

WOW!

Le magazine de la technique pour les jeunes

TechnoScope

2/13
by SATW

Technique et santé

Depuis 1900, l'espérance de vie en Suisse a quasiment doublé.
Elle est de 80,3 ans pour les hommes et 84,7 ans pour les femmes.

510 organes dont 282 reins, 109 foies, 54 poumons et
36 cœurs ont été transplantés en 2011 en Suisse.

Les appendicectomies peuvent aujourd'hui être réalisées via une
petite ouverture de 2 cm pratiquée près du nombril.

L'App Store d'Apple propose plus de 15 000 applications médicales.

La Suisse compte 975 blocs opératoires et plus de 150 appareils IRM.

La première hanche artificielle a été posée il y a cinquante ans en Suisse.

En protonthérapie, les patients atteints d'un cancer sont traités au moyen
de particules dont la vitesse est de 180 000 kilomètres par seconde.

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



S'entraîner avec des robots

Imiter la peau

Imprimer des os

Concours:
Gagne un pulsomètre!



▲ Grâce à une technique ingénieuse, les patients répètent des mouvements simples avec les bras et les mains pour le quotidien.

► Aidés d'un thérapeute, les patients font leurs premiers pas grâce au «Lokomat».

▲ Le robot «MotionMaker» fait bouger les jambes du patient. L'activité musculaire est contrôlée en permanence.

► Une caméra à infrarouges spéciale placée sur l'ordinateur permet aux personnes qui parviennent tout juste à bouger la tête d'écrire à nouveau.

Retour pas à pas vers le quotidien

Les personnes victimes d'une blessure à la moelle épinière lors d'un accident doivent déployer d'énormes efforts pour retrouver une vie normale. Des robots thérapeutiques spéciaux les aident à traverser cette longue épreuve.

L'imposant appareil se trouve au Centre suisse des paraplégiques de Nottwil: le robot de marche «Lokomat» aide les personnes qui ont été blessées à la moelle épinière et doivent réapprendre à utiliser leurs jambes. La technique ingénieuse et les sangles qui soutiennent le poids du corps permettent aux patients plus hésitants de réaliser leurs premiers progrès sur le tapis roulant. Ceux-ci sont guidés par des thérapeutes, mais aussi par les images de l'écran d'ordinateur installé devant eux.

Les robots thérapeutiques sont utilisés à Nottwil depuis huit ans et connaissent un succès considérable. En physiothérapie, ils permettent d'entraîner les jambes. En ergothérapie, les patients réapprennent à utiliser leurs bras et leurs mains. «Grâce aux robots, les patients réapprennent à effectuer des mouvements simples avec le bras et la main pour le quotidien», explique Bart De Kimpe, chef de groupe Ergothérapie. «Les représentations virtuelles sur l'écran d'ordinateur leur permettent

de s'exercer à reproduire les phases de mouvements utiles au quotidien comme prendre une tasse, arroser des fleurs, prendre une pomme sur une étagère ou éplucher des carottes.»

Voir les progrès sur l'écran s'avère extrêmement motivant. «L'entraînement devient plus intéressant», explique De Kimpe. Ces robots présentent un grand avantage dans la mesure où ils permettent de travailler avec des patients atteints d'une importante paralysie de façon plus ciblée et plus proche des conditions réelles du quotidien qu'avec l'ergothérapie classique. «Il est primordial de répéter les exercices tous les jours afin d'entraîner le système nerveux de manière spécifique. Les robots sont devenus un outil précieux.»

Un travail moins fatigant pour les thérapeutes

Les robots présentent des avantages non seulement pour les paralysés médullaires, mais aussi pour les thérapeutes qui doivent effectuer moins d'exercices physiquement éprouvants. «Les personnes en bonne santé sous-estiment la force

nécessaire pour vaincre la pesanteur», explique De Kimpe. Mais les robots restent des appareils d'assistance. Ils ne remplaceront jamais les thérapeutes. Le travail de ces derniers a toutefois évolué et consiste notamment à installer les patients correctement dans les appareils de thérapie et à s'assurer qu'ils exécutent les bons mouvements. «Nous devons en outre toujours vérifier que les robots sont bien réglés en fonction des capacités motrices des patients», ajoute De Kimpe. «L'utilisation des appareils est bénéfique uniquement si les patients s'entraînent correctement». Si les exercices sont trop faciles, leur intérêt sera limité pour les paralysés médullaires. En revanche, s'ils sont trop difficiles, ces patients se sentiront dépassés et frustrés.

Actuellement, les robots thérapeutiques comme le Lokomat ne sont utilisés que dans les cliniques. L'usage à domicile de ces robots n'est toutefois pas exclu dans un avenir proche. Assistés par un auxiliaire, les patients continueraient à s'entraîner dans leur environnement habituel.

Une aide pour les cas particulièrement graves

À la suite d'un accident ou d'une maladie, certaines personnes se retrouvent limitées au point de ne plus pouvoir bouger ni jambes ni bras et d'être à peine capables d'effectuer des petits mouvements avec la tête. Ces cas graves bénéficient aujourd'hui d'une assistance technique: au Centre suisse des paraplégiques de Nottwil, ces patients s'exercent à déplacer un curseur sur un écran d'ordinateur à l'aide d'une caméra à infrarouges spéciale. Cette caméra particulière enregistre les mouvements de la tête et les transforme en commande pour l'ordinateur. Les patients qui ont appris à déplacer le curseur de cette manière peuvent à nouveau rédiger des textes.

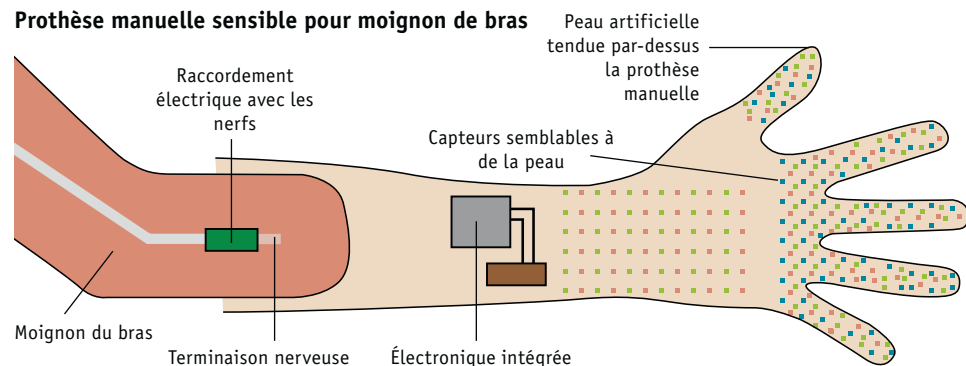
D'autres centres vont encore plus loin en testant ce que l'on appelle des interfaces cerveau-ordinateur. Des électrodes qui enregistrent l'activité du cerveau sont placées sur la tête. Les ondes cérébrales sont transformées en un signal qui commande le curseur sur l'écran. Grâce à ces solutions, les patients atteints du syndrome d'enfermement par exemple peuvent à nouveau communiquer avec leur entourage. Ces personnes sont conscientes, mais totalement incapables de se faire comprendre en raison d'un déficit moteur qui les empêche de parler et de bouger la tête.



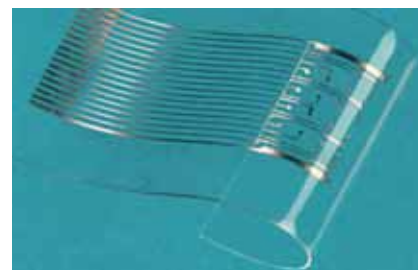
Un robot capable de se transformer

Ce qui ressemble à première vue à un origami plié habilement est en fait un robot high tech. C'est le groupe formé autour de Jamie Paik, professeur au Reconfigurable Robotics Lab de l'EPFL, qui l'a développé. Principale caractéristique de ce robot: il peut prendre n'importe quelle forme de manière indépendante. Ces robots souples, également appelés robogamis, pourraient exercer des fonctions utiles dans de nombreux domaines, explique Jamie Paik, convaincue. Dans un bloc opératoire par exemple: les robots de chirurgie modernes utilisés pour les interventions dans l'abdomen sont de véritables monstres. En effet, seul un système de commande élaboré permet de placer correctement les instruments chirurgicaux. Si les robots étaient capables de changer de forme tout seuls, la taille des appareils pourrait être réduite, ce qui permettrait aux médecins d'avoir une meilleure vue d'ensemble de l'intervention.

Prothèse manuelle sensible pour moignon de bras



Ce robot transformable change de forme.



La forme de ce composant électronique peut être modifiée à volonté.

L'électronique tout en souplesse

Raccorder directement le corps humain à un appareil électronique, voilà qui serait pratique pour de nombreuses applications médicales. Grâce à de nouveaux matériaux capables de se déformer facilement et fonctionnant comme l'électronique traditionnelle, ce défi pourrait bien être relevé.

Quand des ingénieurs conçoivent des nouveaux composants électroniques, ils tentent généralement de mettre au point des éléments plus rapides, plus petits ou moins chers. Stéphanie Lacour poursuit, elle, un autre objectif: ce professeur de neuroprothétique à l'EPF de Lausanne souhaite réaliser des composants électroniques souples et élastiques. «Les autres appareils électroniques, de l'ordinateur au petit capteur, ont un grand inconvénient: ils sont fabriqués dans une matière rigide indéformable», explique-t-elle.

La scientifique cherche à combiner, avec son équipe, des matériaux courants tels que le silicium, qui sont utilisés pour les composants électroniques, avec des plastiques souples pour former une unité complète. «Ce que nous visons, c'est la flexibilité fonctionnelle», déclare la chercheuse. «Des matériaux qui s'adaptent à toutes les formes tout en fonctionnant comme des com-

posants électroniques classiques.» L'EPFL n'est pas la seule à se pencher sur ces nouvelles combinaisons. Ainsi, par exemple, d'importantes sociétés d'informatique tentent de développer des appareils à la taille et à la forme modifiables. On pourrait ainsi étirer un simple smartphone pour le faire ressembler à une tablette, puis l'enrouler tout simplement.

Peau sensible pour les prothèses

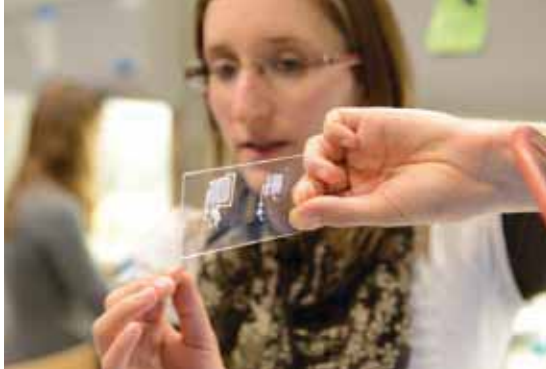
Stéphanie Lacour se concentre, elle, sur les applications médicales. Elle travaille sur un type de peau artificielle qui s'adapte parfaitement à la forme du corps humain. Pour y arriver, elle place sur un matériau de base souple des capteurs reliés entre eux électriquement. Grâce à de tels matériaux, on pourrait fabriquer des prothèses manuelles qui permettraient à ceux qui les portent de retrouver la sensation du toucher. «Les patients se rendraient compte de la température ou de la

consistance de l'objet qu'ils ont saisi avec leur prothèse. Voilà qui leur faciliterait grandement la vie au quotidien.»

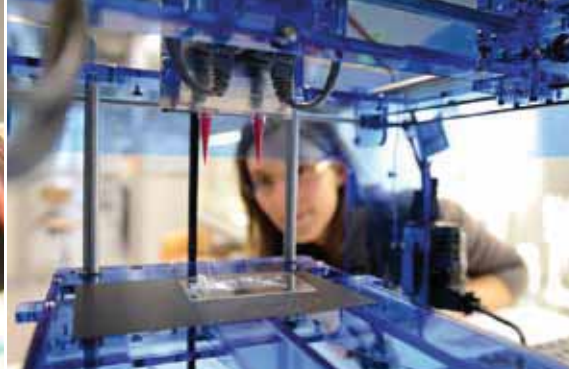
Des composants électroniques flexibles permettraient aussi de raccorder des appareils électroniques au système nerveux humain. Le tissu nerveux du cerveau ou de la moelle épinière est très souple. On ne peut pas y placer des électrodes métalliques dures et rigides. Les matériaux souples et flexibles, comme ceux que Stéphanie Lacour conçoit, s'adaptent parfaitement à la forme du tissu nerveux et transmettent mieux les signaux des cellules nerveuses. Mais il reste encore un important travail de fond à accomplir, explique Lacour. «Nous devons apprendre à coordonner de manière totalement nouvelle des matériaux classiques afin d'obtenir des composants qui se combinent de façon optimale avec le corps humain.»

Autre application selon Jamie Paik: les pansements. A certains endroits du corps, il est important de couvrir les plaies avec un pansement qui ne bouge pas. Grâce à un composant déformable, le pansement pourrait s'adapter en permanence aux mouvements du patient et protéger la plaie de façon optimale.

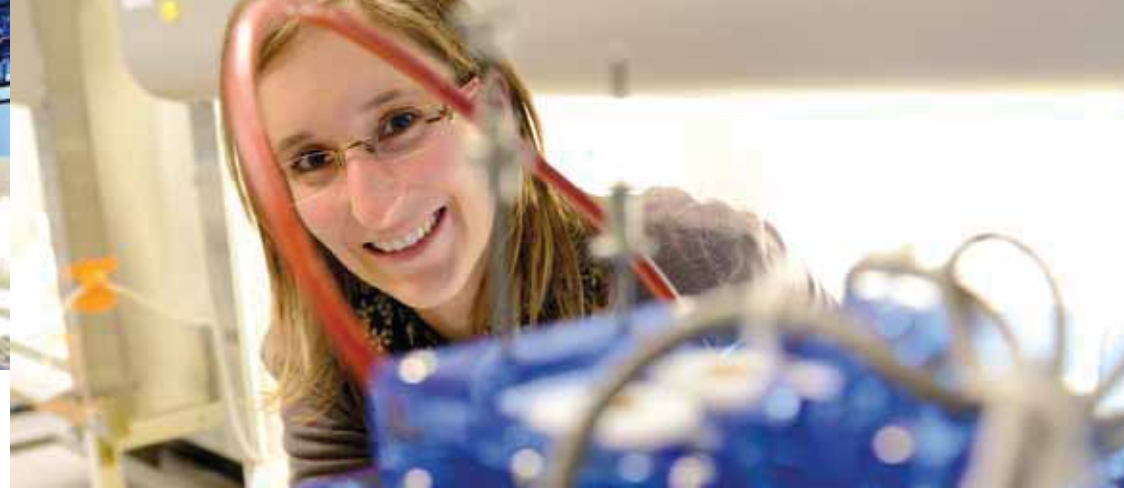
Pour mettre au point ces robots capables de se déformer, Jamie Paik doit aborder des terrains inconnus dans différents domaines. Ainsi, la chercheuse a besoin de nouveaux moteurs pour faire bouger séparément les petits triangles dont sont composés les robots déformables. Autre défi: l'alimentation électrique. «Pour l'instant, nous utilisons des petites piles», explique Jamie Paik. «Mais à long terme, nous allons devoir trouver de nouvelles solutions. L'idéal serait de pouvoir alimenter les appareils en électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable.»



Silke Wüst examine une nouvelle impression en 3D.



La chercheuse a adapté elle-même l'imprimante 3D pour pouvoir imprimer des biomatériaux.



La collaboration avec des biologistes, pharmaciens et experts de la motricité et des matériaux est incroyablement passionnante, selon l'ingénieure des procédés.

Imprimer des os

L'impression en 3D permet de nos jours de fabriquer presque tout: une doctorante de l'ETH développe de nouveaux procédés pour l'«impression osseuse» en trois dimensions.

Le poste de travail de Silke Wüst sur le campus Höggerberg ressemble à un laboratoire de biologie: des chapelles à essais bien ventilées abritent des microscopes, seringues, micropipettes et boîtes de Pétri contenant des cultures cellulaires. Voilà qui est inhabituel pour un ingénieur des procédés, pourtant il s'agit du thème de son doctorat: à l'institut de biomécanique de l'ETH Zurich, Silke développe des procédés destinés à l'impression tridimensionnelle de biomatériaux.

Os de laboratoire au lieu de prothèses

L'imprimante 3D n'en est qu'à ses débuts et pourtant, elle commence à modifier de manière durable notre mode de production – même en médecine. Ces nouvelles imprimantes permettront d'«imprimer» rapidement et à un coût avantageux des prothèses parfaitement adaptées aux patients. Des groupes de recherche actifs aux quatre coins du monde vont même plus loin en combinant le «Tissue Engineering», autrement dit la culture de tissu humain, aux possibilités de l'impression en 3D. Des os fragiles ou en mauvais état pourraient être remplacés par des os im-

prés et issus d'une culture et non plus par des prothèses artificielles. Jusqu'à présent, les chercheurs déposaient à l'aide d'une pipette des cellules souches, telles que des cellules osseuses par exemple, prélevées par voie chirurgicale, sur une structure poreuse tridimensionnelle en plastique. Les cellules se fixent sur cette structure. Lorsque les conditions sont idéales, elles se développent pour former un nouveau tissu osseux et donc un os minéralisé solide. Wüst souhaite simplifier ce procédé en «imprimant» la structure et les cellules humaines en même temps. L'avantage est de taille: «Nous pouvons ainsi placer les cellules avec beaucoup plus de précision aux endroits souhaités et mieux contrôler le développement de l'os», explique Wüst.

Pour ce faire, Wüst utilise l'imprimante 3D qui se trouve dans son laboratoire à côté des chapelles à essais. Une boîte en plexiglas bleue de la taille d'une machine à café, équipée de roues dentées et de courroies ainsi que de deux seringues qui peuvent être commandées en trois dimensions au millimètre près via un ordinateur.

Un hydrogel – une suspension à base d'eau, de sels et de cellules souches humaines – est imprimé. Étant donné que l'hydrogel développé par Wüst pour ses expériences a la consistance d'un pudding, avant de l'imprimer, il faut le réchauffer et le liquéfier. Wüst a donc transformé l'imprimante 3D et équipé les deux seringues d'un système de chauffage. Les seringues sont commandées par ordinateur et selon un schéma préprogrammé en suivant l'axe x, y et z. L'ordinateur commande les pistons des seringues et donc la quantité d'hydrogel injectée à un endroit précis. L'imprimante 3D est donc capable grâce à l'hydrogel de créer une forme tridimensionnelle couche après couche.

À la recherche du procédé d'impression parfait

Les conditions à respecter sont nombreuses: le gel ne peut pas être chauffé à plus de 42°C car les cellules risquent de mourir. En même temps, la viscosité doit être parfaite pour éviter que la tête des seringues d'une largeur de 300 micromètres ne se bouche pendant l'impression. L'hydrogel doit se solidifier immédiatement après avoir quitté la seringue chauffée sinon la forme souhaitée risque de se liquéfier. Mais le gel ne doit pas sécher entièrement non plus. Après l'impression, la production de cellules souches doit être stimulée dans la

structure osseuse imprimée, à l'intérieur d'un incubateur et dans des conditions de température et ambiantes idéales et ce, pendant plusieurs jours ou mois. Étant donné que les deux seringues d'hydrogel peuvent chacune contenir des cellules souches différentes, Wüst peut également imprimer des tissus plus complexes à partir de cellules différentes, comme des canaux ramifiés avec ces cellules endothéliales, capables, dans des conditions idéales, de former un vaisseau sanguin souple. Chose quasiment impossible à réaliser avec le procédé classique. «Ma principale tâche consistait à trouver des moyens de relever tous ces défis techniques», explique Wüst. Pour ce faire, une bonne connaissance du processus d'impression en 3D, mais aussi des aspects biologiques de la cellule s'imposait. C'est pourquoi une collaboration s'est mise en place avec des ingénieurs, des biologistes, des pharmaciens ainsi que des experts en motricité et en matériaux. «Ce travail s'est révélé incroyablement passionnant.»

La prochaine étape nécessite le savoir-faire de biologistes. Ceux-ci devront trouver un moyen de stimuler au mieux les cellules osseuses imprimées pour favoriser la croissance et la formation du tissu osseux souhaité.



Ramun Schmid vérifie les impulsions de défibrillation d'un défibrillateur.



Les éléments électroniques d'un défibrillateur sont placés sur une platine de la machine de placement avant d'être soudés.



Programmer, simuler, évaluer, documenter - le traitement des signaux donne beaucoup de travail à l'ordinateur.



▲ Un défibrillateur externe automatique est mis en service.

Des algorithmes pour le bien-être des patients

Ramun Schmid est électronicien et a suivi une formation d'ingénieur électricien. Aujourd'hui, il programme le traitement des signaux d'appareils de mesure destinés à contrôler les patients. Son travail permet aux médecins de reconnaître rapidement les cas d'urgence.

A l'école, je préférais déjà les maths et la physique aux langues. L'apprentissage en électronique était pour moi une évidence, d'autant que les appareils électroniques m'avaient toujours fasciné. J'ai donc trouvé une place d'apprentissage chez Siemens à Zoug. Les deux dernières années m'ont particulièrement plu car j'ai pu travailler pour l'entreprise, mais aussi tester et mettre en service d'énormes appareils pour la domotique. Entre-temps, j'ai pris conscience d'une chose: la fonctionnalité principale de nombreux appareils ne réside pas dans le matériel, autrement dit dans l'appareil technique lui-même, mais bien dans le logiciel et donc la programmation du fonctionnement interne de l'appareil. Je ne m'étais jamais vraiment intéressé à l'informatique jusqu'alors. Pourtant, c'était clair: si je voulais évoluer professionnellement, je devais m'initier à la programmation.

Aller au fond des choses

Après une année passée chez Siemens en tant qu'électronicien, j'ai entrepris des études en

électrotechnique à la Haute école technique (HES) de Rapperswil. À l'époque, je ne savais pas vraiment ce qui m'attendait dans cette école. Les principes physiques et mathématiques ainsi que la programmation logicielle constituaient les points principaux de la formation. Je me suis rendu compte avec enthousiasme des possibilités offertes par la technique. L'éventail de spécialités était en effet très varié. Prenons l'exemple du téléphone portable: la fabrication, à partir d'un ensemble de pièces, d'un appareil avec lequel on peut téléphoner, naviguer sur Internet et prendre des photos, nécessite un savoir-faire en mathématiques, microélectronique et électronique haute fréquence, physique et informatique. Ces spécialités sont déjà très vastes en elles-mêmes. C'est pourquoi la collaboration de nombreuses personnes compétentes est indispensable au bon fonctionnement d'un appareil comme le téléphone portable. De telles réflexions ont aiguïé ma curiosité. J'ai donc décidé d'aller au fond des choses. J'ai complété mon bachelors de trois ans par un master de trois

semestres. Je me suis spécialisé dans un domaine spécifique: le traitement numérique des signaux.

Analyser les signaux cardiaques au moyen d'algorithmes intelligents

En fait, le traitement des signaux est quelque chose de très naturel. Les sens – comparables à des capteurs – permettent de détecter en permanence des signaux tels que des sons ou des stimuli visuels qui sont ensuite traités par le cerveau. Il en va de même avec le traitement numérique des signaux dans les appareils techniques. Ici, des capteurs sont combinés à un logiciel intelligent. Je travaille aujourd'hui dans ce domaine pour la société Schiller à Baar. Nous produisons des appareils destinés à l'enregistrement d'électrocardiogrammes (ECG). Ce système permet de mesurer les signaux électriques des fibres du muscle cardiaque. Je programme, au sein d'une équipe de trois personnes, le logiciel qui analyse ces signaux de mesure et filtre les signaux non pertinents. Le logiciel doit en outre contribuer à l'interprétation des signaux et communiquer au médecin des données de santé importantes via l'écran de l'électrocardiographe. Certains algorithmes

mathématiques nous permettent par exemple de «zoomer» de manière extrêmement précise dans l'enregistrement des signaux du battement cardiaque, ce qu'aucun œil humain ne pourrait faire. Nos algorithmes reconnaissent certains modèles utiles pour le médecin qui doit établir le diagnostic de maladies.

Un apprentissage loin d'être terminé

Ce qui me plaît beaucoup dans mon activité, c'est l'interaction entre l'homme et la technique. Dans la théorie, les modèles mathématiques nous fournissent des explications complètes. Mais dès que nos programmations sont confrontées à la réalité du quotidien hospitalier, souvent, les choses ne fonctionnent plus aussi bien. Même si je travaille depuis un an et demi avec cette équipe, j'ai l'impression que mes débuts datent d'hier. L'initiation à la technologie médicale prend en effet énormément de temps. Finalement, nous devons toujours garder à l'esprit non seulement la technique, mais aussi les patients. C'est sûr, il me reste encore beaucoup à apprendre.

AHA!

Grâce aux défibrillateurs,
tu peux toi aussi
sauver des vies!



Comment fonctionne un défibrillateur?

La plupart des décès sont dus à un arrêt cardiaque. Rien qu'en Suisse, jusqu'à 10 000 personnes sont concernées chaque année, soit environ 25 par jour. Bien que les personnes âgées soient plus touchées, des personnes jeunes et en bonne santé peuvent aussi s'écrouler et décéder subitement d'un arrêt cardiaque. Dans quatre cas sur cinq, l'arrêt cardiaque est provoqué par une fibrillation ventriculaire: le cœur bat de façon non coordonnée et n'a plus suffisamment de force pour faire circuler le sang dans le corps. Les premières cellules du cerveau meurent après seulement trois minutes. Après 10 à 12 minutes, les chances de survie ne sont plus que de 2 pour cent. Les premiers soins doivent donc être prodigués dans les plus brefs délais.

Seul le défibrillateur est capable d'arrêter la fibrillation ventriculaire. Une décharge électrique puissante est administrée via deux électrodes placées sur la poitrine. Celle-ci stimule la plupart des cellules du myocarde et stoppe la

fibrillation. Le cœur est «relancé» et peut à nouveau battre de façon régulière.

Autrefois, les défibrillateurs n'étaient utilisés que par des personnes formées. Aujourd'hui, les choses ont changé: des personnes non initiées peuvent se servir des défibrillateurs automatiques modernes. Le temps étant un facteur décisif en cas d'arrêt cardiaque, ces appareils sont souvent mis à disposition dans des endroits publics tels que les aéroports, les gares ou les centres commerciaux.

Les défibrillateurs automatiques expliquent aux sauveteurs étape après étape comment manipuler l'appareil. Dès que les électrodes sont placées sur la poitrine, l'appareil analyse le rythme cardiaque. Il détecte en quelques secondes la présence d'une fibrillation ventriculaire et indique si nécessaire au sauveteur la marche à suivre pour déclencher un choc électrique et donc stopper la fibrillation.

www.satw.ch/concours

Que sais-tu de la technique et de la santé?

Tissu osseux créé au moyen d'une imprimante 3D, aides à la marche robotisées, défibrillateurs simples d'utilisation: les nouvelles technologies sont mises au service de notre santé et nous remettent rapidement sur pied après un accident.

Gagne un pulsomètre!

Teste tes connaissances et remporte l'un des trois pulsomètres! Tu pourras contrôler ta fréquence cardiaque et adapter l'intensité de ton entraînement. Le concours dure jusqu'au 1^{er} décembre 2013. www.satw.ch/concours

Formation

L'ETH Zurich a lancé en 2011 la filière «Sciences de la santé et technologie» qui a rencontré un véritable succès et attiré 217 étudiants en 2012. Il s'agit de la filière la plus fréquentée à l'ETH Zurich après le génie mécanique et l'architecture. Les possibilités d'approfondissement sont les suivantes: sciences de la motricité et sport, technologies de la santé, neurosciences et sciences de la santé moléculaires.

www.ethz.ch/prospectives/programmes/hst/bachelor

L'EPFL propose la filière «Sciences et Technologies du Vivant». Elle se trouve à l'interface entre la biologie, la médecine et les sciences de l'ingénieur. Le cursus peut être approfondi par un master en bioingénierie, y compris en neurosciences. Les technologies médicales sont proposées en microtechnique.

<http://bachelor.epfl.ch/sciences-technologies-vivant>

Plusieurs **hautes écoles spécialisées (HES)** proposent une formation en sciences de la vie. www.orientation.ch > Formation > Toutes les formations en école > Life Sciences > «Recherche»

Impressum

SATW Technoscope 2/13, septembre 2013
www.satw.ch/technoscope

Concept et rédaction: Dr. Béatrice Miller
Collaborateurs rédactionnels: Dr. Felix Würsten, Samuel Schläfli
Photos: SATW/Franz Meier, Fotolia, Schiller AG, Fondation suisse pour paraplégiques, EPFL.
Photo de couverture: Samantha Paulsen et Silke Wüst, ETH Zurich, institut de biomécanique.

Abonnement gratuit et commandes

SATW, Gerbergasse 5, CH-8001 Zürich
E-Mail redaktion.technoscope@satw.ch
Tel +41 (0)44 226 50 11

Technoscope 3/13 à paraître en décembre 2013.

