



## TECHNOLOGIE MÉDICALE

Une technologie au service de l'Homme

## La technique aux soins intensifs

L'unité de soins intensifs accueille des patient.e.s dont le pronostic vital est engagé. Outre un personnel formé spécialement à cet effet, des appareils techniques sont également indispensables pour surveiller et soigner les patients. Le moniteur de contrôle joue un rôle central car il mesure en continu les signes vitaux ou les fonctions élémentaires du corps, notamment l'activité cardiaque au moyen d'électrodes et **d'ECG**, la saturation en oxygène du sang à l'aide d'un **oxymètre de pouls** avec capteur photoélectrique au doigt, et la capacité de pompage du cœur au moyen d'un brassard de tensiomètre. Lorsque les valeurs sont différentes de celles escomptées, les appareils émettent un signal d'alarme.

Pour compenser les fonctions d'organes altérés ou défailants, des procédures invasives sont parfois nécessaires, au cours desquelles un cathéter, généralement un tube mince et flexible, est introduit dans le corps. Les médicaments sont administrés via un cathéter veineux, une sonde urinaire mesure la production d'urine et vide la vessie, et le patient est alimen-

té par une sonde gastrique. Lorsqu'un.e patient.e a besoin d'une assistance respiratoire, de l'air enrichi en oxygène est insufflé via un tube respiratoire qui est inséré dans la trachée. Si la fonction respiratoire est fortement altérée, le sang est extrait du corps au moyen d'un **oxygénateur à membrane**, puis est enrichi en oxygène et débarrassé du dioxyde de carbone via une membrane artificielle avant d'être réinjecté dans le corps.

Une unité de soins intensifs mobilise davantage de personnel qu'un service normal afin d'assurer un contrôle et un suivi rigoureux des patients. L'unité de soins intensifs fait appel à des exigences particulières, à savoir des connaissances spécialisées et un savoir-faire requis pour utiliser les appareils. En Suisse, une formation continue de six ans est nécessaire pour obtenir le titre de **médecin spécialisé en soins intensifs**, tandis qu'une formation post-grade en haute école spécialisée d'au moins 2 ans est requise pour le personnel infirmier.





# Un avatar corrige la perception du corps

Désormais, la technique de la réalité virtuelle (RV) n'est plus l'apanage de l'industrie du divertissement. Elle est également utilisée dans différents domaines de la médecine et fait l'objet de travaux de recherche.

La RV peut aussi s'avérer un instrument utile pour planifier les opérations réelles et est d'ailleurs utilisée à ce titre à l'hôpital universitaire de Bâle. Par exemple, un modèle 3D du cerveau d'un patient permet au médecin d'explorer l'emplacement précis d'un anévrisme et de se préparer à l'opération. De plus, cela lui permet d'expliquer clairement l'intervention prévue au patient. Certes, l'image 3D n'est pas encore utilisée pendant l'opération, mais juste après celle-ci, une angiographie réalisée sur la table d'opération permet de capturer le résultat de l'intervention en 3D pour l'évaluer.

En réadaptation neurologique, la RV pourrait aussi apporter un complément utile aux physiothérapies conventionnelles. La société suisse MindMaze, par exemple, propose des thérapies numériques dans lesquelles le patient doit effectuer certains mouvements pour contrôler un jeu. L'objectif est d'encourager les capacités motrices et les fonctions cognitives. Jasmine Ho nous explique comment la RV peut aider la médecine.

## Jasmine Ho

Neuroscientifique à l'Institut de psychologie de l'université de Zurich, mène des recherches sur les applications de la réalité virtuelle (RV) dans les domaines de la thérapie de la douleur et de la plasticité du soi corporel.

**Technoscope:** En quoi la RV peut-elle être utile en neuropsychologie?

**Jasmine Ho:** La RV peut notamment servir au traitement des troubles de stress post-traumatique, des douleurs chroniques ou des phobies. Le patient est placé dans une situation donnée, puis confronté par exemple à sa peur du vide dans un environnement contrôlé. Cela est possible grâce à la RV qui suscite un fort sentiment de présence, le sentiment de se trouver à un endroit précis.



### Sur quoi portent vos recherches actuelles?

J'étudie les effets de la RV sur les douleurs chroniques. Ces dernières sont liées à une perception déformée de l'image corporelle. Par exemple, un patient peut avoir l'impression que son bras douloureux est gros et enflé alors qu'il n'en est rien. Un avatar peut contrecarrer cette image déformée. À travers un casque de réalité virtuelle, le patient voit un corps que son cerveau interprète comme étant le sien. Le fait que cet avatar ait un bras de plus petite taille ou transparent peut alors réduire la sensation de douleur.

### Comment cela fonctionne-t-il du point de vue technique?

Le patient porte un tracker au poignet. Les stations de base dans la pièce enregistrent les mouvements de sa main, puis le mouvement du bras entier est reproduit avec une cinématique inverse. L'avatar effectue simultanément le même mouvement que le corps réel, ce que le patient perçoit via le casque de réalité virtuelle.

### Avez-vous besoin de connaissances en programmation pour effectuer vos recherches?

Il sera certainement utile, pour les futurs neuroscientifiques et les futurs psychologues, mais aussi dans les autres domaines de recherche, d'avoir au moins des connaissances de base sur le fonctionnement



de la programmation. Pour les tests que j'effectue avec les patients, je programme les éléments de base de la RV, comme la pièce, le squelette et l'avatar. La programmation plus avancée de la cinématique est réalisée par un programmeur.

## «La RV est un complément aux thérapies traditionnelles.»

### À quel point la technologie est-elle avancée?

En neurosciences, la RV en est encore au stade de recherche. Il y a encore des problèmes techniques, comme les mises à jour logicielles qui paralysent une partie du code, et des problèmes de tracking. Le potentiel de développement est toutefois élevé pour les avatars et le body tracking. C'est sans nul doute un domaine passionnant pour les futurs programmeurs.



Dans une autre étude, Jasmine Ho analyse les effets de la RV sur les personnes souffrant de dysphorie de l'intégrité corporelle (BID), qui perçoivent un de leurs membres comme étranger et indésirable. Ces patient.e.s reçoivent un avatar dépourvu du membre «dérangeant» (ici, une jambe) tandis que leur activité cérébrale est analysée.



Dans la vidéo, on peut découvrir un patient atteint de BID participant à l'étude de Jasmine Ho. [bit.ly/bid\\_base](https://bit.ly/bid_base)



### Quels sont les avantages et inconvénients par rapport aux traitements conventionnels?

La RV est moins invasive que les analgésiques et présente peu d'effets secondaires (vertige ou nausée). Mais une analyse plus poussée est nécessaire pour évaluer s'il existe par exemple un risque d'accroître le désir d'amputation chez les patient.e.s atteints de BID

ou d'exacerber la douleur chez les patients souffrant de douleurs. Pour ce qui est de la crise des opioïdes aux États-Unis, la RV peut notamment aider à réduire leur consommation. La RV présente certainement un grand potentiel, mais elle ne résoudra pas tous les problèmes. Je ne pense pas que la RV remplacera les thérapies conventionnelles, elle va plutôt les compléter.



Vidéo sur l'hôpital universitaire de Bâle [bit.ly/vr\\_medicine](https://bit.ly/vr_medicine)

Vidéo sur la formation en chirurgie virtuelle et la recherche sur la réalité augmentée pendant l'opération [bit.ly/vr\\_chirurgie](https://bit.ly/vr_chirurgie)

MindMaze  
[www.mindmaze.com](https://www.mindmaze.com)



# UNE TECHNOLOGIE au service de l'Homme

Tôt le matin. Le soleil scintille déjà sur la neige fraîche quand Nico et son ami se précipitent hors de la télécabine.



Ils sautent sur leur planche et s'élancent à travers la piste balisée jusqu'à la lisière de la forêt. La neige y est encore profonde et sans traces. Ils s'éclatent dans la poudreuse pendant la moitié de la matinée. «Je vais faire une petite pause maintenant», dit l'ami dans la télécabine vers midi. «À toute» répond Nico, qui continue seul.

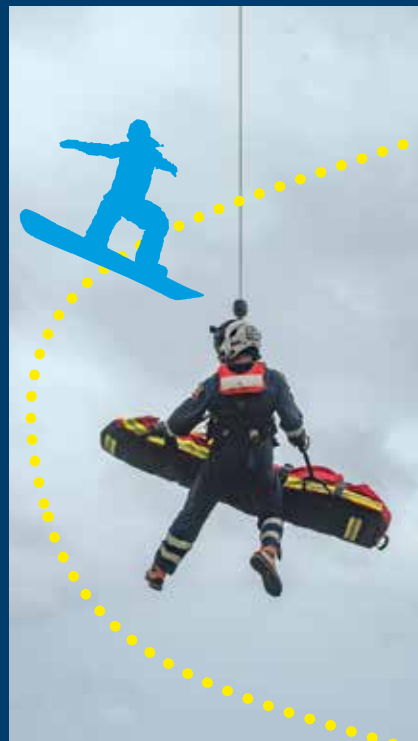
# AARGHH!



Il ignore tout simplement qu'il a faim et que le ciel se couvre. Il se rend compte trop tard que la visibilité pourrait être meilleure: il juge mal les distances, loupe son saut et tombe. Il tourne de l'œil.



Un freerider, seul, gravement blessé, inconscient dans la neige: si l'histoire se termine bien, c'est grâce à l'application que Nico a installée sur son smartphone pour faire plaisir à ses parents: Uepaa est une appli qui peut alerter les services de secours aérien même dans une zone hors réseau en localisant tous les portables à proximité et en les connectant entre eux. Et elle le fait de sa propre initiative si la victime ne peut pas appeler à l'aide elle-même: elle tente d'abord d'alerter les personnes se trouvant à proximité immédiate. Si personne ne répond, elle contacte directement le centre d'appel d'urgence. Cette fonction est appelée «alarme homme mort».



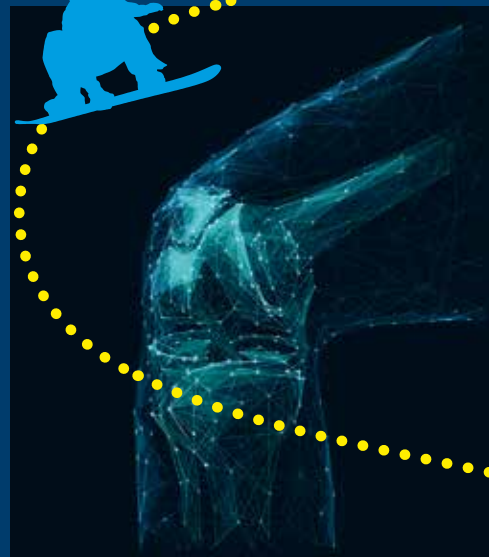
Entre-temps, il a commencé à neiger. Le brouillard s'épaissit. Grâce à la procédure d'approche aux instruments (IFR), qui transmet directement au cockpit des données météorologiques actualisées, l'hélicoptère de sauvetage peut décoller malgré tout. En outre, un système de vision synthétique avertit le pilote des dangers et obstacles éventuels, même dans des conditions de mauvaise visibilité. Pour secourir Nico, les sauveteurs doivent utiliser un treuil, une procédure habituelle quand l'hélicoptère ne peut pas se poser près de la victime.



Dans l'hélicoptère, le jeune homme inconscient est placé sur une civière. Grâce au châssis replié sous la civière, il ne sera pas nécessaire de le déplacer sur une autre civière à son arrivée à l'hôpital.

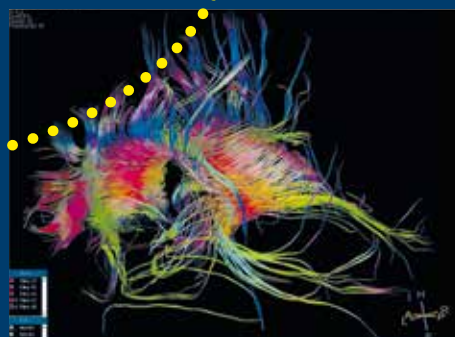


Plus important encore, les urgentistes pourront faire rouler la civière confortablement de l'héliport à la salle d'opération. Le médecin urgentiste s'en félicite particulièrement en effet, il craint que Nico ne soit blessé à la colonne vertébrale et veut lui épargner autant que possible les chocs inutiles pendant le transport.



Quelques jours plus tard, Nico tient dans sa main l'image de son genou. Il est encore un peu sonné dans son lit d'hôpital mais il fait de son mieux pour respecter ce que dit le médecin-chef. L'homme en blouse blanche utilise le modèle 3D pour lui expliquer ce qui est arrivé à son genou et pourquoi cela va prendre du temps pour qu'il soit à nouveau pleinement fonctionnel. «Mais tu as de la chance», dit-il, «la semaine prochaine, tu peux tester le Lokomat.»

En attendant, il fait nuit. Nico, déjà sous anesthésie générale, est en salle d'opération. Ses parents sont assis dans la salle d'attente. Depuis qu'ils ont pu parler au médecin-chef, ils sont moins inquiets. La lésion de la moelle épinière est minime et devrait tout au plus provoquer une paralysie temporaire. C'est la blessure au genou de Nico qui inquiète les médecins: l'articulation est quasi brisée et devra être remplacée par une prothèse.



Mais ils restent confiants. À l'aide d'une visualisation en 3D, ils ont simulé pas à pas l'opération très compliquée sur un modèle informatique tridimensionnel à l'écran et ont calculé la forme exacte de la prothèse requise. Pour ce faire, l'ordinateur est alimenté en données d'images, par exemple à partir de radiographies ou d'images IRM. Les modèles ainsi calculés peuvent également être importés dans une imprimante 3D et imprimés.



# Une médecine personnalisée

Dans la médecine personnalisée (appelée aussi individualisée, stratifiée ou de précision), on identifie notamment les différences génétiques individuelles des patients qui servent ensuite à formuler des pronostics sur l'efficacité et la tolérance d'un médicament, ainsi qu'à choisir la thérapie appropriée.

La médecine de précision est déjà appliquée dans les services d'oncologie. Pour le cancer avancé du côlon, par exemple, on sait que certaines substances actives ne peuvent agir que si un certain gène (KRAS) ne présente pas de mutation dans la tumeur. Un test génétique permet donc de savoir si le patient est dans ce cas. Si le gène n'a pas muté (et cela concerne 40 % des patients), le patient devra alors suivre un autre traitement.

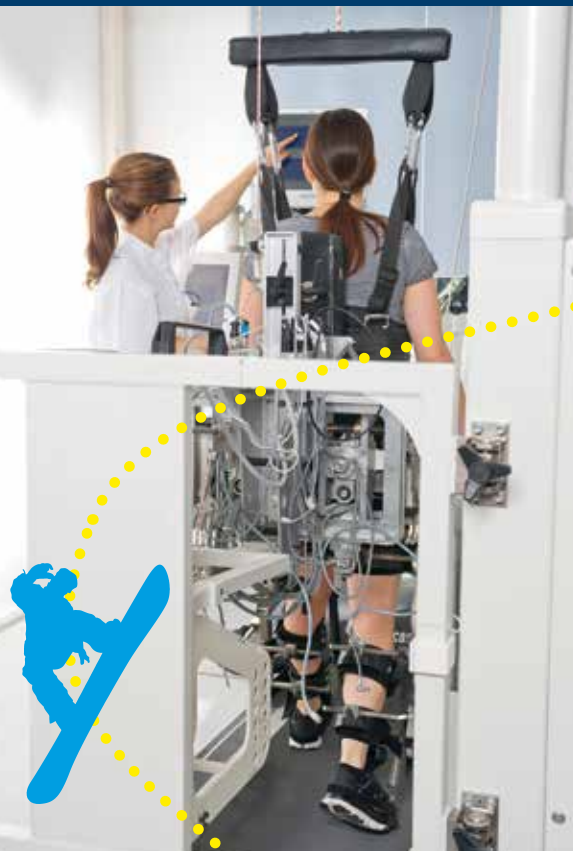
Pour le SIDA, le choix de la thérapie est également déterminé par le résultat d'un test génétique. Avant le début de la thérapie, on détermine si le patient est porteur d'une variante spécifique d'un gène (HLA-B\*5701). Si tel est le cas, le patient ne peut pas recevoir une certaine préparation combinée, car le risque d'effets secondaires graves pour celui-ci est trop important.

De telles découvertes sont possibles grâce aux énormes progrès du séquençage de l'ADN, de l'analyse des Big Data et du cloud computing. Le «Next Generation Sequencing», par exemple, permet de séquencer simultanément des milliards de gènes. Les variantes génétiques identifiées par rapport à une séquence de référence sont ensuite analysées à l'aide d'immenses bases de données et de logiciels prédictifs afin de déterminer leur impact potentiel sur la maladie ou la thérapie.

<sup>1</sup>les «proteomics», «metabolomics» et «wearables» font également partie de la médecine personnalisée



Alors qu'un infirmier le pousse dans les couloirs en fauteuil roulant, Nico se jure que personne ne va remarquer à quel point il redoute de devoir réapprendre à marcher.



Peu de temps après, il est suspendu au-dessus d'un tapis roulant et fixé par des sangles. Ses hanches, ses genoux et ses pieds sont coincés dans un dispositif dans lequel bourdonnent des moteurs électriques. Pendant une demi-heure, ce robot marcheur donne le rythme, en plaçant un de ses pieds devant l'autre avec juste la bonne quantité d'appui et au bon tempo. Cela permet de réactiver et d'entraîner les schémas de mouvement que le corps a perdu à cause de l'accident. Après la séance d'entraînement, Nico est épuisé mais confiant: «on va y arriver», a dit l'infirmier. Et Nico sait qu'il a raison.

## Au service de la santé

La technologie médicale est une technologie pour l'Homme. À l'interface des sciences de l'ingénieur et de la médecine, elle permet de prévenir ou de détecter à temps les maladies (diagnostic), de les guérir ou de les soulager (thérapie). Et elle aide les malades à se rétablir (réhabilitation). En termes d'innovation high tech, la technologie médicale est à l'avant-garde (voir Wow!): techniques d'imagerie, implants imprimés en 3D, robots médicaux, prothèses intelligentes...



**Je suis fascinée par l'évolution de la médecine et je prépare mon travail de maturité sur ce thème. Les progrès techniques surtout me passionnent et j'aimerais trouver un métier qui répondent à mes intérêts.** Gervaise, 18 ans.

Bonjour Gervaise,

La trousse d'urgence, avec ses outils diagnostiques, ses médicaments et son matériel de soins, s'enrichit continuellement de nombreux dispositifs qui contribuent à la santé humaine: la radiologie médicale aide au diagnostic, les automates d'analyses biomédicales sélectionnent des antibiotiques efficaces, les prothèses permettent de compléter à une fonction déficiente ou de remplacer un membre ou un organe... L'histoire des dispositifs médicaux est longue, des lunettes aux masques chirurgicaux, en passant par les implants dentaires! Aujourd'hui, avec l'informatique et la réalité virtuelle, de nouveaux dispositifs ont fait leur entrée dans le domaine de la psychologie et des neurosciences. Les médecins, comme d'autres professionnels de la santé, utilisent toutes sortes d'instruments et appareils médicaux. Leur conception, comme leur mise au point, est le fruit d'une collaboration avec les ingénier-e-s.

### Inventer et fabriquer des instruments

L'objectif du travail des ingénier-e-s est de faciliter la vie. Par leurs connaissances pointues

en sciences des matériaux, en mécanique, en microtechnique, en informatique, en chimie ou en électricité, les sciences de l'ingénierie contribuent à créer des dispositifs de plus en plus perfectionnés, dans tous les domaines. Dans le domaine médical, les sciences de la vie offrent une formation pointue et interdisciplinaire, avec une mineure en technologie médicale et plusieurs spécialisations au niveau master (biomécanique, biologie computationnelle, neurosciences, etc.).



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

### Utiliser les dispositifs médicaux

Des orthoptistes aux technicien-ne-s en analyses biomédicales, des médecins du sport aux cardiologues ou aux médecins orthopédistes, en passant par les technicien-ne-s en radiologie ou les ergothérapeutes, les professionnels de la santé recourant au quotidien à des dispositifs médicaux sont légion. Les technicien-ne-s en dispositifs médicaux sont des spécialistes de leur disponibilité et de leur entretien en milieu hospitalier.

## Liens

Professions médico-techniques à retrouver sur [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch)  
Filières biomédicales sur [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch)

EPFL, master en sciences de la vie:  
<https://www.epfl.ch/schools/sv/education/master-in-life-sciences-engineering/>

Un talent pour le travail de précision, le bricolage, l'inventivité. C'est ce qui fait de la Suisse le pays des horlogers, non? Pas seulement: l'industrie horlogère comptait environ 58'000 employés en 2019. L'industrie suisse de la technologie médicale en compte **63'000**.

**La densité d'entreprises de technologies médicales est unique en Suisse. Dans aucun autre pays du monde, la technologie médicale ne contribue autant au produit intérieur brut.**

Cela en fait également un champion de l'innovation: **par million d'habitants, la Suisse a déposé le plus grand nombre de brevets en Europe en 2018.**

Sur le plan international, la Suisse est le leader dans le domaine **des prothèses auditives, des systèmes d'injection et de l'orthopédie** (articulations artificielles, vis et plaques).

Mais la concurrence est forte: aucun autre domaine technologique en Europe n'est plus innovant. En 2018, **13'795 brevets** ont été déposés dans le domaine des **technologies médicales**: de plus en plus dans le domaine du traitement de données intelligent et de l'intelligence artificielle.

**La photo de couverture montre des fibres nerveuses colorées différemment en fonction de leur orientation. Cette nouvelle technique d'IRM représente les connexions entre les parties du cerveau. Elle a été mise au point par des chercheurs de l'Institut de technologie biomédicale (UBT) de l'ETH Zurich et de l'Université de Zurich.**

### Impressum

SATW Technoscope 02/21 | Avril 2021 | [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)  
Concept et rédaction: Ester Elices | Collaboration rédactionnelle: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis | Graphisme: Andy Braun | Photos: Adobe Stock | Rega | Institut de technologie biomédicale, ETH Zurich et Université de Zurich | Clinique universitaire Balgrist | Jasmine Ho | Photo de couverture: Adobe Stock | Traduction: Ars Linguae | Impression: Egger AG

### Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zürich | [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11  
Technoscope 2/21 paraîtra en septembre 2021 sur le thème de l'«Architecture»

**satw** it's all about technology

Tu as des questions ou des suggestions pour l'équipe de Technoscope? Alors n'hésite pas à nous les envoyer! [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch)