulier des neurosciences, dont les applications innovantes font aujourd'hui beaucoup parler d'elles. Jambe de bois et main-crochet, c'est de l'histoire ancienne! Car remplacer par un robot un membre perdu lors d'un accident n'a plus rien de la science-fiction. Deux univers professionnels interviennent à la croisée des sciences et technologies du vivant. Une formation scientifique te conduira aussi bien du côté de **l'ingénierie** que du côté de la **médecine/biologie** – voire directement à la **bioingénierie**.

## Conception, construction, programmation

Les prothèses bioniques sont conçues par des ingénieurs (sciences et technologies du vivant, matériaux, mécanique, chimie, électronique, informatique, ergonomie et design, etc.) en collaboration avec des biologistes et des médecins (neurologues, chirurgiens orthopédistes, neurochirurgiens, etc.). Ces métiers s'acquièrent par des **études universitaires, spécialisées ou polytechniques**, accessibles après le gymnase ou un apprentissage. Avant de pouvoir assurer leurs fonctions, les robots sont construits, connectés, programmés, leurs pièces dessinées et fabriquées. C'est le savoir-faire des micromécaniciens, des agents techniques des matières synthétiques, des électroniciens, des informaticiens, des dessinateurs en construction microtechnique, des dessinateurs-constructeurs industriels, etc. Autant de métiers qui s'acquièrent par un **apprentissage**. Cette voie permet de gagner un savoir-faire et des connaissances ouvrant à la fois sur des perspectives d'emploi et sur des projets d'études ou de perfectionnement.

---

## Infos & liens

Entre la prothèse d'une main et le robot humanoïde, le pas est franchi. Des fonctions relationnelles d'accompagnement se développent avec les robots de compagnie. Si l'aspect éthique de la bionique et de la robotique t'interpelle, l'étude de la philosophie et de l'histoire des sciences t'apportera des outils de réflexion.

Cursus EPF en sciences et technologies du vivant /neurosciences et bioingénierie:

[http://sv.epfl.ch/section\\_stv](http://sv.epfl.ch/section_stv)

Les professions citées sont détaillées sur [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch)