



Du minuscule capteur dans une lentille de contact jusqu'aux éléments d'une navette spatiale, en passant par un mouvement de montre, un écran tactile, un panneau solaire ou un robot d'assemblage industriel, la microtechnique trouve de nombreuses applications. Cette discipline spécialisée dans la miniaturisation combine des savoirs issus de la mécanique, de la science des matériaux, de l'électronique, de l'optique et de l'informatique. Les ingénieurs et ingénieures en microtechnique conçoivent et réalisent des composants, des appareils et des systèmes innovants, et développent les technologies nécessaires à leur production en série. Ils travaillent dans l'industrie ou dans des laboratoires de recherche et de développement. Ils occupent généralement des postes à responsabilités et collaborent avec des ingénieurs d'autres disciplines. Au fil de leurs études ou de leur carrière, les ingénieurs en microtechnique peuvent se spécialiser dans un domaine d'activité, par exemple la technique médicale, l'horlogerie ou la robotique.



INGÉNIEUR EN MICROTECHNIQUE

HES/EPF

INGÉNIEURE EN MICROTECHNIQUE

Manipuler de minuscules gouttes

Emilie Collot, 25 ans

Ingénieure en microtechnique EPF

Emilie Collot travaille depuis un peu plus d'un an chez Advanced Microfluidics SA, une petite start-up qui développe des vannes et des pompes-seringues automatisées. Destinées à des laboratoires, celles-ci permettent de prélever et d'injecter de minuscules quantités de liquide, de 1 millilitre à 10 nanolitres (soit 100 000 fois moins).

Dernièrement, Emilie Collot s'est rendue dans une entreprise qui produit des microscopes pour observer des cellules en 3D et en temps réel. La société rencontre un problème: pour nourrir les cellules et les maintenir en vie, il faut ouvrir la boîte les contenant, et donc arrêter les analyses en cours. «Notre pompe-seringue pourrait nourrir les cellules, mais aussi faire des prélèvements, sans qu'il faille ouvrir la boîte», explique Emilie Collot. «Après avoir clarifié les besoins de l'entreprise, j'ai réfléchi à la manière d'intégrer notre système à l'instrument existant et commandé les pièces nécessaires. Je vais maintenant tester si ma solution fonctionne.»

Défis techniques

Le domaine de la microfluidique présente de nombreux défis techniques. Comment mesurer précisément de si petites quantités? Comment empêcher la moindre évaporation? Comment éviter les contaminations lorsque plusieurs liquides passent dans les mêmes circuits? «L'an passé, j'ai dû déterminer les normes précises à respecter pour une pompe miniature que nous sommes en train de développer, et étudier ce qui se faisait chez la concurrence pour savoir quelles performances nous devons atteindre. J'ai aussi mis sur pied un banc de test: les résultats des tests nous permettent de faire des changements pour améliorer la pompe.»

Depuis peu, Emilie Collot se charge du marketing: elle programme le site Internet, monte des vidéos présentant les produits, participe



à des conférences. «Je dois trouver les bons mots pour présenter les aspects techniques aux clients, qu'ils soient techniciens, chargés des achats ou chefs de projets», souligne-t-elle. La jeune femme démarche également des clients pour leur proposer des produits finis ou des solutions sur mesure. «Dans ce dernier cas, c'est à moi de faire ensuite le lien avec les ingénieurs recherche et développement, et éventuellement de réaliser des prototypes.»

Robots et panneaux solaires

Emilie Collot a choisi la robotique comme spécialisation de master. «C'est ce qui m'atti-

rait le plus dans la microtechnique: je voulais comprendre comment ça marche», raconte-t-elle. Pendant ses études, la jeune femme a notamment développé, avec deux camarades, un robot collecteur de bouteilles pour un concours. Elle a aussi travaillé avec un petit automate développé par l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, qu'elle a programmé pour illustrer des concepts de physique en vidéo.

Pour son travail de diplôme, Emilie Collot s'est envolée pour la Nouvelle-Zélande, où elle a participé au développement d'un collier pour chats muni de capteurs électroniques. Les chats décimant de nombreuses espèces d'oiseaux rares dans ce pays, le but de ce collier était de parvenir à identifier leurs comportements et à agir en cas d'attaque imminente, par exemple en diffusant un signal d'alarme audible uniquement par les oiseaux.

L'ingénieure en microtechnique a aussi effectué un stage dans une entreprise produisant des panneaux solaires innovants. «J'ai travaillé à l'optimisation des processus et participé à la fabrication des plaques recouvrant une façade du centre de congrès de l'EPFL. Quand on me demande ce que je fais dans mon métier, c'est un exemple bien visible!»



Développer des systèmes électroniques

Renato Mastrocola, 25 ans

Ingenieur HES en microtechniques

Enfant, il s'amusait à démonter des appareils électroniques pour comprendre leur fonctionnement. Renato Mastrocola a toujours su qu'il deviendrait ingénieur. Son choix s'est porté sur l'orientation électronique des études HES en microtechniques, très axées sur la pratique.

L'électronique trouve des applications dans bien plus de domaines qu'on l'imagine. L'horlogerie, par exemple: pour son travail de bachelor, Renato Mastrocola a conçu un appareil de mesures pour une montre à quartz. En tant qu'assistant à la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, il a ensuite participé au développement d'un système de sondes visant à surveiller la qualité de l'eau dans tout le réseau cantonal. Depuis sept mois, le jeune homme travaille chez Sdataway SA, un bureau d'ingénieurs proposant des solutions sur mesure dans le domaine électronique et logiciel. L'une des spécialités de l'entreprise: les appareils grand public tels que les machines à café.

Des appareils intelligents

«A l'intérieur de ces machines se cachent des systèmes complexes permettant de régler précisément la pression, la température, le temps d'infusion, etc.», explique Renato Mastrocola. «L'électroménager devient par ailleurs de plus en plus intelligent et connecté: on veut par exemple que la machine puisse s'allumer automatiquement à une certaine heure le matin et se mettre à préchauffer.»

Le bureau d'ingénieurs travaille sur mandat. Renato Mastrocola doit tout d'abord s'entretenir avec le client afin de clarifier sa demande et de lui proposer des possibilités d'innovation. Il établit sur cette base un cahier des charges très détaillé, qui présente toutes les spécificités du projet. Ensuite, place à la recherche de solutions: «Pour trouver le matériel le plus approprié, je consulte des



catalogues en ligne», précise l'ingénieur. «Je dois lire des fiches techniques de plusieurs dizaines de pages en anglais pour connaître les caractéristiques de chaque composant.»

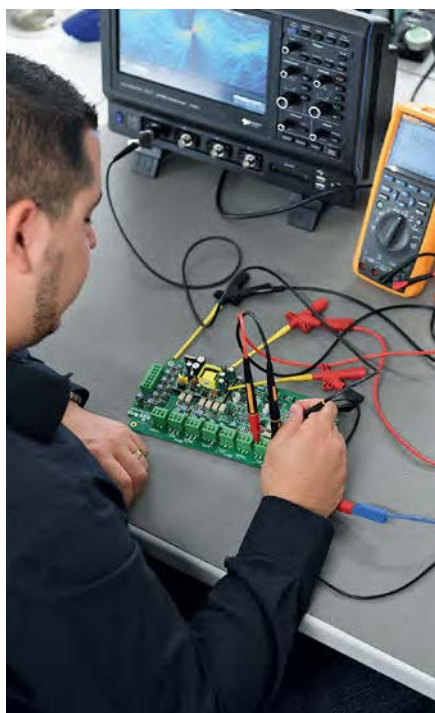
Prototypes et bancs de test

Plusieurs solutions sont présentées au client avec leurs avantages et inconvénients respectifs. Les options retenues peuvent ensuite être élaborées sous forme de prototypes et testées. «Dernièrement, j'ai travaillé sur un système de mesure de température pour une

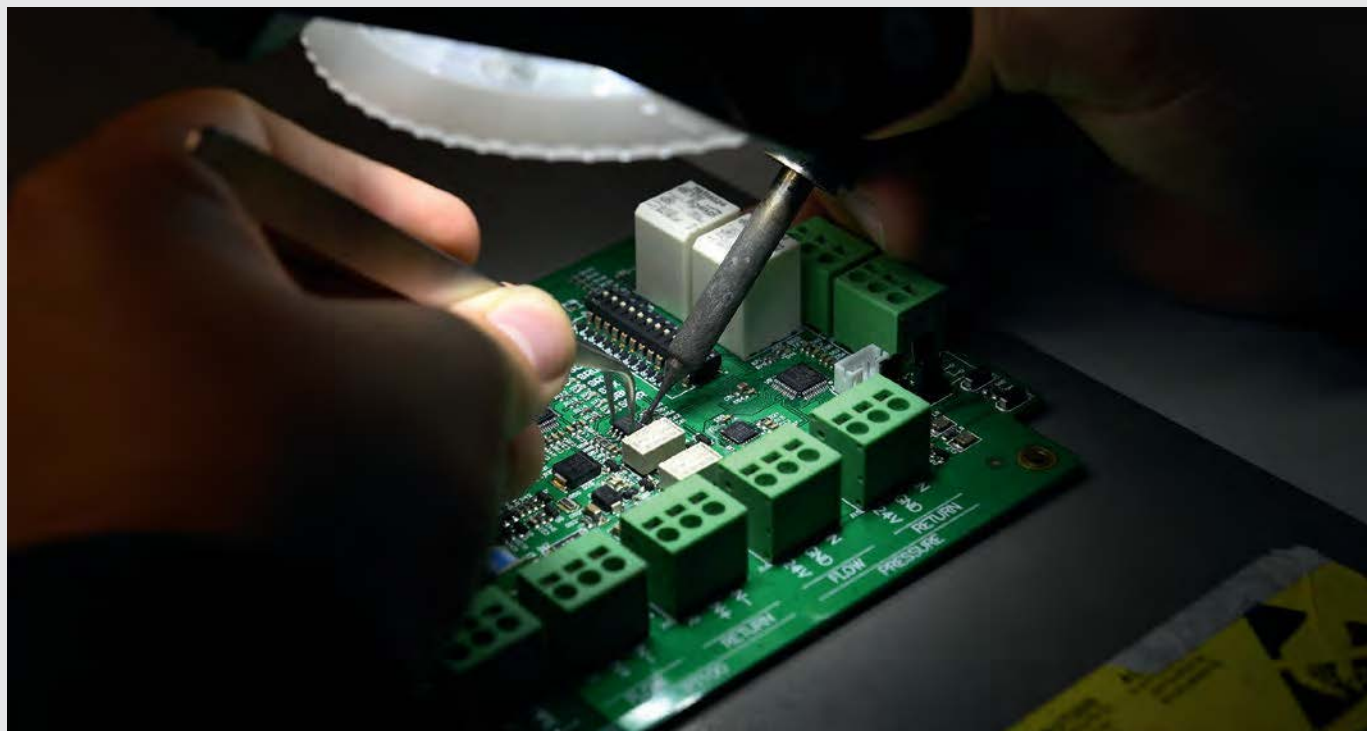
machine», raconte Renato Mastrocola. «Après avoir développé l'interface électronique pour piloter les capteurs de température, j'ai mis en place un banc de test pour comparer deux solutions. Cela nous a permis de constater des effets de condensation sur l'un des capteurs retenus, qui rendaient les mesures impossibles. Sans l'étape du prototype, il n'aurait pas été possible de faire le bon choix.»

Renato Mastrocola conçoit et programme les cartes électroniques qui permettront de commander les appareils et de les relier à des logiciels informatiques. A l'ordinateur, il dessine les schémas et les plans sur la base desquels seront fabriquées les cartes. Les composants, parfois pas plus gros qu'un grain de sel, sont assemblés à l'aide de machines automatisées. «Il arrive cependant que je soude à la main l'un ou l'autre élément pour faire des tests avant une production.»

Le jeune homme collabore étroitement avec des ingénieurs en informatique et en mécanique, qui s'occupent d'autres parties des projets, par exemple du développement des logiciels. «Avec ma formation en microtechnique, très polyvalente, j'ai touché autant à l'électronique qu'à la mécanique et à l'informatique», souligne-t-il. «C'est un avantage pour interagir avec les collègues, les fournisseurs et les entreprises tierces avec qui nous collaborons.»



Une science pluridisciplinaire à la pointe de l'innovation



Art de la miniaturisation, la microtechnique se retrouve dans de nombreux domaines de l'industrie, de la science et de la technique. L'horlogerie (surtout en Suisse romande) et le domaine biomédical représentent les débouchés principaux, mais on peut aussi mentionner l'électronique, la robotique, l'automatisation, les énergies renouvelables, la technique des capteurs, la mécanique, l'électronique de loisirs, l'automobile, l'aéronautique, les instruments de mesure, l'électroménager, etc. La pratique de la microtechnique nécessite des savoirs et savoir-faire très variés. Les études portent donc autant sur les sciences de base (mathématiques, physique) que sur des disciplines spécialisées (mécanique, électronique, science des matériaux, optique et informatique). Des orientations permettent aux étudiants d'acquérir des connaissances plus approfondies dans un domaine spécifique, notamment en horlogerie ou en robotique.

HES ou EPF?

Chaque année, plus d'une centaine de bachelors sont délivrés dans les hautes écoles spécialisées (HES) et autant de masters à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Les ingénieurs et ingénieures en microtechnique ont de bonnes perspectives sur le marché du travail.

Les diplômés issus de la filière HES sont généralement appréciés pour leur proximité avec la pratique et pour le fait qu'ils sont rapidement opérationnels; bénéficiant de connaissances académiques larges, les titulaires d'un master EPF accèdent, eux, plus facilement à des postes de cadres. Dans la pratique, les offres d'emploi s'adressent le plus souvent indifféremment aux ingénieurs HES et EPF. Ce sont la personnalité du candidat ou de la candidate, ses compétences et les expériences acquises (par exemple dans le cadre d'un travail de diplôme) qui font la différence.

Equipes pluridisciplinaires

A l'issue de leurs études, la grande majorité des ingénieurs et ingénieures en microtechnique occupent des postes de salariés dans l'industrie ou dans des laboratoires de recherche. Quelques-uns lancent une start-up. Seule une petite proportion de diplômés poursuivent leur formation, par exemple avec une thèse de doctorat ou un master HES en Engineering. La plupart de ces professionnels restent en Suisse; il existe aussi des débouchés à l'étranger, surtout en Europe. Dans l'industrie, les ingénieurs en microtechnique sont intégrés dans des équipes pluridisciplinaires. Leurs larges connaissances leur permettent de faire le relais entre les

différents spécialistes impliqués dans un projet (par exemple biologistes, chimistes, ingénieurs en mécanique, en électronique ou en informatique). Ils peuvent envisager deux voies pour leur carrière: soit ils se spécialisent dans un domaine technique, soit ils accèdent à des fonctions managériales. Avec de l'expérience, ils peuvent devenir responsables d'un projet ou d'un produit, de la production, du développement, de la qualité, etc.

Innover pour se démarquer

Sur le marché suisse, on trouve aussi bien des petites et moyennes entreprises (PME) que des grandes sociétés internationales. L'industrie est particulièrement dépendante de la situation économique globale et le marché du travail peut être tendu en cas de crise. Dans un milieu où les technologies évoluent sans cesse et où la concurrence est grande, les entreprises se démarquent par leur capacité à innover. Dans ce contexte, les ingénieurs et ingénieures en microtechnique doivent faire preuve de créativité pour développer de nouvelles solutions – tout en respectant un cadre strict en termes de délais et de budgets. La curiosité est indispensable pour exercer ce métier: il faut être prêt à tester de nouvelles pistes et à se former en continu pour maintenir ses connaissances à jour.

Formation

Les études en microtechnique se déroulent dans une haute école spécialisée ou dans une école polytechnique fédérale.

Hautes écoles spécialisées

Lieux: Genève, Yverdon-les-Bains, Neuchâtel et Bienne.

Durée: 3 ans à plein temps, 4 à 5 ans en emploi ou à temps partiel (dans certaines écoles).

Conditions d'admission: certificat fédéral de capacité (CFC) dans un domaine apparenté avec maturité professionnelle; autre CFC avec maturité professionnelle + 1 an de pratique professionnelle dans un domaine apparenté; maturité gymnasiale ou spécialisée + 1 an de pratique professionnelle dans un domaine apparenté; diplôme de technicien-ne ES dans un domaine apparenté. Autres titres: se renseigner.

Orientations/options: ingénieur-e en horlogerie, ingénieur-e en électronique, ingénieur-e de recherche (Genève); mécatronique (Yverdon-les-Bains); microtechnologies et électronique, ingénierie horlogère, génie industriel (Neuchâtel); technique médicale, optique/photonique, robotique, technique des capteurs (Bienne).

Titre obtenu: selon l'école, bachelor HES en microtechniques ou en microtechnique et technique médicale.

Ecole polytechnique fédérale

Lieu: Lausanne.

Durée: 5 ans (dont un stage de 2 à 6 mois en entreprise).

Conditions d'admission: maturité gymnasiale; bachelor HES; maturité professionnelle ou spécialisée + cours de mathématiques spéciales (année préparatoire). Autres titres: se renseigner.

Orientations: Optical Engineering, Micro/Nanosystems, Robotics.

Titres obtenus: bachelor et master EPF en microtechnique.

Remarque: l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich propose uniquement un master en micro- et nanosystèmes, accessible après un bachelor HES ou UNI/EPF en génie mécanique, en technologies de l'information ou en génie électrique.

Pour plus d'informations, voir www.orientation.ch/etudes.

Formation continue, perfectionnement

- Diverses formations postgrades (CAS, DAS, MAS) ou de courte durée organisées par les hautes écoles ou d'autres instituts de formation (p. ex. Fondation suisse pour la recherche en microtechnique FSRM)
- Divers masters, p. ex. master HES en Engineering ou master UNI en Biomedical Engineering
- Doctorat au sein des EPF
- Etc.

En savoir plus

www.orientation.ch, la plateforme pour toutes les questions concernant les professions, les formations et le monde du travail

www.fsrn.ch, Fondation suisse pour la recherche en microtechnique FSRM

Un métier pour vous?

Quelques repères pour faire le point.

Vous aimez la précision?

Les ingénieurs et ingénieures en microtechnique travaillent fréquemment à l'échelle du millimètre, du micromètre ou même du nanomètre. Ils développent des composants et systèmes miniatures qui exigent une grande précision. A cette échelle, le moindre grain de poussière peut perturber le travail!

Vous vous intéressez aux sciences et à la technique?

La microtechnique est une science pluridisciplinaire, qui exige des connaissances autant dans les sciences de base que dans les disciplines techniques. Une grande curiosité intellectuelle est donc nécessaire dans ce métier.

Créativité et capacité à innover sont deux de vos points forts?

Les ingénieurs en microtechnique ne peuvent pas se contenter d'appliquer des recettes toutes faites. Les technologies évoluent très rapidement. Pour que l'entreprise reste concurrentielle, il faut explorer des pistes inédites et développer des solutions innovantes.

Vous savez organiser, analyser et synthétiser?

Une méthodologie rigoureuse est nécessaire dans la recherche et le développement, mais aussi dans la production. Il faut être capable de garder une vue d'ensemble du projet en tout temps et documenter toutes les étapes du travail.

Vous aimez le travail d'équipe?

Les ingénieurs en microtechnique travaillent avec des spécialistes de différentes disciplines, qui s'occupent tous d'une partie bien spécifique d'un projet. Dans ce contexte, le sens de la communication est indispensable.



IMPRESSUM

1^{re} édition 2017

© 2017 CSFO, Berne. Tous droits réservés.

Edition:

Centre suisse de services Formation professionnelle |
orientation professionnelle, universitaire et de carrière CSFO
CSFO Editions, www.csfo.ch, editions@csfo.ch
Le CSFO est une institution de la CDIP.

Enquête et rédaction: Fanny Mülhauser, CSFO **Relecture:** Guy Delacrétaz, EPFL;
Stéphane Bourquin, hepia; Marianne Gattiker **Photos:** Thierry Parel **Graphisme:**
Viviane Wälchli **Réalisation:** La Ligne **Impression:** PCL Presses Centrales SA

Diffusion, service client:

CSFO Distribution, Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen
Tél. 0848 999 002, distribution@csfo.ch, www.shop.csfo.ch

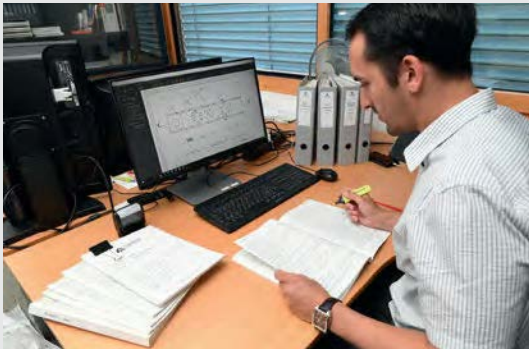
N° d'article: FE2-3226 (1 exemplaire), FB2-3226 (paquet de 50 exemplaires)

Nous remercions toutes les personnes et les entreprises qui ont participé à l'élaboration de ce document. Produit avec le soutien du SEFRI.



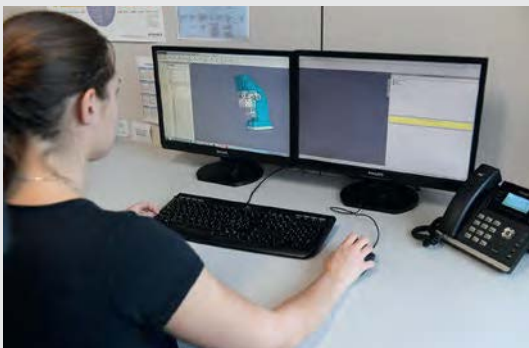
Clarifier le mandat

Quelles performances atteindre, dans quel délai, avec quel budget et quelles contraintes techniques? Le cadre du projet doit être clair dès le départ.



Se documenter

Les ingénieurs en microtechnique se renseignent sur les nouveautés technologiques, sur le matériel existant ainsi que sur les normes à respecter.



Concevoir des systèmes

D'abord sur papier, puis à l'aide de logiciels de dessin assisté par ordinateur, ces professionnels développent les plans des systèmes imaginés.



Réaliser un prototype

Avant la production à grande échelle, un prototype est fabriqué afin de pouvoir procéder à des améliorations techniques.

Mettre en place un banc de test

Le système fonctionne-t-il comme prévu? Une autre variante serait-elle plus performante? Pour le savoir, on effectue de nombreux tests et mesures.



Travailler en équipe

Souvent, des spécialistes de différentes disciplines collaborent à un même projet, l'un s'occupant de la programmation, un autre de la mécanique, etc.



Contrôler la qualité

Les ingénieurs en microtechnique s'assurent que leurs produits correspondent aux normes et que la production se déroule sans problème.



Former les utilisateurs

Ces professionnels expliquent aux clients comment utiliser les systèmes développés. Ils leur fournissent aussi une documentation technique détaillée.





Sophie Bourban, 32 ans, product manager dans l'horlogerie

«Après mes études à l'EPFL, j'ai fait une année de recherche académique en Hollande. A mon retour en Suisse, j'ai trouvé un emploi dans une entreprise de technologie médicale, où j'ai développé un nouveau type de poche de cryogénéisation pour le stockage de cellules souches, avant de passer au département Qualité: si des fournisseurs nous livraient des produits non conformes ou si nous recevions des réclamations de clients, je devais trouver l'origine du problème et prendre des mesures. Depuis trois ans maintenant, je suis employée dans une entreprise horlogère suisse. Sur le site où je travaille, nous assemblons des têtes de montres, c'est-à-dire les boîtiers avec leur mouvement. Je suis la personne référente pour plusieurs gammes de montres. Si des défauts sont constatés, je dois identifier précisément la nature du problème et l'étape de production concernée: est-ce la fabrication des composants? l'assemblage? le soudage? Je décide

Des montres sous contrôle

ce qu'il convient de faire avec les pièces défectueuses et trouve rapidement des solutions, afin que les produits répondent aux attentes du client et soient livrés dans les délais. Je passe beaucoup de temps sur les lignes de production et suis en contact avec tous les départements de l'entreprise, ainsi qu'avec nos fournisseurs: ma position centrale m'amène à connaître beaucoup de monde! Mon rôle consiste également à améliorer les gammes existantes et à réduire les coûts, en proposant des modifications sur les composants ou sur les processus.»

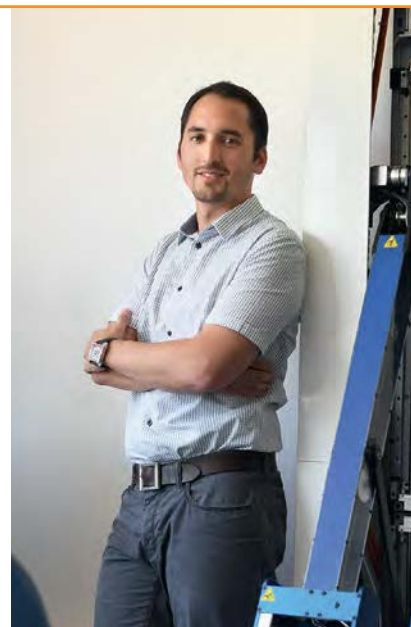
«Après mon bachelor HES, j'ai enchaîné avec un master en Engineering. Mon travail de diplôme a consisté à mettre en place un banc d'essai pour tester différentes combinaisons de matériaux pour des prothèses de hanche. Dans l'industrie, j'ai d'abord travaillé chez Tesa, une entreprise spécialisée dans les instruments de mesure, comme les micromètres par exemple. Il y a deux ans, j'ai été engagé chez GF Machining Solutions, une société qui propose des machines d'usinage. Celles-ci permettent de percer, texturer ou découper des matériaux avec une grande précision grâce à différentes

Former les utilisateurs

technologies: laser, électroérosion ou encore fraisage. J'encadre une équipe de cinq personnes chargée de développer la documentation technique à l'intention des utilisateurs (consignes de sécurité, déroulement de l'installation des machines, caractéristiques techniques, mode d'emploi, etc.). Nous devons connaître parfaitement l'ensemble de nos produits, autant les modèles standard que les solutions développées sur mesure à la demande de clients. Pour cela, nous suivons toutes les étapes du développement et de la réalisation. Nous assurons également la formation des techniciens et des ingénieurs qui se rendent chez les clients et leur apprennent à utiliser nos machines. Nous jouons un rôle capital dans la diffusion du savoir-faire, en centralisant et en mettant continuellement à jour l'information pour nos filiales et notre clientèle dans le monde entier.»



Guillaume Balser, 30 ans, responsable d'une équipe de rédacteurs techniques



Aurélien Fauquex, 31 ans, cofondateur d'une start-up

«Dans le cadre du bachelor HES, puis en tant qu'assistant à la HEIG-VD, j'ai participé au développement d'un robot permettant de rééduquer l'appareil locomoteur de patients à la suite d'un accident vasculaire cérébral. Ce projet interdisciplinaire impliquait plusieurs hautes écoles dans les domaines technique et médical. J'ai été chargé de concevoir le système mécanique et d'en réaliser les plans.

Un robot pour réapprendre à marcher

Par la suite, un premier prototype a été élaboré et j'ai entrepris les démarches nécessaires pour le faire tester par des médecins et des thérapeutes au CHUV. Ces essais cliniques se sont révélés très prometteurs. Avec cinq autres cofondateurs, nous avons alors créé une start-up (Lambda Health System) dans le but de perfectionner et d'industrialiser le robot. Celui-ci peut maintenant apprendre et reproduire des mouvements effectués par les thérapeutes et intègre la réalité virtuelle, sous la forme de jeux qui aident les patients à progresser. En tant que directeur général, je suis responsable de la planification financière et de la recherche de fonds. Je m'occupe des questions de propriété intellectuelle, par exemple du dépôt de brevets. Je m'assure que les critères de qualité, nombreux dans le domaine médical, sont respectés. Je démarche aussi des hôpitaux et leur présente notre robot, que nous prévoyons de commercialiser dès l'an prochain. Je trouve passionnant d'avoir pu vivre toutes les étapes de ce projet, des premières esquisses à l'industrialisation!»