

## La technique au service de l'Homme

Ou quand les muscles sont artificiels, les caméras s'avalent et les robots opèrent

**Imaginez une panne de courant à l'hôpital. Une foule d'appareils cesseraient de fonctionner, de la machine cœur-poumon aux respirateurs artificiels, en passant par les appareils permettant de surveiller les patients pendant une opération. Mais pas de panique! Les hôpitaux ont tout prévu et disposent de sources de courant alternatives.**

«La médecine ne devrait pas seulement donner des années à la vie, mais aussi de la vie aux années.»

**Georg Christoph Lichtenberg (1742–1799), physicien**

### Professions techniques

Ingénieure sur machines  
Ingénieur-électricien  
Informaticienne  
Spécialiste des matériaux  
Mécatronicienne  
Physicien  
Ingénieure-chimiste  
Electronicien

### Professions technico-médicale

Physicienne médicale  
Technicien médical  
Orthoptiste  
Technicien en salle d'opération (TSOA)  
Audioprothésiste

### Professions médicales et paramédicales

Médecin  
Infirmiers  
Physiothérapeute  
Ergothérapeute  
Ambulancières

Il est désormais possible de réaliser des images montrant comment travaillent les différentes cellules de notre cerveau. Peut-être y'a-t-il dans votre album de photos une image d'écographie prise bien avant votre naissance? Et la plupart d'entre-vous ont déjà fait des radiographies chez le médecin. Tout ça, c'est de la technique médicale!

La technique médicale sauve des vies, facilite le travail des médecins et du personnel soignant, permet des diagnostics précis et aide les personnes malades ou handicapées à vivre de manière aussi indépendante que possible.

Dans ce secteur, la recherche est particulièrement active. Les équipes de scientifiques sont souvent constituées de spécialistes extrêmement bien formés, qui chacun mettent leur savoir particulier au service d'un projet spécifique.

Ambulances et hélicoptères de sauvetage sont équipés d'appareils techniques. Des progrès fascinants ont été réalisés en matière de prothèses et la recherche se penche déjà avec succès sur les muscles artificiels. Des appareils techniques permettent d'examiner le corps.



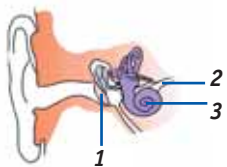
Un robot au service de la médecine: le chirurgien assis à gauche effectue l'opération. Celle-ci peut être suivie sur l'écran en haut à droite.

Il vous suffit de vous imaginer travailler pour un tel projet pour vous rendre compte à quel point ce travail est passionnant et intéressant. Travailler à guérir les personnes malades, pour leur faciliter ou leur prolonger la vie, donne assurément un sens à son existence.

### Dans cette édition

- Prothèses auditives
- Tomographie à émission de positrons
- Robots chirurgiens
- Construis-toi un cœur
- Rayons x
- Pantalons refroidissants

# Qualité de vie grâce à des appareils auditifs



- 1) le tympan
- 2) le nerf optique
- 3) la cochlée

*L'ouïe, perception du son, est l'un des cinq sens, qui nous permettent de percevoir notre environnement. Le son provoque une vibration des molécules de l'air qui se propage dans toutes les directions. Cette vibration peut parvenir à nos oreilles, jusqu'à la cochlée (voir dessin), où de petits cils, les cellules ciliaires, absorbent les vibrations et les transforment en signaux électriques. Ces signaux sont transmis au cerveau, qui les interprète et décide ce qu'il faut en faire. Par exemple : prendre du temps pour écouter sa musique préférée.*



- (a) Appareil auditif, «derrière l'oreille».
  - (b) Appareil auditif «dans l'oreille».
  - (c) Emetteur FM Smart-Link SX™, et récepteur.
  - (d) appareil spécial pour les écoles, EduLink S™.
- Images mises à disposition par Phonak

L'intensité du son doit être suffisante pour qu'il soit perçu (seuil d'audition), mais pas trop élevée, pour éviter des dégâts et/ou une sensation de douleur (seuil de douleur). L'espace entre les deux seuils est appelé domaine d'audition. Ce domaine varie suivant que le son est grave ou aigu. Le diagramme montre avec un exemple (ligne bleue), que pour les malentendants, la courbe du seuil d'audition est plus élevée, et celle du seuil de douleur est plus basse que pour une personne normale (ligne rouge). Le domaine d'audition est réduit. Il ne suffit donc pas d'augmenter l'intensité de tous les sons pour les malentendants, mais il est important d'adapter l'amplification en fonction des différentes fréquences.

Une perte auditive est due à un défaut de la cochlée ou des nerfs auditifs. Les causes peuvent en être une maladie, un accident, certains concerts, discos, des niveaux sonores trop élevés, pendant trop longtemps, lors de l'écoute de disques, MP3 ou autres, ou encore le bruit de machines en l'absence de protection auditive.

Il s'en suit une destruction des cellules ciliaires de la cochlée. Dans un tel cas, seul un appareil auditif peut aider les malentendants (image a et b). L'appareil auditif a la tâche difficile d'amplifier sélectivement les sons graves et aigus suivant le domaine auditif de la personne atteinte. Grâce aux nouvelles

technologies, il est possible de construire des appareils toujours plus petits, permettant également de filtrer efficacement les bruits de fond. Dans certains cas, particulièrement intéressants pour les salles de classe, les restaurants ainsi que pour téléphoner, un système de communication à distance par modulation de fréquence (FM) est utilisé (image c). La prise de son est faite par un microphone extérieur et d) puis le son est transmis sans fils à un récepteur placé dans l'oreille de l'utilisateur (image c et d). Ce système est aussi utilisé pour aider les enfants atteints de troubles de l'attention, à se concentrer sur la parole du professeur.

Bien que les appareils auditifs actuels offrent une qualité d'audition dont on n'aurait pas osé rêver il y a à peine 10 ans, on travaille encore à l'amélioration de la qualité de la prise de son, des batteries, ainsi qu'à la miniaturisation des appareils.

Quelques liens à propos de l'audition

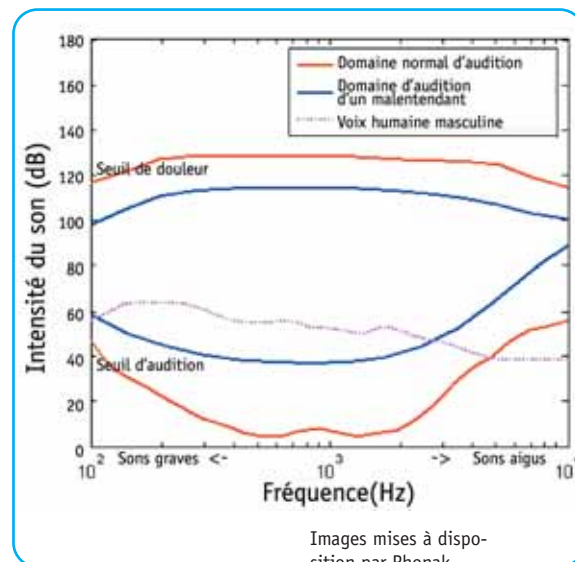
Simulation oreille interne, université de Montpellier:

[www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition](http://www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition)

Tests auditifs: [www.testauditif.com](http://www.testauditif.com)

musique oui, tinnitus non: [www.suva.ch](http://www.suva.ch) -> Suvaliv -> Campagnes -> Musique oui, tinnitus non

D'après un texte de Sara Grassi, Institut de microtechnique UniNE, et Giuseppina Biundo Lotto, Phonak Communications AG, Morat.



# Comment suivre l'activité des cellules ?

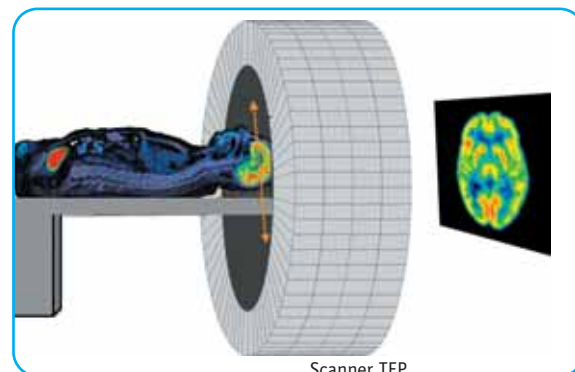
## La tomographie par émission de positrons (TEP)

*Comment montrer ce qui se passe dans le corps, et pas seulement ce qui s'y trouve comme pour les radios (rayons X) ou l'imagerie à résonance magnétique nucléaire (MRI) ? La Tomographie à émission de positrons rend visible l'activité des cellules dans le corps. Elle montre l'endroit où les cellules sont actives.*

Tout comme les voitures ont besoin d'essence, nos cellules ont besoin de sucre pour fonctionner. Le principe de la TEP est d'envoyer une sorte d'espion dans le corps. Pour cela on prend une molécule de sucre à laquelle on a remplacé un morceau par un autre radioactif. (voir encadré), Cette molécule de sucre est prête à remplir son rôle d'espion. On dit qu'elle est marquée. La molécule pourra pénétrer dans la dans la

### Radioactivité

On nomme radioactivité ou désintégration nucléaire la propriété de certains noyaux atomiques instables de se désintégrer spontanément en libérant de l'énergie. Cette énergie peut être libérée sous forme de rayonnement corpusculaire.



Scanner TEP

cellule comme une molécule de sucre normale. Mais comme elle ne pourra pas être dégradée pour libérer son énergie, elle va rester piégée dans la cellule. Et plus la cellule est active plus les molécules marquées vont s'accumuler.

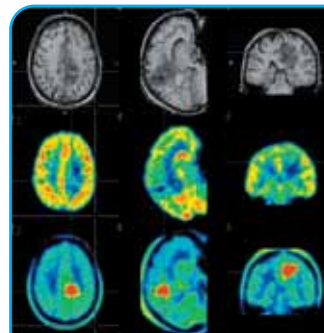
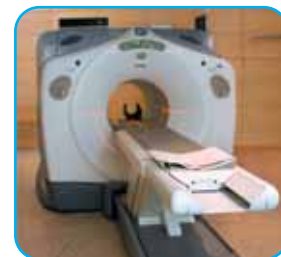
Le patient absorbe une toute petite quantité de ce sucre marqué. Il est ensuite placé dans un scanner TEP, où il est couché au centre d'une centaine d'anneaux détecteurs.

Les atomes radioactifs instables des molécules marquées se dégradent et émettent des positrons, électrons très singuliers puisqu'ils sont chargés positivement. Presqu'instantanément, les positrons entrent en collision avec un électron normal. Les deux particules symétriques s'anéantissent en produisant deux rayonnements gamma de sens opposé. Ces rayonnements arrivent en même temps sur les deux côtés opposés de l'anneau et seront captés. A partir de ces informations il est possible de reconstituer des images tridimensionnelles, des endroits où ces molécules marquées sont restées. Le médecin peut ainsi obtenir de précieuses informations sur les fonctions du corps humain et en détecter des maladies.

Cette méthode est particulièrement indiquée pour la détection de tumeurs cancéreuses, où les cellules sont particulièrement actives. D'autres molécules marquées peuvent aussi être utilisées d'après le même principe pour tester les centres d'activité du cerveau ou encore la circulation du sang dans certains endroits du corps.

Cette méthode créée grâce à la réunion des dernières connaissances en physique, chimie, biologie et informatique, présente un champ d'application extrêmement large. Nul doute qu'elle va se développer rapidement prendre une importance considérable dans le futur.

Images et informations de Dr. C. Burger Hôpital universitaire de Zürich.



Tomographie par résonance magnétique nucléaire MRI

TEP  
Marqueur : sucre

TEP  
Marqueurs : Acides aminés

Comparaison d'images du cerveau selon les différentes méthodes.



Mobilité du poignet du robot

## Opération comme par le chas d'une aiguille

### Robot Da Vinci

*On connaissait déjà les opérations ouvertes et les opérations non ouvertes, appelées laparoscopiques où le chirurgien travaille sans ouvrir, grâce à des instruments « plongés » dans le corps du patient, le robot « da Vinci » va plus loin en combinant les avantages des deux types d'opération, soit la liberté de mouvement de l'opération ouverte et l'approche d'invasion minimale des petites incisions.*

Vinci » nous épargne de longues semaines de convalescence, des cicatrices spectaculaires et beaucoup de douleurs post-opératoires.

Photos et informations: PD Dr. J. Grünenfelder, UniversitätsSpital Zürich



Robot placé au-dessus du patient, prêt pour l'opération

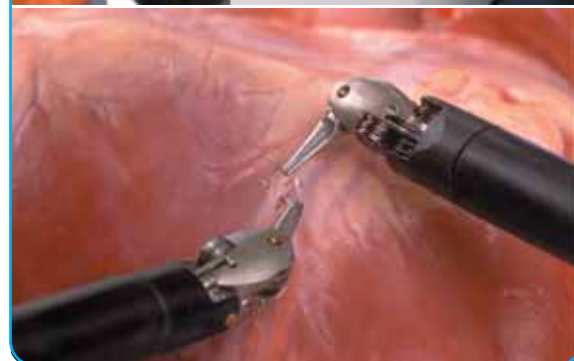
Après avoir enfilé les manches, le robot avec ses trois, quatre ou cinq bras est glissé au-dessus du patient. Le bras central porte la caméra qui fournit des images 3D fortement agrandies (jusqu'à 30 fois) du champ opératoire, les autres les instruments de chirurgie.

Contrairement aux opérations traditionnelles, le chirurgien ne travaille pas sur le patient, mais est assis à quelques mètres de là, aux commandes du robot, devant un écran les mains plongées dans une console permettant la manipulation des doigts du robot grâce à des capteurs. Le robot peut même filtrer les tremblements ou les crampes. Des commandes à pied permettent au chirurgien de régler la netteté des images. Le confort du praticien est bien sûr un avantage incontestable pour le patient !



L'extrême mobilité des doigts du robot dans toutes les directions même à travers de petites incisions, présente un progrès considérable par rapport à la mobilité restreinte de nos mains.

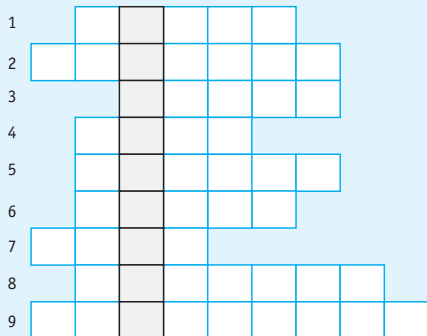
Cette technologie s'applique beaucoup en urologie, en gynécologie mais aussi en cardiologie. On cherche même à pouvoir opérer sur un cœur encore battant ! Ainsi « Da



# La page interactive

Teste tes connaissances, tes aptitudes et tes capacités!

## SMS & WIN!



### A gagner: 10 USB-Sticks

Offerts par Phonak  
(www.phonak.ch)

Envoie la solution par SMS au numéro 079 281 01 62  
Délai de participation: le 15 avril 2007

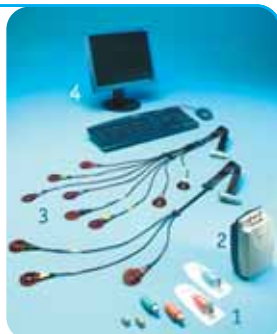
1. Il prend toujours plus de place dans la salle d'opération
2. Permet de sentir et de mesurer la température ou la pression.
3. L'ordinateur en a un, la télé aussi.
4. Le robot en a trois ou plus!
5. Certains s'appellent x
6. Ça a été longtemps considéré comme la plus petite partie indivisible de la matière.
7. La caméra le remplace parfois
8. On y est bien soigné.
9. Peuvent être suivies grâce à la TEP

### Gagnant du concours du Technoscope 3/06

Josef Gächter, 9473 Gams

### Une caméra à avaler

Imaginez-vous une minuscule caméra nageant dans votre intestin, comme un sous-marin dans un fleuve. Dès que vous avez avalé la caméra dans sa capsule, vous ne remarquerez rien de son passage dans l'estomac puis l'intestin et pourtant elle envoie deux images par seconde vers des capteurs collés sur votre ventre. Pendant les huit heures que dure l'examen, vous pourrez cependant vaquer à vos occupations habituelles. Ensuite seulement, les données seront transformées en images par l'ordinateur. La Pillcam quittera ensuite votre corps en suivant la voie digestive naturelle... Plus de signaux, mais les médecins ont acquis une multitude d'informations, qui leur permettront de poser un diagnostic. [www.pillcam.ch](http://www.pillcam.ch)



1. Capsules PillCam
2. Enregistreur de données
3. Capteurs
4. Ordinateur, écran

### Enigme

#### L'image mystérieuse:

Qu'est-ce que c'est?



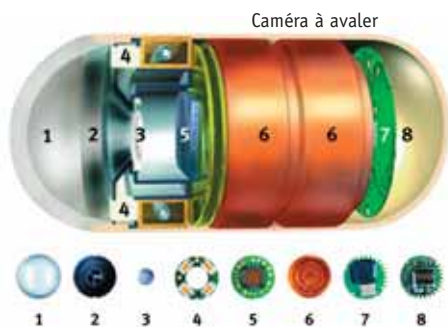
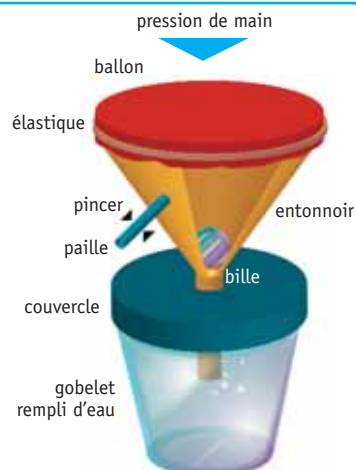
### Construis un cœur!

- 1 ballon gonflable rond
- 1 entonnoir en plastique
- 1 paille
- 1 gobelet en plastique avec couvercle
- colle résistante à l'eau
- fil solide
- 1 bille en verre

4. D'une main, appuie sur la membrane, l'air s'échappe par la paille. Entre deux doigts de l'autre main, ferme la paille et lâche la membrane. L'eau monte dans l'entonnoir. Recommence ainsi jusqu'à ce que l'eau arrive à la hauteur de la paille. A partir de ce moment, c'est l'eau qui coule par la paille et non plus de l'air. Un peu comme le sang dans ton cœur!

Source: Erstaunliche Experimente / Bassermann Verlag, ISBN 3-8094-1888-7

1. Commence par couper l'embout du ballon à 4-6 cm du bord, de manière à pouvoir enfile la partie coupée sur l'entonnoir et tendre le ballon sur l'ouverture supérieure de celui-ci, comme une peau sur un tambour. Place la bille (valvule cardiaque, valve) dans l'entonnoir, puis colle le bord du ballon à l'extérieur de l'entonnoir (cœur).
2. Perce un trou dans l'entonnoir (à peu près à mi-hauteur) et enfle un morceau de paille (4-5cm) (Valvule cardiaque). Colle de manière bien étanche cette paille.
3. Perce le couvercle du gobelet de façon à pouvoir y enfoncer la partie inférieure de l'entonnoir. Remplis le gobelet d'eau et remets le couvercle en place.



Caméra à avaler

1. dome de verre
2. unité optique
3. Chip de la caméra
4. flash, LED
5. électronique de la caméra
6. piles
7. unité de réglage
8. émetteur

## Un jour dans la vie de Silvain Michel

*A l'origine d'une invention, il y a bien souvent une vision. Comme celle d'avions agitant délicatement leurs ailes et planant dans les airs comme les raies dans les mers. Ou des hommes bougeant leurs prothèses de bras ou de jambe avec élégance, grâce aux muscles artificiels. Pour Silvain Michel, chercheur à l'Empa, ces visions sont envisageables, même si ce n'est que dans un avenir lointain.*

De telles ailes ou des muscles artificiels nécessitent des structures élastiques étendues, façonnables à volonté. A l'Empa, l'institution de recherche et de test dans le secteur des EPF, les chercheurs travaillent sur les polymères électroactifs. Ce matériau innovateur est de construction très simple. Un fin film de polymère est recouvert des deux côtés de poudre de graphite capable de conduire l'électricité. Lorsqu'une tension électrique est provoquée entre les deux couches de graphite, le film s'étend et devient plus mince. Cette surface élastique peut ainsi s'agrandir de plus du double de sa taille. Lorsque la tension électrique s'arrête, le film se rétracte et reprend sa forme originelle.

### La science des matériaux est importante dans tous les domaines

Après des études d'ingénieur sur machines à l'ETH de Zurich, Silvain Michel a travaillé comme ingénieur des structures à la Fabrique fédérale d'avions d'Emmen. Pendant dix ans, il y a mis ses connaissances en matière de mécanique, d'aérodynamique et d'informatique au profit des avions militaires suisses, et les a développées. Des sentiers détournés et le plaisir de la recherche l'ont conduit à l'Empa et aux muscles artificiels. La participation en 2005 au premier concours de bras de fer organisé par la NASA à San Diego, aux USA, reste un grand moment de sa carrière. Son robot équipé de 256 muscles artificiels lui a permis de démontrer l'efficacité des polymères électroactifs de manière éloquent.

Depuis un an, il peut en outre lier ses connaissances en aéronautique à celles des structures actives (p. ex. polymères électroactifs) dans le développement d'un dirigeable actif, censé «nager» dans l'atmosphère comme un poisson dans l'eau.



Un seul faisceau musculaire (à gauche) et un paquet de 64 faisceaux musculaires (à droite)



Silvain Michel

### Chercheur et homme au foyer

La journée de Silvain Michel débute généralement de bon matin, par une bonne heure d'aviron sur le lac ou directement au bureau. Il y traite le courrier électronique, rencontre ses collaborateurs, fait avancer des projets, discute avec les étudiants... et ne voit pas le temps passer. Il lui arrive aussi de travailler à l'étranger: à Berlin, Francfort ou même aux Etats-Unis. Le travail quotidien avec les étudiants, les scientifiques et les chercheurs au-delà des limites de sa spécialité et des frontières nationales le passionne.

Depuis sept ans, Silvain Michel partage les tâches familiales avec son épouse. Il passe deux jours par semaine à la maison, s'occupe du ménage et des enfants. Entre-deux, il trouve le temps de traiter son courrier électronique, le travail ne s'arrêtant pas au bureau. Le samedi est consacré à l'aviron, un sport qui lui permet d'équilibrer vie professionnelle et vie de famille. Le dimanche est tout entier réservé à la famille.

## Jalons biographiques

- Depuis 2003** Chef de groupe «Polymères électroactifs» à l'EMPA de Dübendorf
- 2000–2003** Directeur de projet à l'Empa de Dübendorf
- 1999–2000** Assistant à l'Institut de mécanique à l'ETH de Zurich
- 1996–1998** Directeur de département à la Fabrique fédérale d'avions d'Emmen
- 1989–1995** Etudes d'ingénieur en machines à l'ETH de Zurich
- 1982–1989** Etudes d'ingénieur en machines à l'ETH de Zurich
- 1982** Maturité de type C à Berne
- 31 mai 1963** Naissance à Berne



Au bras de fer, le robot est fort : ses quatre paquets de muscles lui permettent de lever une masse d'environ 120 kg.

## AHA

*Quel est le rapport entre les rayons X et le freinage ?*

Comme les rayons lumineux, on peut se représenter les rayons X, comme des particules microscopiques qui se propagent à travers l'espace. Mais contrairement aux rayons lumineux, ces rayons X peuvent traverser notre corps, plus ou moins bien suivant les matières. Les rayons X noircissent les plaques photographiques. Si un patient se tient quelques instants entre une lampe à rayons X et une plaque photographique. La plaque va être noircie aux endroits où les rayons ont traversé le corps sans encombre, et restera claire aux endroits où les rayons ont été absorbés. On peut ainsi voir par déduction l'intérieur du corps et en particulier les os.

Pour produire les rayons X, on bombarde, dans une lampe spéciale, une plaque métallique avec un rayonnement d'électrons. On peut se représenter ce qui se passe sur la plaque métallique comme ce qui arrive, si une voiture, le toit chargé de valises, s'écrase à grande vitesse contre un arbre. Lors du choc, la voiture est très violemment freinée et les valises, ainsi que tous les objets mal attachés volent à travers l'espace ! De même, les électrons sont brutalement freinés lors du choc sur la plaque métallique, et perdent ainsi des particules microscopiques, qui volent à travers l'espace : ce sont les rayons X, aussi appelés rayonnements de freinage.



### PSI – Institut Paul Scherrer

Le PSI est le plus important institut de recherche en Suisse. Des chercheurs du monde entier s'attèlent à y mettre au point de nouvelles thérapies pour le cancer, les technologies énergétiques du futur et bien d'autres découvertes scientifiques encore. Visitez spontanément le forum psi ou annoncez-vous pour une visite guidée des laboratoires et des impressionnantes installations de recherche. Les visites et l'entrée au forum du psi sont gratuites. Institut Paul Scherrer, 5232 Villigen, tél. du service des visites: 056 310 21 00. [www.psiforum.ch](http://www.psiforum.ch)



### Diplôme postgrade de physicien/ne médical/e

Un diplôme d'une haute-école en physique permet de suivre le cursus postgrade en physique médicale à l'ETH de Zurich (MAS).

### Etudes à la haute-école spécialisée

Etudes en microtechnique et technique médicale à la haute-école spécialisée bernoise  
[www.fachhochschulen.net/FH/Studium/Mikro-\\_und\\_Medizin/technik\\_2416.htm](http://www.fachhochschulen.net/FH/Studium/Mikro-_und_Medizin/technik_2416.htm)

### Diplôme et Master of Advanced Studies in Medical Informatics

Formations continues à la haute-école spécialisée bernoise  
[www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)

### Technique de la médecine d'urgence

Les solutions techniques appliquées à la médecine d'urgence visent avant tout à sauver des vies et à atténuer les suites d'accidents.

#### • Emplacement précis des victimes d'accidents de montagne grâce aux satellites

La navigation par satellite permet de déterminer avec précision la position des accidentés ayant appelé les secours avec un téléphone mobile équipé d'un GPS. La localisation par satellite est précise à vingt mètres.

#### • Intoxications par la fumée

Les véhicules d'intervention des pompiers peuvent être équipés d'appareils de mesure issus des derniers développements scientifiques. Un capteur au doigt permet ainsi de mesurer le taux d'oxygène et la part de monoxyde de carbone dans le sang des patients nécessitant une prise en charge urgente.

#### • Détection de drogues

Un peu de salive suffit à déceler rapidement et précisément une éventuelle consommation de drogues. Un nouveau système de test sous forme de puce biologique permet de déterminer jusqu'à dix drogues différentes dans un échantillon de salive. Il doit notamment permettre aux médecins urgentistes de déterminer si leurs patients souffrent d'une éventuelle intoxication aux drogues.

[www.notfallmedizintechnik.de](http://www.notfallmedizintechnik.de)

### Exposition

Pour d'autres informations sur l'imagerie médicale, il sera possible dès l'été 2007, de commander une exposition sur l'imagerie médicale (ultrason/imagerie par résonance nucléaire/tomographie CT/tomographie PET) mise à disposition des gymnases et lycées romands dès l'été 2007, par la commission romande de physique (CRP) de la Société Suisse des Professeurs de Mathématique et de Physique (SSPMP) et soutenue par la SATW. Elle sera également accompagnée d'un film historique sur la découverte de la radioactivité. [www.sspmp.ch/crp](http://www.sspmp.ch/crp)

### Energie de demain

Un approvisionnement énergétique durable serait possible en Suisse, grâce aux énergies renouvelables. Telle est la conclusion à laquelle parvient une nouvelle étude de la SATW « road map : Energies renouvelables en Suisse ». Vous en saurez plus dans votre prochain Technoscope ou dans le rapport original sur [satw.ch](http://satw.ch).

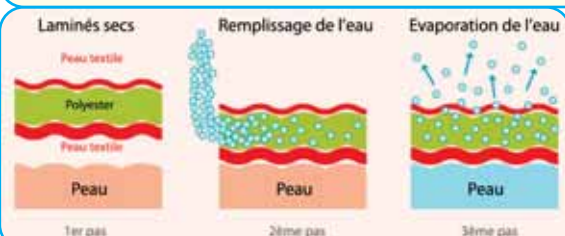
### Lien

D'autres informations sur da Vinci et l'imagerie TEP  
[www.hug-ge.ch](http://www.hug-ge.ch) -> communication -> pulsations TV -> décembre 2006 l'ingénierie biomédicale

### Un pantalon réfrigérant pour les personnes souffrant de sclérose en plaques

La sclérose en plaques est une maladie neurologique considérée comme incurable. Elle conduit à la paralysie chez de nombreuses personnes atteintes. Pourtant, certains patients mènent une vie presque normale. Les scientifiques des matériaux de l'Empa ont développé récemment un pantalon réfrigérant extra-fin, qui soulage les douleurs et accroît la mobilité des patients souffrant de sclérose en plaques.

Au lieu d'une seule couche de textile, ce pantalon est constitué de deux couches de polyester laminé cousues ensemble. Un laminé s'obtient en superposant plusieurs couches de matière synthétique. D'une épaisseur de 5 à 10 micromètres, imperméables mais respirantes, ces deux couches délimitent un espace creux, sorte de réservoir rempli de 10 ml d'eau. En s'évaporant en surface, l'eau provoque une réfrigération agréable à l'intérieur du pantalon. Ce procédé permet d'obtenir durant 40 minutes un abaissement de la température superficielle de la peau, qui peut aller jusqu'à 4 °C.



Pantalons réfrigérants



### Solution de l'énigme de la page 4:

Les « lunettes » du robot, qui permettent au chirurgien de voir ce qu'il fait.

### Nous remercions



### Impressum

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

#### Contact

redaktion.technoscope@satw.ch

#### Concept et rédaction

Regula Zellweger,  
[www.rz-kommunikation.ch](http://www.rz-kommunikation.ch)

#### Contribution rédactionnelle

Elisabeth McGarrity, collège de Brigue, SATW  
Giovanni Zamboni, SATW, Lugano

#### Création

VISUM visuelle umrisse gmbh, Bern, [www.visum-design.ch](http://www.visum-design.ch)

#### Impression

Egger AG, Frutigen

#### Abonnement et commandes

info@satw.ch  
Académie suisse des sciences techniques  
Seidengasse 16, 8001 Zurich  
Téléphone 044 226 50 11  
Fax 044 226 50 19