

# NEUROCHIRURGIE AU CHL: QUAND LES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR RENCONTRENT LA MÉDECINE

D'APRÈS L'INTERVIEW DU PR FRANK HERTEL (CHEF DU SERVICE NATIONAL DE NEUROCHIRURGIE, CHL)  
ET DE PATRICK FELTGEN (CADRE SOIGNANT CHEF D'UNITÉ)

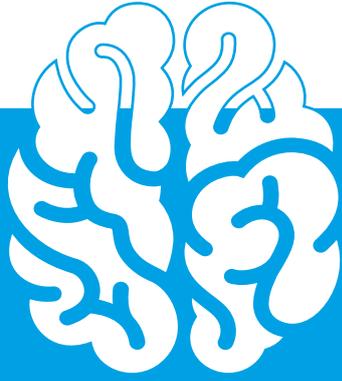


Le Pr Frank Hertel et Patrick Feltgen

---

Le service de neurochirurgie du CHL est le service de référence national pour la neurochirurgie et accueille donc les patients qui présentent des maladies affectant le cerveau, la colonne vertébrale ou le système nerveux périphérique susceptibles d'être traitées par un acte chirurgical. Au cours d'un entretien passionnant, le Pr Frank Hertel – qui dirige le service – nous a présenté quelques-unes des techniques de pointe qui sont utilisées et/ou développées afin de réaliser des interventions plus sûres et plus efficaces.

---



## ▣ QUELLES SONT LES AFFECTIONS TRAITÉES PAR LE SERVICE DE NEUROCHIRURGIE?

### ▣ CERVEAU ET MOELLE ÉPINIÈRE

- Prise en charge complète des tumeurs primaires et secondaires cérébrales (gliome, méningiome, métastases, neurinome...)
- Prise en charge des traumatismes crâniens et spinaux
- Maladies neurovasculaires (anévrisme, angiome, cavernome, hémorragie intracérébrale...; *coiling/clipping*)
- Tumeur hypophysaire (chirurgie par voie microscopique ou endoscopique)
- Hydrocéphalie (shunt, ventriculostomie)
- Biopsies par stéréotaxie
- Chirurgie fonctionnelle/stimulation cérébrale profonde stéréotaxique (maladie de Parkinson, dystonie, tremor, maladies psychiatriques telles que l'anorexie, les TOC ou la dépression majeure...)
- Névralgie du trijumeau
- Stimulateur médullaire [douleurs chroniques, artériopathie périphérique (de stade 3 de Fontaine: douleurs au repos)...]
- Traitement de la spasticité chronique (neurotomie ciblée, implantation d'une pompe intrathécale, rééducation intensive en collaboration avec le RehaZenter de Luxembourg)

### ▣ COLONNE VERTÉBRALE

- Hernies discales
- Canal lombaire étroit
- Instabilité (dégénérative ou traumatique)
- Fractures
- Tumeurs et métastases

### ▣ SYSTÈME NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE

- Syndrome de compression (canal carpien, canal cubital...)
- Stimulation sacrée (incontinences fécales et urinaires...)
- Tumeurs
- Biopsies

## QUELQUES GÉNÉRALITÉS À PROPOS DU SERVICE

Le service de neurochirurgie du CHL est le service de référence national pour la neurochirurgie. À ce titre, il accueille les patients qui présentent des maladies affectant le cerveau, la colonne vertébrale ou le système nerveux périphérique susceptibles d'être traitées par un acte chirurgical. Son aire d'influence englobe le Sud de la Belgique, une partie du Grand Est français et les régions adjacentes de l'Allemagne. Le service de neurochirurgie est un service national, qui est de garde pour les urgences neurochirurgicales 24h/24h. Il travaille en étroite collaboration avec les services de neuroradiologie diagnostique et interventionnelle, de neurologie et de réanimation - soins intensifs médico-chirurgicaux.

L'équipe pluridisciplinaire prend en charge les maladies aiguës et chroniques, en collaboration avec les réseaux d'aide et de soins extérieurs.

La quasi-totalité des méthodes et techniques utilisées dans la discipline sont pratiquées dans le service. Cela comprend donc les techniques chirurgicales crâniennes minimalement invasives, la chirurgie de la colonne par neuronavigation, la chirurgie endoscopique, les techniques endovasculaires (artériographies/embolisations), neuroradiologiques, ainsi que la radiothérapie stéréotaxique (*CyberKnife*; Centre François Baclesse). Tant les adultes que les enfants sont pris en charge.

**Dans l'encadré ci-joint, on peut apprécier l'étendue et la variété des interventions pratiquées dans le centre de neurochirurgie du CHL.** La place manque pour toutes les détailler, aussi nous n'en présenterons que quelques-unes. **Elles illustrent à la fois la grande complexité des interventions de neurochirurgie, le recours à des technologies de pointe, les nécessaires collaborations avec d'autres services/spécialités et, surtout, l'évolution vers des interventions minimalement invasives, qui visent à préserver les tissus cérébraux et leurs fonctions.**

**PRIMUM NON NOCERE:  
LE NEUROMONITORING INTRAOPÉRATOIRE**

Le neuromonitoring intra-opératoire permet de surveiller le système nerveux central lors des opérations neurochirurgicales – résections de tumeurs cérébrales, des foyers épileptiques, des nerfs crâniens, de lésions du rachis ou encore neurochirurgie vasculaire – avec l'objectif de réduire le risque de déficits post-opératoires. Des fonctions essentielles, notamment les fonctions motrices, somato-sensorielles, auditives ou visuelles, peuvent ainsi être monitorées tout au long des interventions chirurgicales. Les mesures neurophysiologiques réalisées en continu (potentiels évoqués...) permettent de détecter les perturbations de la fonction suivie à un stade où les altérations du système nerveux sont encore encore réversibles, et ce, dans le but d'alerter le chirurgien afin qu'il puisse adapter sa stratégie opératoire pour éviter un déficit neurologique permanent. Le neuromonitoring intra-opératoire peut également être employé pour la localisation des zones et des voies fonctionnelles.

Une application typique est une intervention sur une tumeur affectant le centre du langage et dont un(e) orthophoniste surveille le bon fonctionnement tout au long du geste chirurgical chez le patient qui reste éveillé. L'équipe comporte 3 personnes dédiées au neuromonitoring.

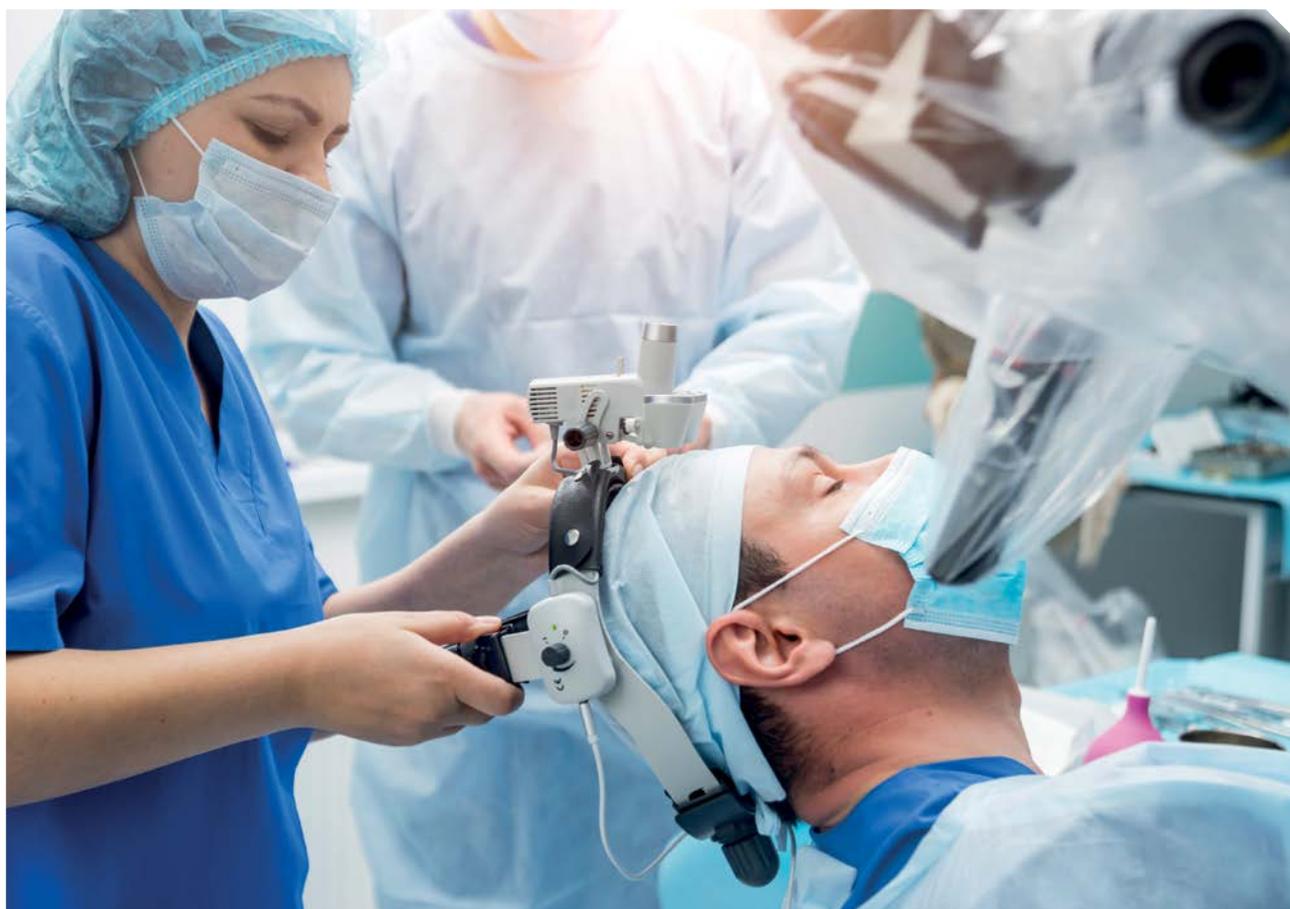
**LA CHIRURGIE D'EXÉRÈSE  
GUIDÉE PAR FLUORESCENCE**

Les glioblastomes sont les tumeurs primitives du système nerveux central les plus fréquentes et les plus agressives. Leur prise en charge repose avant tout sur l'exérèse neurochirurgicale optimale lorsqu'elle est envisageable, suivie d'une radio-chimiothérapie. L'absence de résidu tumoral est un facteur pronostique capital (une résection d'au moins 95% est visée). Elle est significativement associée à de meilleures survie globale, qualité de vie et efficacité du traitement complémentaire. Cependant, cet objectif n'est atteint que dans 20 à 50% des cas, notamment en raison de la difficulté à distinguer le tissu sain du tissu pathologique lors de l'exérèse de ces tumeurs infiltrantes.

Comme l'infiltration tumorale réelle dépasse largement les limites tumorales données par l'imagerie ou estimées par le chirurgien, plusieurs techniques ont été proposées afin d'améliorer la qualité d'exérèse (neuronavigation, échographie peropératoire, écho-neuronavigation ou IRM peropératoire), mais la plus



**L'équipe pluridisciplinaire  
prend en charge les maladies  
aiguës et chroniques, en  
collaboration avec les réseaux  
d'aide et de soins extérieurs.**



performante est la **chirurgie d'exérèse guidée par fluorescence**. Elle repose sur l'apport exogène en excès de 5-ALA, qui subit ensuite une transformation enzymatique en protoporphyrine IX (PPIX) fluorescente s'accumulant électivement dans les cellules tumorales gliales. La PPIX est le précurseur immédiat de la molécule d'hème de l'hémoglobine. Après excitation en lumière bleue (correspondant au spectre d'absorption de la PPIX), celle-ci va émettre une lumière rouge. L'utilisation d'un microscope opératoire possédant un système de filtres optiques spécifiques permet d'identifier avec précision les tumeurs cérébrales malignes et l'infiltration tumorale périphérique inaccessible à l'œil nu. Cette dernière apparaît sous la forme d'une fluorescence rouge, tandis que le tissu normal reste bleu. L'exérèse chirurgicale est théoriquement complète lorsque toute la fluorescence a disparu. La fluorescence 5-ALA permet une exérèse complète chez 65% des patients, soit deux fois plus que dans le groupe témoin opéré en lumière blanche classique (1).

### LA PRISE EN CHARGE ENDOVASCULAIRE DES ANÉVRISMES

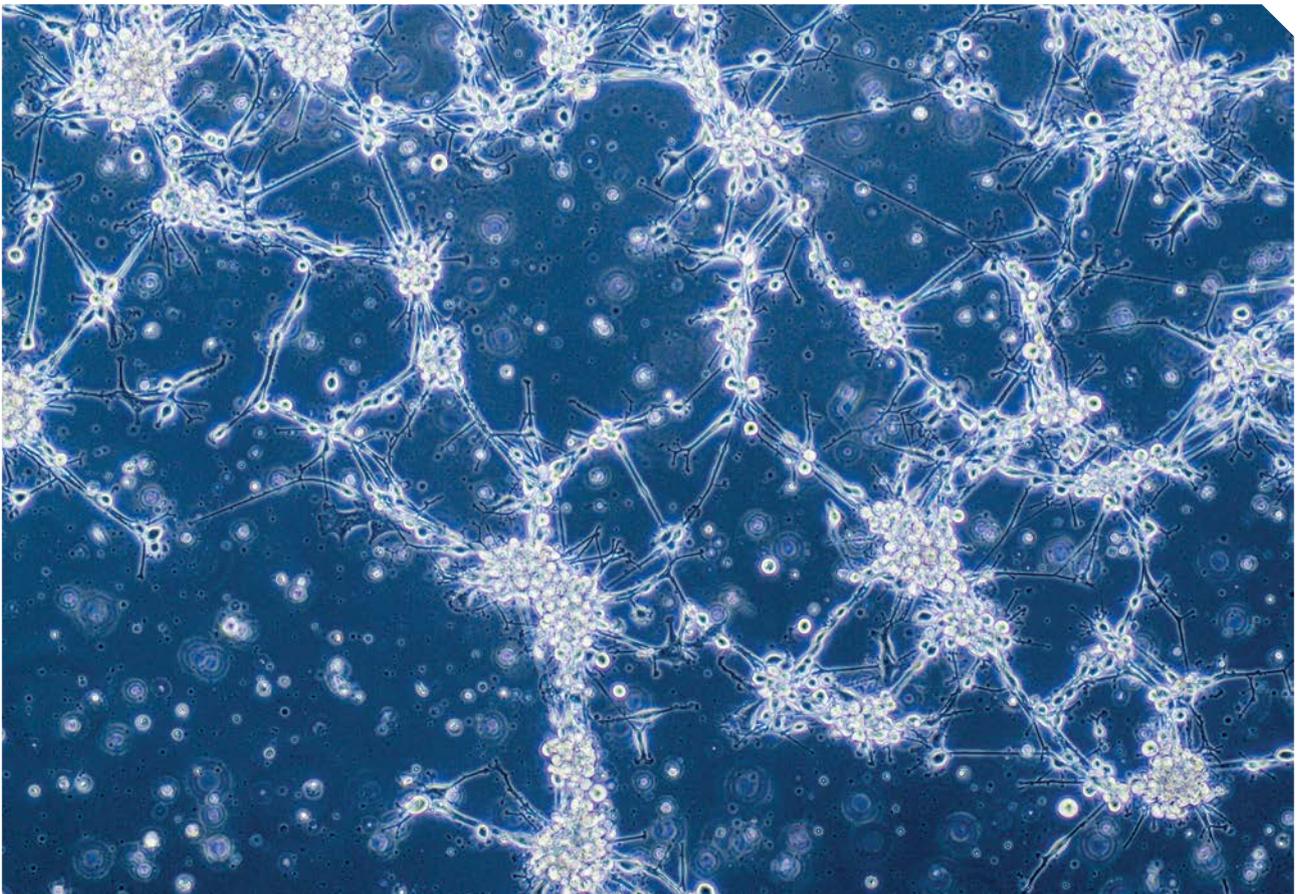
Un anévrisme désigne la dilatation localisée d'une artère (plus rarement d'une veine) due à une faiblesse du tissu vasculaire. Le sang artériel sous pression circule en tourbillonnant au sein de cette dilatation – appelée «sac anévrismal» –, qui reste reliée à l'artère par une zone plus étroite appelée «collet». Le sac anévrismal se fragilise au fur et à mesure de sa croissance. Ces anévrismes peuvent se rompre et provoquer un AVC hémorragique (ils sont à l'origine de 5% des AVC et d'un quart des AVC hémorragiques). Pour mémoire, les AVC constituent la 3<sup>e</sup> cause de décès dans les pays occidentaux et la cause la plus fréquente d'invalidité neurologique.

Lorsqu'un anévrisme est détecté de manière fortuite et selon le risque estimé de rupture, il peut être surveillé ou traité préventivement. Le risque de rupture est très faible (environ 1/10.000 habitants/an), mais il s'agit d'un événement grave, mortel dans près de la

■

Le neuromonitoring intra-opératoire permet de surveiller le système nerveux central lors des opérations neurochirurgicales, avec l'objectif de réduire le risque de déficits post-opératoires.

■



moitié des cas, qui nécessite alors une prise en charge urgente. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour «neutraliser» l'anévrisme, la plus fréquente étant le clippage du col de l'anévrisme, qui implique toutefois une craniotomie. L'alternative est une approche endovasculaire, où l'anévrisme est atteint et traité grâce à un cathéter. Différents matériels peuvent être déployés via ce cathéter, seuls ou en combinaison, pour occlure l'anévrisme ou reconstruire l'artère:

- les *coils* (implant en forme de fil métallique très souple) ou les *plugs* (microcages grillagées en métal) servent à boucher l'anévrisme;
- les *stents* à mailles larges, utilisés en complément, permettent de renforcer l'artère;
- les *stents* à mailles serrées (appelés *stents* à diversion de flux) qui entraînent progressivement une occlusion (par thrombose) de l'anévrisme.

Ces techniques mini-invasives semblent supérieures en termes de morbi-mortalité et sont à considérer en première intention. L'hétérogénéité de la présentation des anévrismes (état, forme, localisation, taille, taille du collet...) justifie le fait que diverses approches doivent être envisagées pour traiter les différents «types» d'anévrismes intracrâniens par voie endovasculaire, ou qu'il faut discuter leur prise en charge chirurgicale. Ces prises en charge impliquent à la fois des opérateurs du service (chirurgiens et chirurgiens endovasculaires) et des neuro-radiologues.

#### DES INTERVENTIONS OTONEUROCHIRURGICALES

Le neurinome de l'acoustique est une tumeur bénigne, le plus souvent développée aux dépens du contingent vestibulaire du nerf acoustique. Il est habituellement unilatéral, isolé et non héréditaire. Le neurinome de l'acoustique est responsable d'une surdité souvent difficile à appareiller, tandis que les troubles de l'équilibre peuvent être responsables de chutes et qu'une compression d'autres nerfs crâniens de voisinage est possible.

## Le neurinome de l'acoustique est une tumeur bénigne, le plus souvent développée aux dépens du contingent vestibulaire du nerf acoustique.

Dans la majorité des cas, la croissance tumorale est extrêmement lente. Certains neurinomes sont donc simplement surveillés de façon régulière, sans aucune intervention thérapeutique. Dans d'autres cas, une ablation chirurgicale de la tumeur peut être requise. Il s'agit d'une chirurgie particulière, qui peut être particulièrement longue (10-16h en fonction des tissus infiltrés par la tumeur) et s'appuyer sur une double équipe chirurgicale (associant un ORL et un neurochirurgien). Les risques opératoires comprennent une perte complète et définitive de l'audition du côté opéré (fréquente) et la survenue en post-opératoire d'une paralysie faciale, raison pour laquelle ces interventions sont réalisées en utilisant un neuromonitoring du nerf facial. Une radiothérapie peut être envisagée (*gamma-unit*, radiothérapie fractionnée conformationnelle) pour des tumeurs de petit et moyen volumes. La décision thérapeutique dépend de nombreux facteurs, pouvant faire appel aux compétences de différents spécialistes (neurochirurgiens, ORL, neuroradiologues...).

#### TRAITER L'ANOREXIE MENTALE PAR LA STIMULATION CÉRÉBRALE PROFONDE

L'anorexie mentale a de graves répercussions sur la santé mentale et physique des personnes qui en souffrent, ainsi que sur leur qualité de vie. Dans 21% des cas, aucune réponse durable au traitement conservateur ne peut être obtenue. L'évolution grave de la maladie chez les patients les plus sévèrement atteints justifie des options

de traitement invasives. L'une des méthodes de traitement de plus en plus utilisées ces dernières années est la stimulation cérébrale profonde (SCP). Ainsi, une patiente de 42 ans souffrant d'anorexie chronique de type boulimique dont le pronostic vital était engagé a été traitée par l'implantation d'une SCP bilatérale du noyau accumbens. À 12 mois, une prise de poids de 46,9% et une amélioration subjective de la qualité de vie ont été observées (3).

#### LA (LONGUE) SOUFFRANCE DES PATIENTS ATTEINTS DE NÉVRALGIE DU TRIJUMEAU

La douleur est le signe cardinal de la maladie. Elle est décrite comme une décharge électrique qui se manifeste par de brèves salves non prévisibles. Cette affection est rare et donc assez méconnue. Cela explique probablement le délai entre l'apparition des douleurs et le diagnostic final. Un article récent a d'ailleurs montré que de nombreux patients subissaient l'inutile extraction de plusieurs dents de sagesse (en moyenne 3) avant de recevoir le bon diagnostic. Une fois reconnue, la névralgie essentielle requiert un traitement par anticonvulsivants. En cas d'échappement (et/ou d'intolérance) à ces médicaments, les méthodes chirurgicales actuelles permettent d'apporter la guérison dans la plupart des cas. Mise au point dans les années 60, la décompression vasculaire microchirurgicale au niveau de l'angle ponto-cérébelleux en est la première option, car elle s'adresse à la cause et est conservatrice.

■  
Le team médical comprend  
5 spécialistes et 5 assistants.

Les séniors peuvent  
assurer toutes les urgences  
et les prises en charge  
standard, mais ont investi  
chacun une ou plusieurs  
sous-spécialité(s).



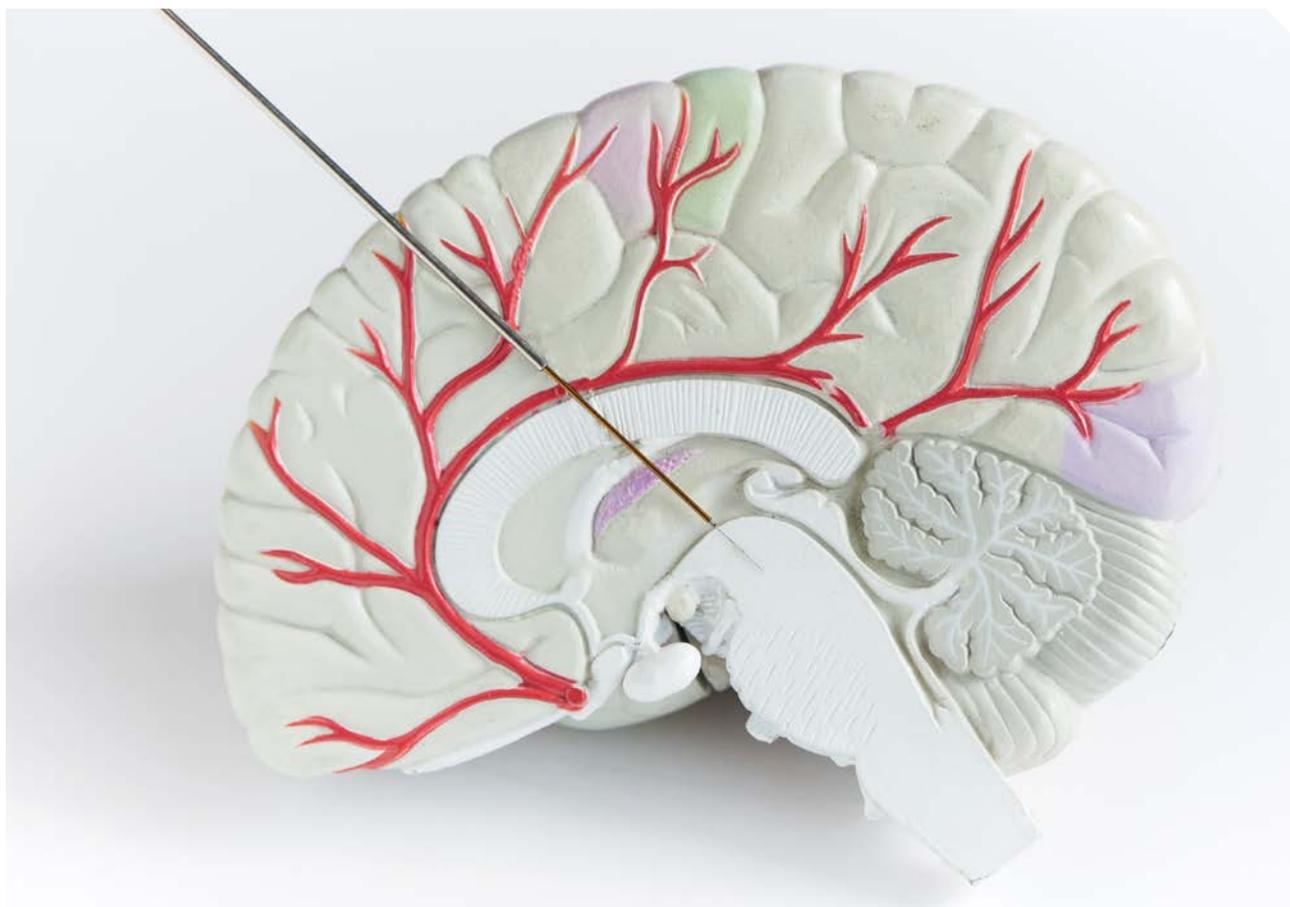
### AMÉLIORER LA QUALITÉ DE LA STIMULATION CÉRÉBRALE PROFONDE

La stimulation cérébrale profonde (SCP) est une intervention basée sur l'implantation d'électrodes permanentes dans le cerveau humain pour soulager les symptômes de divers troubles du mouvement et neuropsychiatriques, tels que les tremblements, la dystonie et la maladie de Parkinson.

La segmentation des noyaux cérébraux profonds à partir de données structurales d'imagerie par résonance magnétique (IRM) est largement utilisée en pratique clinique et en recherche. Elle permet de localiser les structures et d'extraire des caractéristiques morphologiques, utiles pour le diagnostic, la planification du traitement et le suivi de la maladie. Par exemple, dans la maladie de Parkinson, où les patients présentent des changements morphologiques caractéristiques de la substance noire, la segmentation de cette région et d'autres noyaux des ganglions de la base a été importante pour étudier la

progression de la maladie. Une autre application importante est la planification pré-opératoire et l'évaluation post-opératoire des opérations de SCP.

Les structures cibles de la SCP ne peuvent pas être clairement visualisées pendant l'intervention et, par conséquent, la localisation pré-opératoire de la structure cible est importante pour le ciblage chirurgical. Une planification précise est nécessaire pour le placement exact des électrodes de SCP, ce qui se traduit par un meilleur résultat du traitement. Après la chirurgie, les paramètres du dispositif, tels que l'amplitude de la stimulation et les contacts actifs de l'électrode implantée, sont systématiquement testés lors d'une session de programmation. L'objectif de cette session est de trouver les paramètres optimaux qui stimulent la région cible, tout en évitant les régions qui provoquent des effets secondaires. Une compréhension détaillée de la relation spatiale entre la structure de la cible, la région à éviter et l'électrode

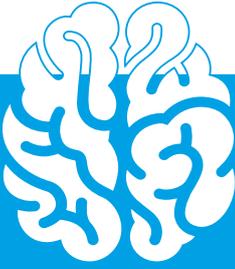


implantée peut fournir des informations précieuses pour le processus fastidieux de réglage fin des paramètres de stimulation.

La plupart des solutions actuelles de pointe suivent une approche de segmentation par enregistrement, où les IRM du sujet sont mises en correspondance avec un modèle aux segmentations bien définies. Ces procédures prennent cependant beaucoup de temps, ce qui limite leur utilisation clinique.

Une équipe d'informaticiens collaborant avec le Pr Hertel se sont appuyés sur l'apprentissage profond [*deep learning*, qui est un type d'intelligence artificielle dérivé du *machine learning*, où la machine est capable d'apprendre par elle-même (apprentissage automatique), tentant de modéliser avec un haut niveau d'abstraction des données, contrairement à la programmation, où elle se contente d'exécuter des règles prédéterminées] pour fournir une solution robuste et efficace de segmentation du cerveau profond. Grâce à celle-ci, le temps de calcul est passé de 42 minutes à 1 minute. Cette méthode est donc rapide, mais apparaît aussi robuste et applicable à d'autres structures cérébrales (4).

Les électrodes implantées dans le cerveau ont habituellement 4 points de contact, mais certains modèles actuels en ont jusqu'à 8, avec des formes plus complexes permettant de «diriger» le courant dans une certaine direction. Cela complique le travail de vérification du placement des électrodes et de leur programmation post-opératoire. De nouveau, plusieurs informaticiens collaborant avec le Pr Hertel, comme Andreas Husch (du service de Neurochirurgie du CHL) et Peter Gemmar (*Luxembourg Centre for Systems Biomedicine*), ont mis au point un algorithme entièrement automatisé (PaCER) permettant de visualiser les électrodes et leurs rapports avec les structures à stimuler à partir de données issues de CT-scan ou d'IRM (5). À l'heure qu'il est, un prototype de visualisation en 3D est en cours de test. Ces travaux sont exemplatifs de la recherche



## ▣ RÉDUIRE LE TRAUMATISME PEROPÉRATOIRE, UNE PHILOSOPHIE

Au cours de sa formation en neurochirurgie, le Pr Hertel a notamment passé 2 ans dans le service du Pr Axel Perneczky, à l'Université de Mainz. Le Pr Perneczky fut l'un des pionniers de la neurochirurgie minimalement invasive. Son ambition était de réduire autant que possible le traumatisme peropératoire pour le patient, tout en tenant également compte des aspects esthétiques. Cet objectif pouvait être atteint grâce à une planification pré-opératoire minutieuse et approfondie de la meilleure approche, basée sur une analyse détaillée de l'anatomie individuelle et des relations topographiques de la lésion visible sur l'imagerie. Le Pr Perneczky est connu pour son utilisation des endoscopes, notamment dans l'abord transsphénoïdal des tumeurs hypophysaires, mais la neurochirurgie mini-invasive utilise tous les instruments ou dispositifs chirurgicaux et les techniques opératoires qui contribuent à réduire le traumatisme peropératoire, y compris les postes de travail de planification des opérations en 3D, la stéréotaxie et les dispositifs de neuronavigation. Le Pr Perneczky a démontré que, grâce à l'effet «trou de serrure» (*keyhole*), de volumineuses tumeurs cérébrales profondes pouvaient être contrôlées et extraites de manière satisfaisante par une craniotomie de taille réduite. Ces interventions minimalement invasives demandent cependant une réelle expertise (champ de vision étroit, instruments longs et spécifiques, multiples écrans à surveiller simultanément...).

Nous vous renvoyons vers la référence 2 pour en savoir plus sur l'évolution des techniques minimalement invasives en neurochirurgie.

interdisciplinaire *made in Luxembourg* et ont reçu plusieurs récompenses.

L'efficacité et la sécurité que permettent ces dernières techniques font que la SCP n'est plus considérée comme le dernier recours dans une maladie de Parkinson, mais peut être envisagée plus précocement afin de retarder la dégradation symptomatique et préserver la qualité de

vie des patients sélectionnés (réponse à la lévodopa).

### DES CAPTEURS DE PRESSION DANS LES CHAUSSURES

Un système de capteurs de pression a été conçu pour se placer dans des chaussures que les patients sont invités à porter durant 4 jours. Ce système enregistre tous les mouvements. Leur analyse permet

de réaliser des diagnostics différentiels (entre Parkinson et d'autres troubles de la marche), d'évaluer l'efficacité de certains traitements (SCP...), mais aussi de suivre certaines maladies et de documenter certaines indications, comme une éventuelle chirurgie de correction de la colonne sur la base du calcul du risque de chute.

#### **ANALYSER LES TISSUS EN PEROPÉRATOIRE**

La résection d'une tumeur cérébrale nécessite une évaluation minutieuse de la nature et de la malignité du tissu tumoral pendant l'intervention, car c'est sur cette base que l'on décide du degré de radicalité de la chirurgie. Généralement, aucun tissu n'est disponible pour analyse avant l'intervention. L'examen histopathologique peropératoire d'échantillons de tumeurs prend du temps et soumet le patient à une tension importante en raison de l'anesthésie continue et de la chirurgie prolongée, d'où la nécessité de développer des méthodes plus rapides pour un diagnostic approfondi.

La spectroscopie Raman permet une analyse rapide des échantillons sans avoir à les étiqueter ni à les préparer, ce qui en fait un outil utile pour les applications péri- et intra-chirurgicales. D'autre part, elle pourrait fournir des connaissances importantes sur la biochimie des tumeurs et être utilisée pour une sous-classification des tumeurs, avec un impact potentiel sur les approches thérapeutiques personnalisées (basées sur la biochimie de la tumeur). La spectroscopie Raman est une méthode non destructive d'observation et de caractérisation de la composition moléculaire et de la structure externe d'un matériau, qui exploite le phénomène physique selon lequel un milieu modifie légèrement la fréquence de la lumière y circulant (WIKI).

Frank Hertel et son équipe collectent les spectres Raman et les résultats histopathologiques corrélés (par une IA) pour construire une base de données de différents types de tumeurs (6). De plus, ces derniers résultats ont été comparés avec ceux d'une sonde portable, qui est potentiellement navigable pour des applications *in vivo*, intra-opératoires, comme un contrôle de résection (distinction



**Le Pr Hertel consacre une part significative de son temps à des activités de recherche, avec l'Uni Lu. Le groupe de recherche rassemble une vingtaine de collaborateurs et développe de nombreuses coopérations internationales.**



tissu sain/tissu tumoral, la qualité de la résection ayant une importance pronostique majeure). Vingt secondes d'analyse suffisent pour déterminer la nature du tissu échantillon. La méthode permet de différencier les gliomes/lymphomes et métastases, de différencier de manière très sensible (10 cellules/cm<sup>2</sup>) un méningiome d'un tissu sain ou encore de grader un gliome (grades I, II, III, IV et nécrose).

À ce jour, plus de 14.000 mesures ont été traitées. La mise à disposition de la sonde intracérébrale devrait être finalisée d'ici 5-6 ans.

#### **VISUALISER LES FAISCEAUX NEURONAUX EN COURS D'INTERVENTION**

L'imagerie en tenseur de diffusion (DTI) est une technique d'IRM qui permet la cartographie *in vivo* de la microstructure et de l'organisation des tissus. Elle offre la possibilité de détecter et de quantifier des anomalies de la substance blanche non visibles en imagerie

conventionnelle dans des pathologies cérébrales variées. Elle est également utilisée pour réduire le risque d'endommager les faisceaux de matière blanche lors d'une intervention chirurgicale, y compris à proximité des voies visuelles, plus difficiles à représenter [ce qui a nécessité le recours à une technologie dérivée (HARDI) et le développement d'algorithmes spécifiques (7)]

#### **BIENTÔT DES ROBOTS?**

Le groupe de recherche s'intéresse aussi à l'utilisation de la robotisation de certaines procédures. À l'heure actuelle, la plus-value n'est pas encore évidente, sauf peut-être dans la chirurgie de l'épilepsie. Le robot s'avère en effet plus efficace dans le placement d'une grande quantité d'électrodes (gestes répétitifs). Un des espoirs est de pouvoir confier à un robot le maniement de l'endoscope.

#### **UN TRAVAIL D'ÉQUIPE**

La pratique de la neurochirurgie implique une organisation complexe, qui doit réunir aux endroits *ad hoc* les opérateurs, les collaborateurs et le matériel appropriés.

Le team médical comprend 5 spécialistes et 5 assistants. Les séniors peuvent assurer toutes les urgences et les prises en charge standard, mais ont investi chacun une ou plusieurs sous-spécialité(s) (avec un volume suffisant). Sur le plan des soins infirmiers également, les pathologies neurochirurgicales s'avèrent exigeantes. Pour ne citer qu'un seul exemple, celui du traitement de la douleur par neurostimulation, une dizaine d'appareils différents sont utilisés et doivent donc être connus et maîtrisés par le team infirmier dédié. Comme la neurochirurgie n'est pas enseignée dans le cursus général des soins infirmiers, le team infirmier est formé sur place. Une équipe pluridisciplinaire (kinésithérapeute, ergothérapeute, orthophoniste...) s'occupe de la rééducation précoce. L'objectif est d'intervenir le plus tôt possible afin de profiter de la plasticité cérébrale pour maximiser les chances de récupération après une intervention ou un trauma, par exemple (motricité fine, difficultés de déglutition, aphasie, hémiplégie...), le cas échéant en collaboration

avec des structures spécialisées situées en aval, tels le Rehzenter ou le réseau de rééducation gériatrique.

Le Pr Hertel consacre une part significative de son temps à des activités de recherche, avec l'Uni Lu. Le groupe de recherche rassemble une vingtaine de collaborateurs – des physiciens théoriques, des mathématiciens, des informaticiens ou encore des ingénieurs – et développe de nombreuses coopérations internationales, surtout avec l'Allemagne. Quelques travaux présentés ici en attestent.

Le service est dirigé depuis 2009 par le Pr Frank Hertel (<https://www.chl.lu/fr/professeur-hertel-frank>). À ce jour, il a traité plus de 750 patients par SCP.

## CONCLUSION

Au cours de cette discussion, il est apparu clairement que la quête d'excellence qui prévaut dans le service passe nécessairement par l'acquisition des systèmes les plus récents (techniques numériques de navigation...) – sur ce point, le service est à l'ultrapointe européenne – mais aussi par la formation continue du personnel et d'indispensables collaborations avec d'autres services médicaux du CHL et extra-CHL, ainsi que par des collaborations interdisciplinaires (informaticiens, mathématiciens...) nationales et internationales. Le résultat consiste en des interventions de plus en plus ciblées, tenant compte des particularités de chaque patient (médecine personnalisée) et de sa maladie. ■

## Références

1. Jacquesson T, et al. Neurochirurgie 2013;59:9-16.
2. Grunert P. Minim Invasive Surg 2013. doi:10.1155/2013/171369
3. Fernandes Arrotheia I, Husch A, Baniasad M, Hertel F. BMJ Case Reports CP 2020;13:e239316.
4. Baniasad M, Petersen MV, Gonçalves J, Horn A, Vlasov V, Hertel F, Husch A. Medical Image Analysis 2021.
5. Husch A, Petersen MV, Gemmar P, Gonçalves J, Hertel F. Neuroimage Clin 2017;17:80-9.
6. Kleine Bergmann F, Husch A, Slimani R, Jelke F, Mirizzi G, Klein K, Mittelbronn M, Hertel F. Neuro Oncol 2019;21:vi149-50.
7. Hana A, Husch A, Guinness VRN, Berthold C, Hana A, Dooms G, Schwarz HB, Hertel F. J Vis Exp 2014;90:51946.



SOCIÉTÉ  
LUXEMBOURGEOISE  
DE CARDIOLOGIE

# INVITATION DES GUIDELINES À LA PRATIQUE

9<sup>ème</sup> édition

Samedi 5 février 2022  
Cercle Cité, Luxembourg-Ville  
(entrée 3 rue Genistre)

Accueil à partir de 8h30

## Inscription

Par email à l'adresse [secretariat@slcardio.lu](mailto:secretariat@slcardio.lu) ou par téléphone au 621 19 16 92  
pour le 2 février au plus tard  
Merci de mentionner votre présence au lunch.

Scannez ce QR code pour une inscription rapide et facile !



En partenariat avec  
MedinLux

Avec le soutien de



Avec la collaboration de

