

# Neurochirurgie: neuronavigation – must pour la neurochirurgie?

## Ou expédition dans l'incertain ...

Hans Landolt

La technique de la neuronavigation peropératoire est proposée de plus en plus souvent et avec toujours plus d'insistance au neurochirurgien, qui est mis sous pression par le progrès et les vendeurs, et doit avoir recours à la neuronavigation ... Doit? Dans l'intérêt des patients? Une intervention neurochirurgicale à l'intérieur du cerveau se subdivise en plusieurs phases:

- L'abord opératoire: après crâniotomie, la voie anatomique menant à l'objectif thérapeutique est choisie de manière à ne laisser aucun trouble fonctionnel cérébral, ou uniquement des troubles transitoires.
- L'objectif thérapeutique: l'objectif, par exemple l'exérèse d'une tumeur dans le cerveau, à la base du crâne, doit dans toute la mesure du possible avoir pour résultat une guérison, ou tout au moins un contrôle du volume de la tumeur, tout en maintenant au maximum les fonctions cérébrales et nerveuses.
- Le retrait: le site opératoire est laissé de manière à ce qu'apparaissent le moins possible de complications, par ex. hémorragie, œdème cérébral, infection, etc.

Pour atteindre ces différents buts, avant les années 1990, c'était surtout les connaissances, l'expérience et l'habileté manuelle du neurochirurgien qui étaient déterminantes, et qui ne pouvaient s'acquérir qu'au prix d'une longue formation postgraduée et continue. Pour l'orientation peropératoire, il n'y avait alors que des techniques limitées telles que:

- la stéréotaxie peropératoire (localisation d'un point avant l'opération),
- les tests fonctionnels peropératoires, tels que stimulation corticale et nerveuse,
- la neuro-ultrasonographie peropératoire.

L'ultrasonographie est devenue le standard de la navigation on-line en temps réel, mais exigeait une très grande pratique et une excellente orientation spatiale et ne pouvait intégrer les clichés IRM.

Mais l'imagerie cérébrale, ou neuroimaging, a fait des progrès aussi rapides que remarquables: les différentes modalités de la tomographie computerisée, les techniques 3D, la ré-

sonance magnétique (IRM) avec ses variations à l'infini ont livré au neurochirurgien des informations anatomiques normales et pathologiques, de même que fonctionnelles et dynamiques. Mais toutes ces informations devaient obligatoirement être affichées sous forme de clichés sur le négatoscope de la salle d'opération, et le neurochirurgien, ne se fiant qu'à ses yeux, à sa compétence et à ses mains, devait les transposer sur le status opératoire intracrânien, ce qui équivaldrait à un vol de nuit en suivant des cartes d'excellente qualité, avec comme seule aide à l'orientation la vision à travers le pare-brise de l'avion.

## Neuronavigation: progrès grâce à la technique

Les progrès dans le matériel informatique et les logiciels de ces 10 dernières années ont permis d'avoir des systèmes de localisation et de neuronavigation assistés par l'imagerie, utilisables en peropératoire. Toutes les images voulues sont chargées dans ces appareils et reproduites en 3D sur écran. D'autre part des instruments, sonde à ultrasons, microscope, etc., sont suivis trigonométriquement par des caméras lasers à infrarouges à l'aide de réflecteurs incorporés, ce qui permet d'avoir en continu sur écran différentes positions (par ex. pointes d'instruments, axe optique du microscope, localisation des images échographiques) en 3D avec une précision allant jusqu'à 0,5 mm (fig. 1). Le neurochirurgien peut ainsi repérer une tumeur dans le tissu cérébral lors de son abord chirurgical, et contourner par ex. les zones fonctionnelles actives à l'IRM fonctionnelle. Pendant la phase opératoire thérapeutique, il peut en outre fusionner sur écran un résidu tumoral visible sur l'ultrasonographie et les clichés de l'IRM, et le visualiser plus facilement ensuite sous le microscope (fig. 2).

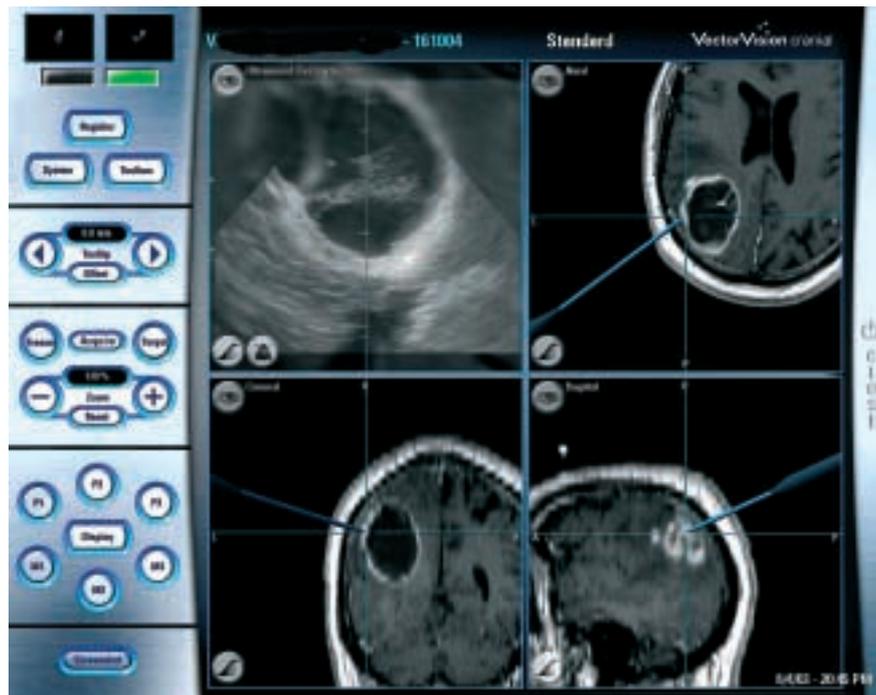
De tels systèmes sont proposés sous toutes sortes de formes, et perfectionnés. Un système spécial permet en plus de prendre des clichés IRM en peropératoire, pour actualiser l'imagerie, tout comme avec la neuro-ultrasonographie intégrée.

**Figure 1.**

Salle d'opération neurochirurgicale avec neuronavigation. L'opérateur oriente le microscope sur la tumeur. En haut à droite, caméra à infrarouges localisant les réflecteurs sphériques clairs du microscope. En bas à droite, écran avec clichés TC et axe du microscope. (Photo H. Landolt)

**Figure 2.**

Visualisation sur écran en peropératoire de l'installation de neuronavigation: métastase intracrânienne kystique occipitale gauche. En bas à droite: clichés IRM avec axe de la sonde à ultrasons (US), envoyant l'image en haut à gauche à l'ordinateur. Clichés IRM et US sont fusionnés et projetés l'un sur l'autre. La modification du kyste aux ultrasons peut plus tard être comparée aux clichés IRM. (Photo H. Landolt)



## La neuronavigation est-elle devenue un must?

### Avantages: plus précise, plus rapide, moins risquée

Avec la neuronavigation moderne, le neurochirurgien est maintenant capable de transposer sur le site opératoire l'imagerie préopératoire en mode virtuel (écran) et réel (localisation intracrânienne des pointes d'instruments) on-line en temps réel, en cours d'intervention. Il peut ainsi exploiter objectivement l'imagerie,

réduire les risques, atteindre plus rapidement l'objectif et suivre les différentes étapes de l'intervention. Mais ces progrès ne peuvent améliorer le résultat opératoire – c.-à-d. par ex. une exérèse tumorale plus complète avec une diminution de la morbidité – que s'ils sont utilisés de manière raisonnable et intelligente. Une intervention mieux planifiée permet de diminuer très nettement le temps opératoire, et par conséquent le coût de l'opération. Mais ces effets ne sont pas évidents.

**Inconvénients: sécurité fallacieuse**

Un neurochirurgien même expérimenté se trouve subitement exposé à un concept et à un système dont il rêve depuis des générations, mais pour lesquels il n'a pas été formé. Et même si une formation postgraduée et continue très complète lui est proposée, il doit adapter non seulement sa compréhension technique, mais aussi sa manière de penser. Le neurochirurgien doit maintenant être très attentif à la sensibilité et à la spécificité de l'imagerie et des installations techniques.

Si par ex. l'IRM fonctionnelle sous-estime une zone active (sensibilité) et donne un résultat faux négatif, cela peut, malgré la neuronavigation, occasionner un déficit neurologique. L'IRM fonctionnelle ne donne, aujourd'hui encore, qu'une très petite partie de la distribution des fonctions et des connexions entre les centres fonctionnels. La neuronavigation peut ici donner une fausse sécurité.

Les délimitations tumorales diffuses se confondent souvent avec des zones fonctionnelles et ne peuvent être localisées en peropératoire par l'imagerie, et encore moins par la neuronavigation (spécificité). Si le neurochirurgien

est stimulé par cette nouvelle technique à naviguer en ne se fiant qu'aux limites tumorales données par l'IRM, il peut provoquer des déficits neurologiques. Sans navigation, peut-être aurait-il été plus prudent! Il est encore nécessaire de réaliser d'importants progrès dans le monitoring fonctionnel peropératoire.

Le neurochirurgien doit également comprendre le concept de la perception virtuelle et réelle de l'image et de l'orientation, et rester critique: l'étalonnage et l'enregistrement sont-ils concordants? Suis-je vraiment là où je crois être? Est-ce la machine qui se trompe ou le neurochirurgien ... La technologie me fait-elle prendre de trop grands risques?

**Conclusion**

La neuronavigation est un auxiliaire. Ce n'est pas la machine qui doit dominer le neurochirurgien, mais le neurochirurgien qui doit maîtriser la machine. Le must, c'est avant tout la raison et la compétence ...

*(Traduction Dr Georges-André Berger)*