

Imagerie biomédicale

la vie en transparence

Un événement CNRS

www.cnrs.fr/imagerie-biomedicale/



www.cnrs.fr

En partenariat avec



L'imagerie biomédicale: l'histoire d'une (r)évolution permanente

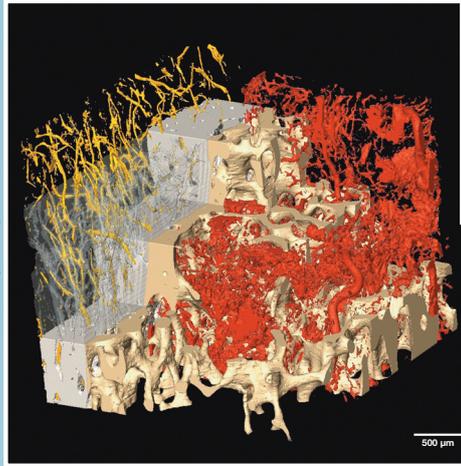
Des techniques en ébullition. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) a 30 ans, et n'a toujours pas dit son dernier mot. Si l'IRM a enregistré des progrès spectaculaires ces dernières années, elle n'est pas la seule technique d'imagerie biomédicale à connaître des bouleversements sans précédents. Les modalités d'imagerie couramment utilisées par les cliniciens (échographie, imagerie nucléaire, rayons X, IRM) continuent de mobiliser les chercheurs dans les laboratoires. De nouvelles nées comme l'imagerie optique y prennent leur essor.

De nouveaux usages. Avec les progrès de la technologie, les fonctions même de l'imagerie ont évolué. Hier simple « photographie » du corps humain, fournissant des informations anatomiques sur la structure osseuse ou la forme des différents organes, l'imagerie offre aujourd'hui une vue imprenable sur ces mêmes organes en train de fonctionner et permet de visualiser jusqu'au métabolisme cellulaire. Grâce aux progrès de l'imagerie, le cerveau continue de livrer ses secrets. L'imagerie facilite également l'étude de processus naturels comme le vieillissement et elle a révolutionné le diagnostic du cancer, qui constitue à ce jour l'une de ses applications majeures... et un champ de recherche encore grand ouvert.

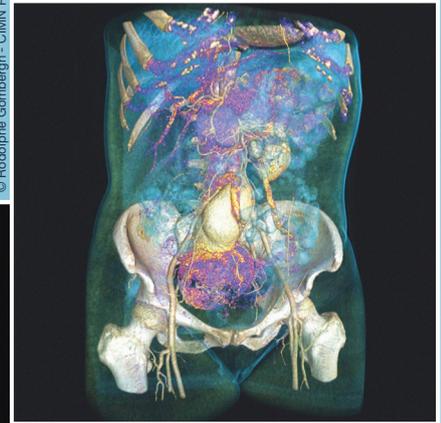
Les outils d'imagerie se sont découvert d'autres vocations : évaluer l'efficacité thérapeutique au cours du traitement et guider les interventions chirurgicales, mais aussi « réparer » le corps, grâce notamment aux dernières avancées sur les ultrasons focalisés ou aux progrès réalisés dans le domaine de l'interface homme-machine. Pour en savoir plus, suivez le guide...



Image par rayons X de la main. Le cartilage n'est pas visible.



Analyse simultanée de la microstructure osseuse et du système microvasculaire osseux (représenté en rouge) obtenue pour la première fois par microtomographie synchrotron.



Tomodensitométrie par rayons X des voies urinaires après injection d'un agent de contraste, ou uros scanner, pour la caractérisation des calculs et des tumeurs. Chez ce patient, on voit en mode 3D un rein normal et un rein en position basse pelvienne portant une tumeur.

L'imagerie par rayons X: une pionnière

Principe



Les rayons X sont projetés à travers le corps et sont plus ou moins absorbés en fonction de la densité des tissus traversés. Alors que la radiographie – la plus ancienne technique d'imagerie médicale – produit une image en deux dimensions de la zone observée, le scanner permet, grâce à une multitude de vues (jusqu'à plusieurs centaines) prises sous des angles différents, de reconstituer en 3D l'intérieur du corps humain. Certains organes cachés lors d'une simple radiographie apparaissent alors dans leur intégralité. L'imagerie par rayons X est une technique d'imagerie dite « anatomique » : c'est une véritable carte de l'intérieur du corps qui donne à voir la forme et la position du squelette et des différents organes.

focus

Au cœur de la circulation sanguine

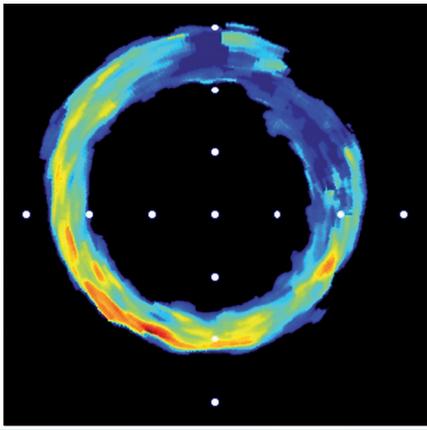
Les rayons X sont détectés très rapidement et permettent de faire des images en rafale du corps humain. On peut ainsi produire de véritables films qui restituent des phénomènes dynamiques comme la circulation sanguine. Pour y arriver, on utilise un agent de contraste, l'iode, qu'on injecte dans le sang : le sang iodé absorbe les rayons X et les régions dans lesquelles il circule apparaissent plus blanches à l'image. Grâce à l'iode et aux rayons X, on met certaines anomalies en évidence, comme par exemple le rétrécissement des vaisseaux sanguins.

Avantages

- Les rayons X permettent d'obtenir des images d'une très grande précision, inférieure au millimètre.
- Les appareils de radiographie permettent un examen rapide et sont très répandus.

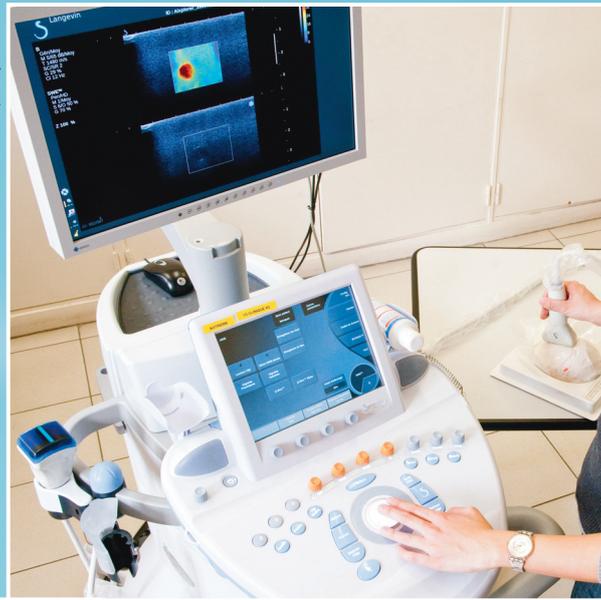
Inconvénients

- À haute dose, les rayons X sont nocifs pour la santé.
- Ils distinguent moins bien certains tissus « mous » : sur la radiographie d'une articulation, par exemple, on ne verra pas le cartilage.



© CNRS Photothèque - Cyril Fresillon

Élastogramme d'une artère humaine observée par ultrasons. La partie en bleu montre une anomalie locale de la paroi du vaisseau vu de l'intérieur.



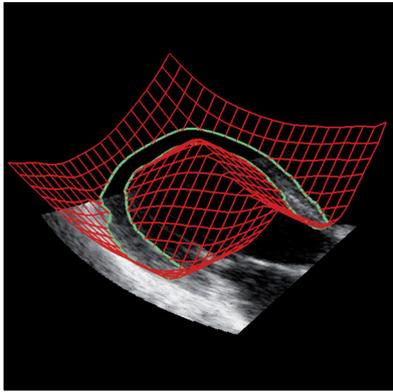
Aixplorer, le premier échographe ultrarapide qui permet de quantifier en temps réel l'élasticité des tissus.



© Mikael Damkier - Fotolia

Échographie d'un fœtus dans le ventre de sa mère.

© CNRS Photothèque - Thomas Dietenbeck, Olivier Bernard, Denis Friboulet



Segmentation automatique de la paroi du ventricule gauche du cœur (myocarde) en échocardiographie pour une aide au diagnostic.

L'imagerie par ultrasons: écho es-tu là ?

Principe

Modalité d'imagerie la plus utilisée avec la radiographie, l'échographie consiste à envoyer des ondes ultrasonores dans le corps. Ces ondes de pression se réfléchissent lorsqu'elles rencontrent des obstacles. C'est à partir de ces échos que l'image est réalisée. Grâce aux progrès de l'informatique et du traitement du signal, cette onde mécanique qui déforme (très) légèrement les tissus traversés donne désormais de précieux renseignements sur l'élasticité des organes traversés – on réalise alors une élastographie. Elle permettra par exemple de voir une tumeur du sein, plus dure qu'un tissu sain. Dernière évolution en date, l'élastographie vasculaire permet de mesurer la souplesse de la paroi des vaisseaux sanguins, une indication utile pour prévenir la survenue de maladies cardiovasculaires.

Avantages

- L'échographie est un dispositif d'imagerie léger et peu coûteux.
- Elle permet de faire des images animées en temps réel.

Inconvénient

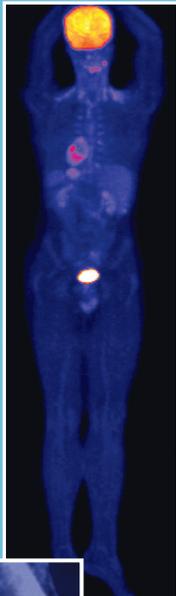
L'os arrête les ultrasons et cache à l'image ce qui se trouve derrière.

focus

Des ultrasons thérapeutiques

Les chercheurs ont trouvé un autre usage aux ultrasons. Concentrés comme la lumière dans une lentille, les ultrasons focalisés permettent de faire monter de quelques degrés la température des zones ciblées à l'intérieur du corps humain. Les applications sont thérapeutiques : nécroser les tissus malades (tumeurs cancéreuses, par exemple) sous l'effet de la chaleur ; faire exploser au plus près des tumeurs cancéreuses la paroi de nanocapsules transportant le médicament, afin d'augmenter l'efficacité de la substance active et de limiter les dommages sur l'organisme.





© CNRS Photothèque/IMNC UMR8165 - Irène Buvat, Simon Stute

Simulation numérique d'une TEP du corps entier au radiotracer FDG, qui démontre par comparaison avec l'image acquise que les chercheurs savent parfaitement modéliser la biodistribution complexe du radiotracer dans l'organisme en tenant compte de la densité des tissus et de toutes les caractéristiques du tomographe TEP.



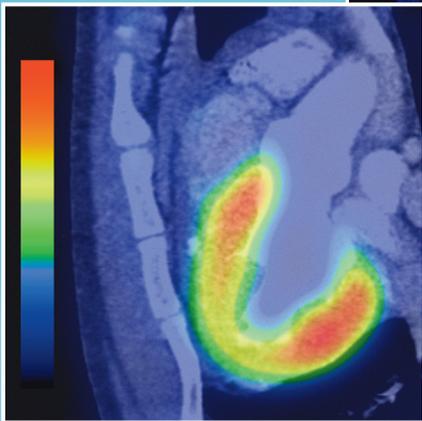
© CNRS Photothèque/CEA - DSV - Hubert Raiguet

Caméra TEP à haute résolution pour l'imagerie du cerveau. Cette technique peut être appliquée au suivi thérapeutique des maladies neurodégénératives.



© CNRS Photothèque - Benoît Rajau

Images en visualisation coronale et sagittale obtenues avec un tomographe hybride à émission de positons et rayons X (TEP-Scan), pour le dépistage anatomique précis de foyers cancéreux fixant le FDG.



Exploration anatomique et métabolique du cœur par TEP-Scan : la fixation du FDG sur cette coupe « grand axe » du ventricule gauche témoigne de la viabilité des cellules myocardiques.

L'imagerie nucléaire : la radioactivité au service de l'homme

Principe

L'imagerie nucléaire repose sur la détection d'éléments radioactifs préalablement injectés par voie sanguine ou inhalés. Ceux-ci vont se fixer sur des zones précises de l'organisme, qui s'« allument » littéralement à l'écran. Deux types d'imagerie existent. La scintigraphie utilise des substances radioactives émettrices de photons gamma simples, comme l'iode 123 qui va se fixer sur la thyroïde. La TEP (tomographie par émission de positons), apparue en clinique il y a une quinzaine d'années, utilise des radiotraceurs émetteurs de positons. Le plus courant est le FDG, le glucose marqué au fluor radioactif, qui trouve la plupart de ses applications en cancérologie.

Avantage

L'imagerie nucléaire rend compte de phénomènes relatifs au fonctionnement des cellules. C'est ce que l'on appelle une modalité d'imagerie métabolique.

Inconvénient

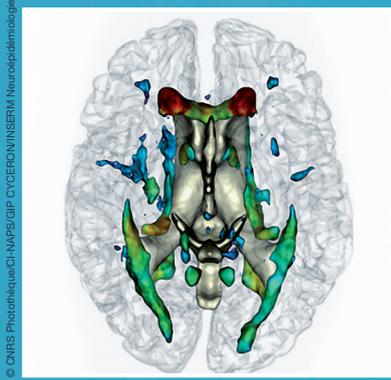
L'imagerie nucléaire ne donne pas à voir la structure interne du corps, puisque seules apparaissent à l'écran les régions où le radioélément va se fixer.

focus

Une molécule pour diagnostiquer le cancer

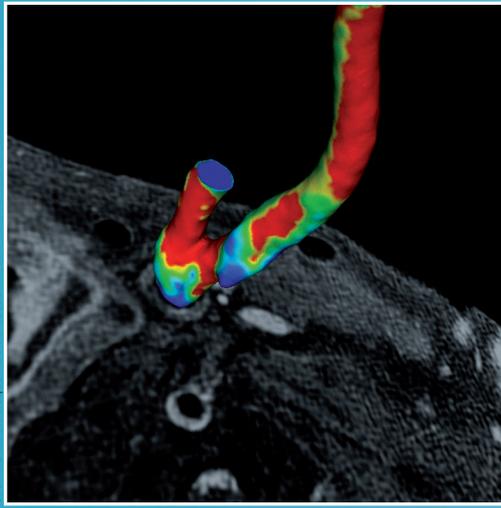
Utilisé en imagerie TEP, le glucose marqué au fluor radioactif (FDG) permet de faire des images des organes gros consommateurs de sucre que sont le cœur et le cerveau, mais aussi et surtout, de la plupart des tumeurs cancéreuses : ces dernières sont en effet caractérisées par une consommation excessive de glucose. L'intérêt est double : établir des diagnostics précoces, car le développement d'une tumeur commence toujours par un dérèglement des mécanismes cellulaires ; vérifier si la tumeur réagit au traitement choisi, c'est-à-dire voir son métabolisme modifié, et ce avant même que sa régression ne soit visible sur un scanner ou une IRM.





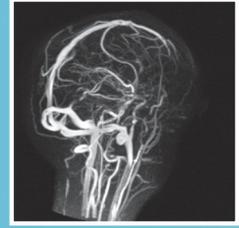
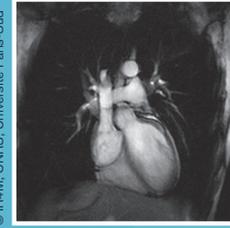
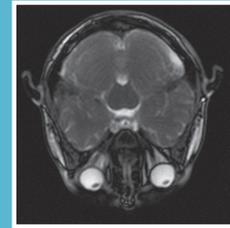
© CNRS Photothèque/CHM/APS/GIP CYCERON/INSERM Neuroépidémiologie

Étude par IRM, sur 2000 sujets âgés, de l'apparition et de l'évolution de microlésions dans la matière blanche du cerveau comme marqueurs prédictifs de la survenue de maladies liées au vieillissement telles que les démences ou la dépression.



© CNRS Photothèque - Loïc Boussel

Simulation réaliste du flux sanguin dans une carotide humaine à partir de données acquises en IRM, afin de comprendre le mécanisme de la formation, de la croissance et de la déstabilisation des plaques d'athérosclérose responsables d'accidents vasculaires cérébraux.



© IR4M, CNRS, Université Paris-Sud

En haut à gauche : évaluation de la motilité oculaire par IRM dynamique. Au cours de l'examen, le sujet fixe des points lumineux, cinq points disposés transversalement et deux fois trois points disposés longitudinalement, pour étudier respectivement les mouvements horizontaux et verticaux. En bas à gauche : IRM cinétique du cœur. L'enregistrement des données est synchronisé à différents instants du cycle cardiaque afin de restituer le mouvement du cœur. En bas à droite : angiographie IRM cérébrale par contraste de phase. Seul le signal des noyaux d'hydrogène du sang en mouvement est enregistré.



Spectromètre-imageur par résonance magnétique corps entier 3 teslas.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) : des boussoles dans le corps

Principe

L'IRM s'appuie sur les propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène majoritairement présents dans les molécules d'eau (H_2O) du corps humain. Placés dans un champ magnétique puissant de l'ordre d'1,5 Tesla – soit 30 000 fois l'intensité du champ magnétique terrestre –, ces noyaux d'hydrogène s'alignent telles de petites boussoles. C'est leur retour à l'équilibre que le système d'imagerie détecte.

Avantage

L'IRM permet de très bien faire la distinction entre les différents tissus mous. Elle est très utilisée pour produire des images du système nerveux central (substance blanche, substance grise, liquide céphalo-rachidien), et pour repérer des anomalies des cartilages, des muscles ou encore du cœur.

Inconvénients

- Les tissus contenant peu d'eau comme l'os ou les poumons sont moins visibles.
- L'IRM coûte cher et est relativement lente: il faut de quelques secondes à plusieurs minutes pour réaliser une image.

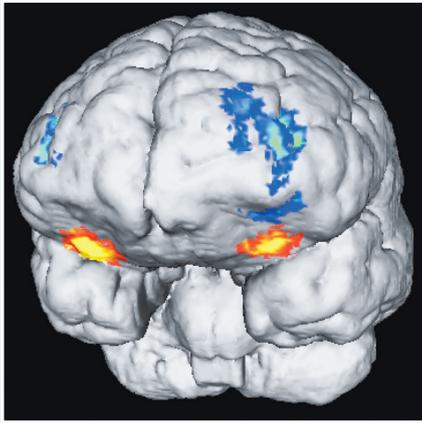
focus

La spectroscopie par résonance magnétique

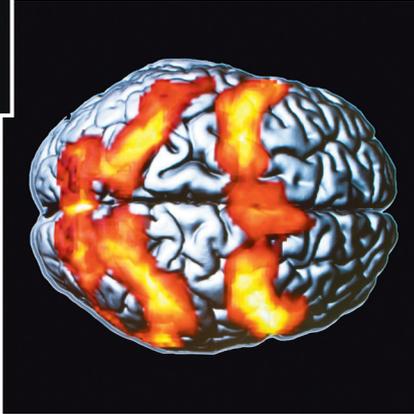
Mesurer la quantité de certaines substances dans l'organisme, sans réaliser aucun prélèvement ? Ce n'est pas de la magie ! C'est ce que permet la spectroscopie par résonance magnétique. Comme en IRM, les chercheurs utilisent les caractéristiques magnétiques du noyau d'hydrogène, sauf qu'il ne s'agit plus de l'hydrogène de l'eau mais de l'hydrogène de composés organiques présents dans le corps. Dans le cerveau, l'évolution des taux de lactate ou de glutamate pourrait par exemple devenir un bon indicateur d'une maladie d'Alzheimer... et permettre, demain, de poser plus facilement un diagnostic.



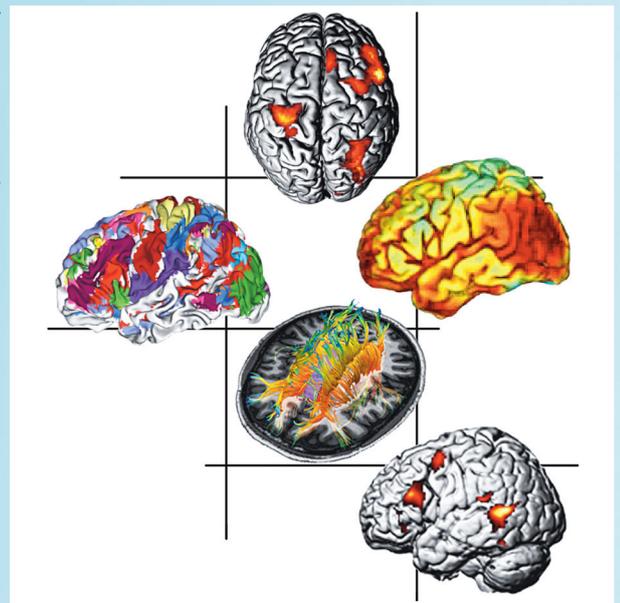
© CNRS Photothèque - Cyril Fréillon



Activité cérébrale obtenue par IRMf illustrant la dissociation entre récompenses primaires (images érotiques) et secondaires (gains d'argent) dans le cortex orbitofrontal. Ces résultats suggèrent pour la première fois qu'il pourrait exister des zones distinctes selon les gratifications.



Volume obtenu en IRMf au cours de saccades oculaires vers une cible se déplaçant.



Cartographie cérébrale moyenne par IRMf des dix fonctions principales chez trois cents individus : langage, mémoire, vision, calcul...

L'IRM fonctionnelle cérébrale : dis, à quoi tu penses ?

Principe

L'IRM fonctionnelle cérébrale (IRMf) permet d'observer le fonctionnement des tissus gros consommateurs d'oxygène en détectant l'oxygénation de l'hémoglobine dans le sang. Le changement d'état de l'hémoglobine entraîne une modification de ses propriétés magnétiques qui module le signal IRM. L'IRMf permet l'observation du fonctionnement du cerveau.

Avantage

L'IRMf, en désignant les aires activées par chaque type de tâche, a révolutionné la vision qu'on avait du cerveau il y a encore vingt ans. Les scientifiques pensaient en effet que chaque zone du cerveau avait une fonction précise, comme l'aire de Broca et la fonction du langage. Aujourd'hui, on sait que pour chaque fonction – langage, mémoire, vision, calcul... –, plusieurs aires s'activent simultanément.

focus

Question de connectique

Il ne suffit pas de savoir quelles zones s'allument dans le cortex cérébral lorsqu'on effectue telle ou telle tâche. Il faut comprendre comment celles-ci sont connectées entre elles par les fibres de myéline. C'est le défi de l'IRM dite « de diffusion », qui explore les micromouvements des molécules d'eau au voisinage de ces fibres. Cartographier précisément les faisceaux de fibres devrait permettre de remonter à l'origine de certains troubles neurologiques : il suffit parfois qu'une voie de communication soit coupée pour créer un dysfonctionnement.

Ça se complique

Là où le travail des chercheurs se corse, c'est que le cerveau se développe de manière sensiblement différente chez chaque individu. Au-delà des principes généraux, reste à déterminer, pour chaque sujet, la part de l'individuel et du collectif dans la formation de nos pensées les plus intimes.





© CNRS Photothèque - Kaksanen



© CNRS Photothèque - Emmanuel Perrin



Visualisation par MEG d'un réseau de régions dont l'activité en basses fréquences est synchronisée à la vitesse de la main pendant la manipulation d'une souris.

EEG au cours d'une stimulation visuelle.

Étude par EEG de la perception de la hauteur tonale (des sons graves à aigus) dans le langage et la musique chez des enfants normo-lecteurs et dyslexiques.

La magnéto-encéphalographie et l'électro-encéphalographie : le cerveau électrique

Principe

Les cellules nerveuses se caractérisent par la transmission d'un signal bio-électrique, l'influx nerveux. Comme toute activité électrique, l'activation des neurones dans une aire du cerveau crée des champs électrique et magnétique. Ceux-ci sont extrêmement faibles – le champ magnétique est environ 1 million de fois plus petit que le champ magnétique terrestre et le champ électrique correspond à un millionième de volt – et seuls plusieurs dizaines de capteurs placés sur la tête permettent de les détecter et d'en localiser l'origine.

Avantage

À la différence de l'IRM fonctionnelle, moins rapide, la magnéto-encéphalographie (MEG) et l'électro-encéphalographie (EEG) mesurent à la milliseconde près l'activité des neurones. Intérêt : percer la dynamique des phénomènes cérébraux rapides (moins d'une seconde), et aider notamment à une meilleure localisation des foyers à l'origine des crises d'épilepsie.

Inconvénient

Ces techniques donnent pour le moment des informations en deux dimensions, le signal étant récupéré à la surface de la boîte crânienne. Un couplage avec l'IRM, qui fournit des images en volume, peut s'avérer très utile pour positionner en profondeur les sources d'activité du cerveau, que ce soit pour faciliter la chirurgie ou pour faire progresser les sciences cognitives.

focus

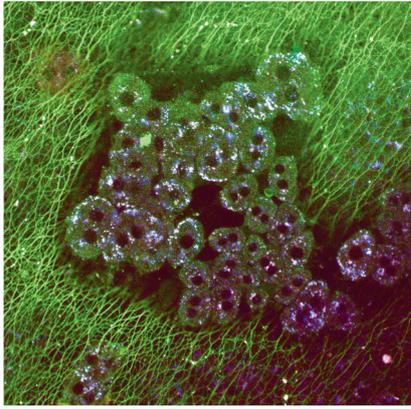
L'interface homme-machine

Permettre à un tétraplégique d'actionner un bras ou une jambe robotisée par la seule puissance de son esprit : c'est ce que chercheurs et médecins espèrent réaliser bientôt grâce à l'EEG. Pour ce faire, un gros travail de « cartographie » des signaux cérébraux est nécessaire. Pour chaque action imaginée par le patient – fermer sa main gauche, soulever son pied droit... –, il faut déterminer la localisation exacte du signal produit par le cortex. Reste ensuite, lorsque ce signal se manifeste, à transmettre en temps réel la consigne au membre robotisé.

© CNRS Photothèque - Sylvain Baillet, Karim Jerbi



© Corinne Laplace-Builhé, Plateforme Imagerie et cytométrie, Institut Gustave Roussy, Villejuif



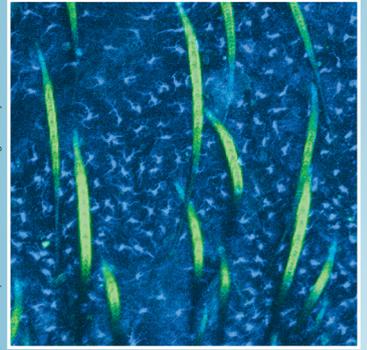
Phénomène de coagulation (réseau de fibrine en vert) observé sur un échantillon de foie à la suite de son prélèvement chirurgical.

© Muriel Abbaci et Corinne Laplace-Builhé, Plateforme Imagerie et cytométrie, Institut Gustave Roussy, Villejuif



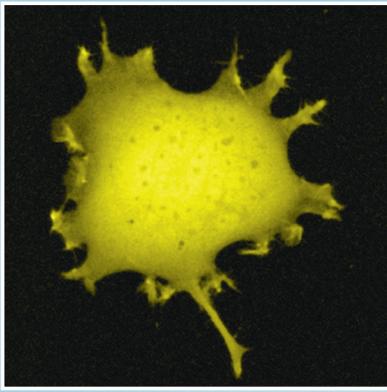
Carcinome épidermoïde ORL bien différencié (larynx), observé en microscopie confocale.

© Corinne Laplace-Builhé, Plateforme Imagerie et cytométrie, Institut Gustave Roussy, Villejuif



Cellules de la réponse immunitaire (cellules de Langerhans, en bleu) présentes en surface de la peau. On distingue les poils (en vert) en surface de l'épithélium.

© Corinne Laplace-Builhé, Plateforme Imagerie et cytométrie, Institut Gustave Roussy, Villejuif



Scène de la vie d'une cellule du sang (lymphocyte) en culture, observée pendant 72 heures en microscopie confocale.

L'imagerie optique : la dernière-née

Principe

Qui n'a jamais placé une lampe de poche allumée contre sa main ? La main devient rouge, preuve que la lumière peut voyager dans les tissus du corps humain. Le principe de l'imagerie optique, née il y a une dizaine d'années à peine, consiste à éclairer le corps avec un laser et à récupérer les photons qui sont réémis par les premières couches de cellules, soit de manière naturelle, soit parce que des particules fluorescentes ont été préalablement injectées dans le corps. Cette technique trouve des applications dans l'imagerie de la peau (carcinomes), de la rétine (cataracte), ou des parois du colon (grâce à l'introduction d'un petit endoscope dans l'intestin).

Avantages

- C'est une technique d'imagerie inoffensive et extrêmement rapide.
- Elle permet de voir des détails très fins, comme une hématie (cellule sanguine) dans un vaisseau.

Inconvénient

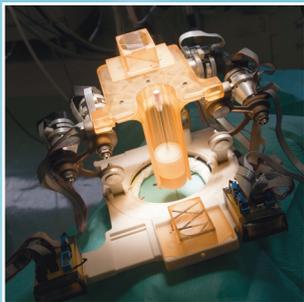
L'imagerie optique ne permet pas d'observer directement le corps au-delà d'un demi-millimètre de profondeur. En effet, les tissus diffusent énormément la lumière et rares sont les photons à voyager en ligne droite – seul moyen de reconstituer une image.

focus

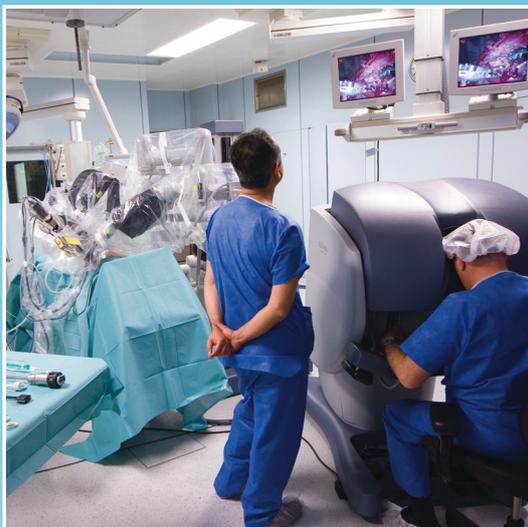
Demain, l'optique de profondeur ?

Observer le corps sur plusieurs centimètres de profondeur, contre moins d'un millimètre aujourd'hui, c'est le défi de l'imagerie optique du futur. Objectif : pouvoir regarder tumeurs et métastases dans leurs moindres détails, avec la définition d'un appareil photo numérique dernier cri. Pour y arriver, des essais chez l'animal associés à des modèles mathématiques et physiques très compliqués tentent de restituer les trajets effectués par chacun des photons récupérés par la caméra. Un véritable casse-tête pour les chercheurs !





Robot d'insertion d'aiguille en radiologie interventionnelle guidée par scanner. L'application cible principale est la destruction des tumeurs de l'appareil digestif, en induisant des micro-ondes par une aiguille plantée au travers de la peau jusqu'au centre de la tumeur.



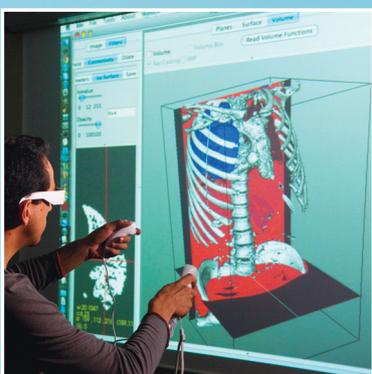
© Photo Ircad

Télé-chirurgie robotique à l'aide des images endoscopiques.



© Photo Ircad

Radiologie interventionnelle guidée par IRM – destruction de tumeur par cryo-ablation.



Technique de réalité augmentée en imagerie médicale tridimensionnelle appliquée ici à la quantification de la ventilation pulmonaire avec visualisation 3D conjointe du thorax obtenue par tomographie.

L'imagerie interventionnelle : une aide précieuse pour le chirurgien

En quelques années, l'imagerie biomédicale a su s'imposer dans les blocs opératoires. Scanners et IRM sont désormais des alliés précieux du chirurgien. Le principe : des images de la zone à opérer sont enregistrées au repos, juste avant l'intervention. Celles-ci servent :

À faire de la simulation. Les images acquises permettent au chirurgien de s'entraîner avant l'opération, afin d'avoir le geste sûr et de bien détecter la zone cible.

À opérer en « réalité augmentée ». Projetées durant l'intervention sur les images endoscopiques ou dans des lunettes de réalité augmentée, ces images donnent à voir des détails invisibles pour l'œil humain - par exemple des vaisseaux non apparents qu'il est précieux de ne pas endommager.

À faire de la navigation assistée. Durant l'opération, les instruments de chirurgie sont filmés par une petite caméra, et ces images « live » se superposent aux images 3D déjà acquises. Intérêt : intervenir sur des cibles cachées au regard et difficiles d'accès. Cette technique est de plus en plus utilisée en chirurgie du cerveau et en chirurgie orthopédique, afin de s'assurer que les prothèses sont positionnées de manière optimale.

focus

La robotique guidée par l'imagerie

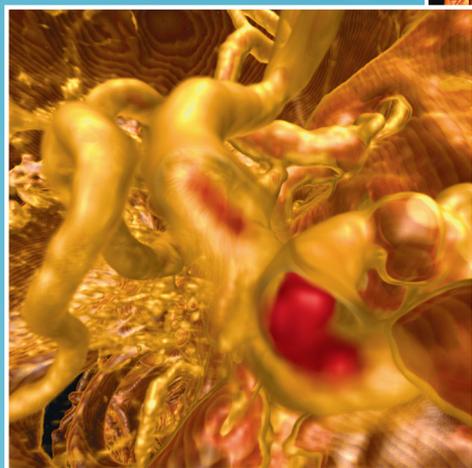
Comment s'assurer que la main du chirurgien ne tremblera pas durant l'opération, et que son geste aura une précision millimétrique ? En lui substituant un bras robotisé guidé par imagerie. Ici encore, on se sert des images acquises juste avant l'intervention. L'intérêt est de garantir que les mouvements des organes liés à la respiration seront bien pris en compte. Autre avantage de la robotique : protéger le médecin des radiations, notamment lors des biopsies réalisées sous le contrôle d'un scanner à rayons X, rayons que l'on sait nocifs à haute dose.



© Rodolphe Gombergh - CIMIN Paris



Scanner en rendu volumique 3D haute définition. Dans cette technique, toutes les coupes sont traitées en transparence et en couleurs, éventuellement en dynamique et même en voyage intérieur. Ces images montrent trois exemples, parmi des milliers, du même examen. L'image de gauche permet de visualiser aussi bien les os que les vaisseaux, le cœur, les reins ou les poumons. L'image centrale fait apparaître de façon différente les os en transparence et les poumons. L'image à droite objective particulièrement bien le cœur et ses cavités, l'ensemble des bronchioles pulmonaires, le foie, la rate et les muscles. Les possibilités sont infinies!



Scanner cérébral 3D montrant le polygone de Willis. Avec cette technique, on voyage virtuellement dans les artères cérébrales en suivant le sang circulant. On peut entrer et sortir des vaisseaux pour analyser les plus petites anomalies. Sur le vaisseau, à droite de l'image, on aperçoit une dilatation.

© Rodolphe Gombergh - CIMIN Paris

Et demain... Ce que nous réserve l'imagerie biomédicale

L'avenir est au couplage des techniques. Le mariage le plus fréquent est d'associer une modalité anatomique et une modalité dite fonctionnelle ou métabolique: la première fournissant la carte des lieux, et la seconde restituant le phénomène observé. Déjà, des couplages TEP/scanner permettent de localiser au millimètre près les tumeurs révélées par l'imagerie nucléaire; sur le même modèle, l'association TEP/IRM arrive à l'hôpital. Autre association prometteuse, le mariage optique/ultrasons: les tissus excités par une source lumineuse renvoient une onde ultrasonore qui peut être détectée par un échographe.

Bientôt un double virtuel pour chacun. Grâce à une modélisation complète du corps, on pourra un jour tester des médicaments ou simuler une intervention chirurgicale sur cet avatar. Déjà, des coloscopies virtuelles rendent possible un examen non-traumatique des intestins: les images acquises par rayons X permettent d'examiner les moindres recoins de la paroi intestinale.

focus

Et l'éthique dans tout ça ?

Les progrès continus de l'imagerie, qui dévoile toujours plus d'informations sur l'individu qu'elle « scrute », posent à nos sociétés de vraies questions sur ses usages. De confidentialité d'une part: la masse des informations recueillies ne doit pas être accessible à n'importe qui et dans n'importe quelles conditions. D'information du patient d'autre part: l'imagerie devient si performante qu'on détecte des anomalies avant même que la maladie ne se déclare... Les dilemmes qui pourraient se poser aux médecins sont nombreux. Faut-il, par exemple, dire à une jeune femme à risque qu'elle est « programmée » pour développer un cancer du sein, alors que celui-ci ne se déclenche peut-être jamais ?





Commissaire

Arlette Goupy, responsable de la communication, Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes du CNRS (INSIS)

Commissaires scientifiques

Luc Darrasse, chargé de mission à l'INSIS, directeur de l'unité Imagerie par résonance magnétique médicale et multi-modalités (IR4M)

Xavier Maître, chargé de recherche à l'IR4M

Isabelle Magnin, déléguée scientifique à l'INSIS, directeur du Centre de recherche en acquisition et traitement d'images pour la santé (Creatis)

Pilotage

Conduite de projet: Marie Lauvergeon, Direction de la communication du CNRS (DirCom)

Coordination de l'exposition: Marie-Noëlle Abat et Jean-Louis Buscaylet, DirCom

Partenariat: Marie-Noëlle Abat et Élodie Vignier, DirCom

Réalisation

Conception et réalisation graphique de l'exposition: Sarah Landel, DirCom

Conception et réalisation graphique de l'exposition itinérante: Valérie Pierre, INSIS

Rédaction

Rédaction des textes: Laure Cailloce, journaliste

Comité scientifique: Claude Boccarda, Institut Langevin - Irène Buvat, unité Imagerie et modélisation en neurobiologie et cancérologie (IMNC) - Luc Darrasse et Xavier Maître, IR4M - Karim Jerbi, Centre de recherche en neurosciences de Lyon (CRNL) - Isabelle Magnin et Didier Vray, Creatis - Michel de Mathelin, Laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection (LSIIT)

Secrétariat de rédaction: Mireille Vuillaume, DirCom

Juin 2012

© CNRS

