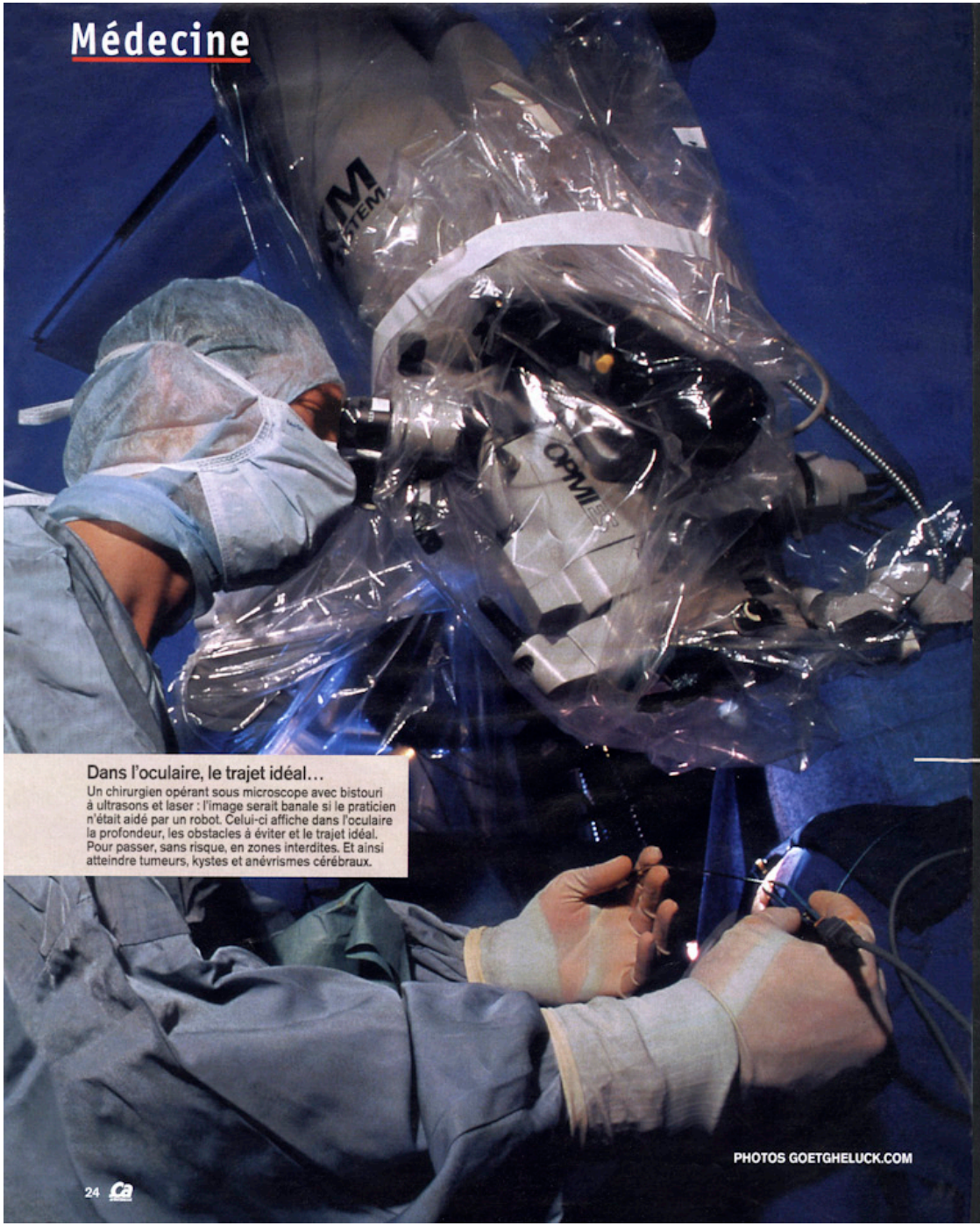
MKM le robot, un assistant infaillible pour les chirurgiens du cerveau

A l'hôpital du Val-de-Grâce, à Paris, l'équipe du Pr Michel Desgeorges pratique déjà la neurochirurgie de demain. Visite du bloc du futur…

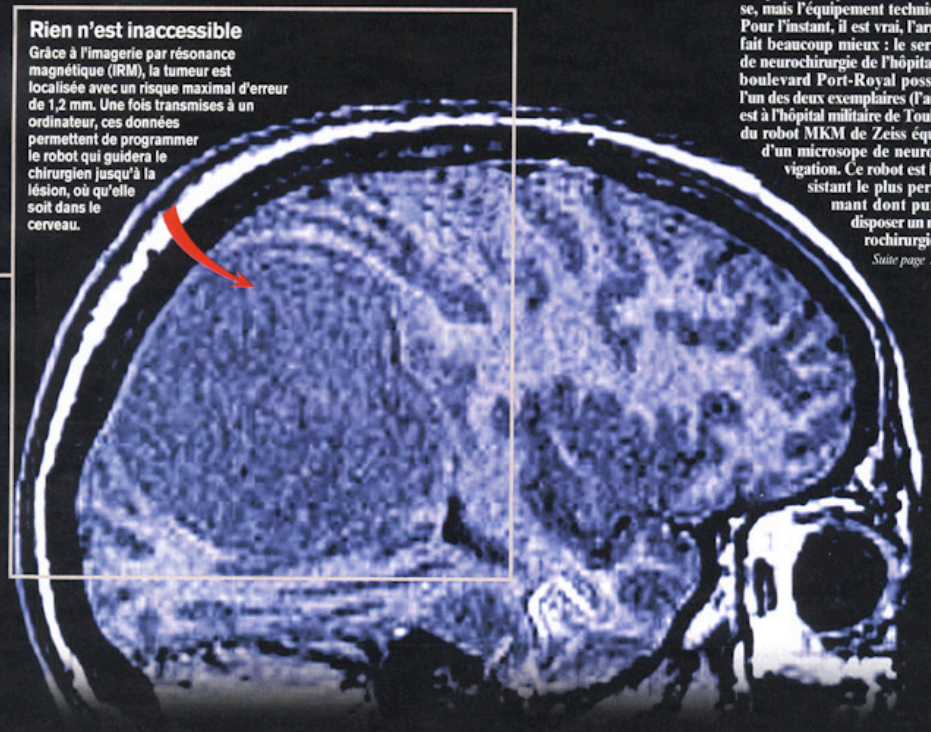
Monsieur M… a 50 ans. Depuis quelque temps, il ne voit plus sur les côtés et décide d'aller consulter à l'hôpital Foch de Suresnes. Diagnostic : tumeur cérébrale. Le neurochirurgien de Foch décide qu'il sera opéré à Paris, au Val-de-Grâce. Un hôpital militaire, bien que l'un et l'autre soient des civils. Par ce choix, ce n'est pas la compétence des praticiens qui est mise en cause, mais l'équipement technique. Pour l'instant, il est vrai, l'armée fait beaucoup mieux : le service de neurochirurgie de l'hôpital du boulevard Port-Royal possède l'un des deux exemplaires (l'autre est à l'hôpital militaire de Toulon) du robot MKM de Zeiss équipé d'un microsope de neuronavigation. Ce robot est l'assistant le plus performant dont puisse disposer un neurochirurgien.

Suite page 26 ▶



Dans l'oculaire, le trajet idéal…
Un chirurgien opérant sous microscope avec bistouri à ultrasons et laser : l'image serait banale si le praticien n'était aidé par un robot. Celui-ci affiche dans l'oculaire la profondeur, les obstacles à éviter et le trajet idéal. Pour passer, sans risque, en zones interdites. Et ainsi atteindre tumeurs, kystes et anévrismes cérébraux.

PHOTOS GOETGHELUCK.COM



Rien n'est inaccessible
Grâce à l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la tumeur est localisée avec un risque maximal d'erreur de 1,2 mm. Une fois transmises à un ordinateur, ces données permettent de programmer le robot qui guidera le chirurgien jusqu'à la lésion, où qu'elle soit dans le cerveau.

▶ *Suite de la page 25*

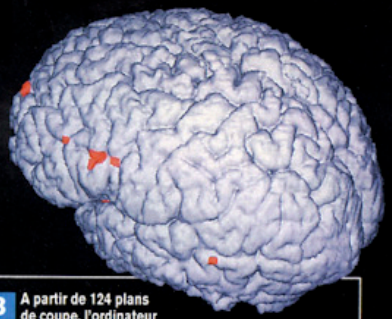
Grâce à cette technologie de pointe, le protocole de l'opération de monsieur M… va être d'abord minutieusement établi, puis l'opération simulée comme dans un jeu vidéo et répétée jusqu'à ce quelle soit parfaitement au point. Ainsi, au bloc, le chirurgien passera du virtuel à la réalité en obtenant l'efficacité maximale de la technique opératoire mise en œuvre. Résultat : au cours des 620 interventions de neurochirurgie pratiquées depuis cinq ans avec ce système, moins de 1 % d'incidents techniques, tous mineurs. Mais ce n'est pas le seul avantage. L'informatique est précieuse dès les étapes préparatoires. Avant de toucher au cerveau, il faut établir, par IRM anatomique, la cartographie cérébrale en trois dimensions du patient et localiser, par IRM fonctionnelle, les zones à risque — motrices, langage… — que l'on doit absolument éviter autour de la tumeur lors de l'intervention. Pour cela, on place d'abord des « balises » sur le cuir chevelu, trois à cinq plots qui resteront collés jusqu'à l'intervention. A partir de ces repères, l'IRM donne des images en coupe du cerveau (124 coupes) vu du dessus, de face et de profil. Autant de données que l'ordinateur convertit en une cartographie tridimensionnelle. Ensuite, direction la station de travail installée dans le bureau de l'équipe chirurgicale. Les images stockées sur ordinateur permettent de délimiter la tumeur, dont le contour est minutieusement tracé à l'écran avec la souris.

Tous les gestes sont testés en virtuel, ce qui limite les risques

Une fois sa forme, sa localisation et son volume définis débute la simulation de l'intervention. Au fur et à mesure, les gestes et leurs conséquences sont répertoriés, analysés, discutés par l'équipe, de l'ouverture du crâne (considérablement réduite) au choix du trajet pour accéder à la lésion. Toutes les solutions sont envisagées et testées en virtuel afin d'éliminer les gestes approximatifs ou les plus risqués. Enfin, l'équipe établit le protocole définitif, enregistre les données nécessaires au déroulement de l'intervention et les « injecte » dans le robot.

Le lendemain, au bloc, le robot prend ses repères avec les plots collés sur la tête du patient. Il est prêt à jouer son rôle d'assistant. Dans l'oculaire de son microscope, le neurochirurgien retrouve les données de la simulation arrêtées la veille, superposées à l'ima-

Suite page 28 ▶



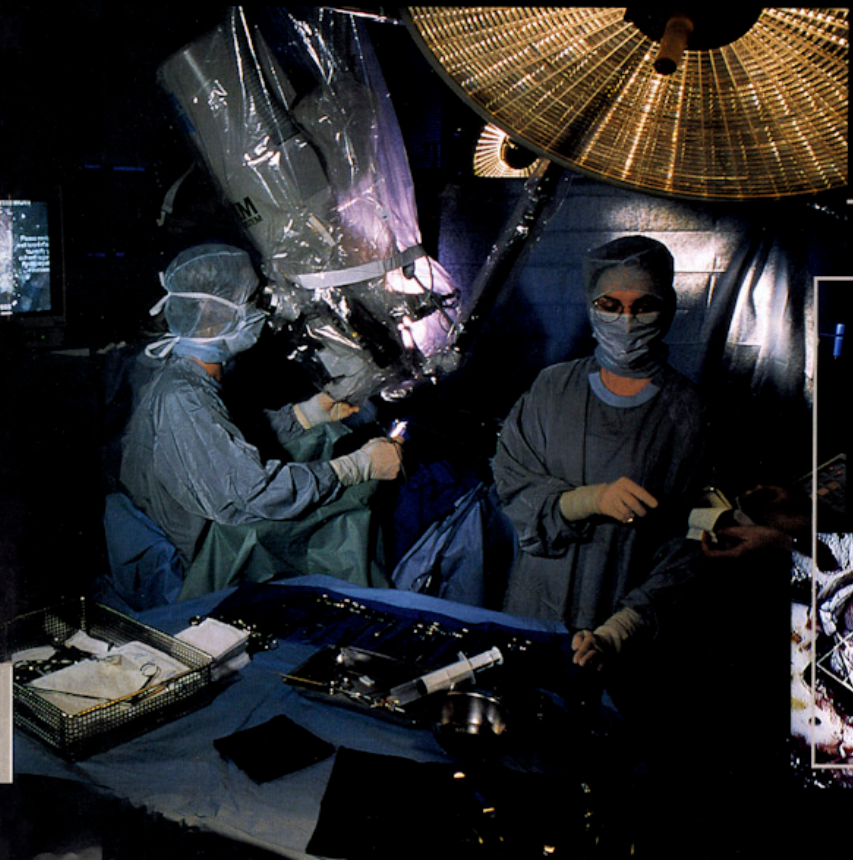
3 A partir de 124 plans de coupe, l'ordinateur construit une image en 3 D du cerveau. Les zones fonctionnelles bien délimitées, comme les zones motrices, du langage et de l'audition, sont localisées avec précision. Impossible pour les zones de la mémoire et de la pensée.

4 Images et données médicales sont transmises à une station de travail où les Pr Desgeorges et Cordoliani vont décider du protocole opératoire. Ainsi, avant de passer au bloc, toute l'équipe chirurgicale peut simuler l'opération jusqu'à être parfaitement au point.

La technologie améliore toutes les étapes mais l'art du praticien est essentiel

1 Les quatre plots collés sur le cuir chevelu du patient vont servir de repères pour établir la cartographie en 3 D du cerveau par IRM. Au bloc, ils feront aussi office de « balises » pour le robot de neuronavigation et le système autofocus du microscope.

2 L'IRM établit l'anatomie du cerveau et pointe les zones fonctionnelles. Ainsi, on délimite la zone du langage en visualisant une variation locale de la consommation d'oxygène quand le patient parle.

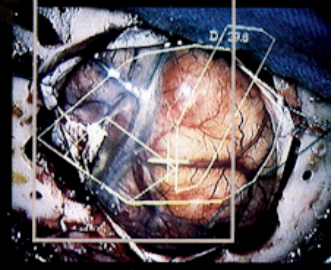


Au service de l'expérience professionnelle

Tandis que le chirurgien opère, un ingénieur biomédical suit le déroulement de l'intervention sur un écran possédant aussi les données validées au préalable. Depuis ce poste en retrait, un autre chirurgien peut prodiguer des conseils ou encore rectifier la trajectoire.

Avec MKM, deux images

C'est ce que voit le chirurgien dans le microscope. Superposées à la zone du cerveau à opérer, les données établies lors de la simulation : contour de la tumeur, zones à éviter, trajet du bistouri et distance parcourue.



▶ *Suite de la page 26*

ge réelle. Précaution supplémentaire, les deux images — virtuelle et réelle — apparaissent simultanément à l'écran du poste de travail placé en retrait, ce qui permet à un autre chirurgien d'intervenir si besoin est.

Il sécurise l'homme de l'art et allège les suites opératoires

Car le robot ne fait pas tout. Au fur et à mesure de l'élimination de la tumeur, l'espace anatomique environnant se modifie. Alors, plus l'opération avance, plus la compétence du chirurgien compte. Mais jusque-là, le robot a sécurisé l'homme de l'art, facilité son geste, limité les risques et raccourcit la durée de l'intervention. Après, il améliore encore les suites opératoires. En effet, comme 85 % des opérés de neurochirurgie, monsieur M... quittera la salle d'opération pour regagner directement sa chambre, sans passer un ou deux jours en soins intensifs, comme cela était jadis nécessaire. Et comme ça l'est toujours dans la plupart des autres services de neurochirurgie.

Paula Ceccaldi ■

Interview

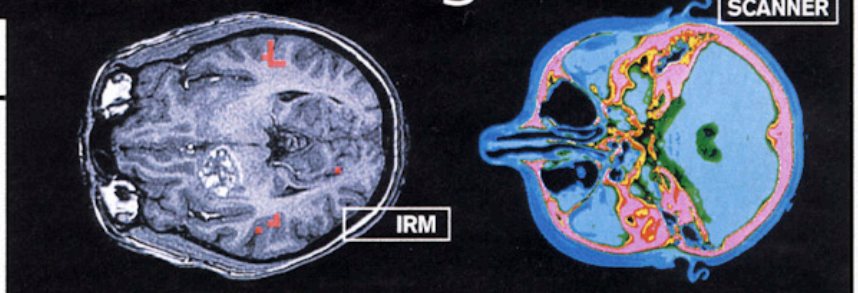
"On se demande comment on faisait avant"

Ça m'intéresse : Quels problèmes particuliers pose la chirurgie du cerveau?
Pr Michel Georges : Pour le neurochirurgien, la question est toujours : « Comment aller chercher dans une pomme (la tête), le pépin anormal (la lésion) et l'enlever sans pouvoir couper la pomme? » La difficulté n'est pas d'enlever la lésion, mais de parvenir jusqu'à elle en choisissant la meilleure trajectoire possible, sans léser les zones à risque. Pas question d'y aller avec les mains comme dans les autres chirurgies.
Ç.M. : Comment procédiez-vous avant l'imagerie en 3 D?
Pr M.D. : Le chirurgien s'imaginait évoluer en 3 D, en faisant confiance à son propre « système de neuronavigation » élaboré avec le temps et la pratique. Et plus la tumeur était petite, plus le risque de la rater était grand. Nous nous sommes tous trompés. Nous pratiquions une neurochirurgie de sauvetage, car il nous fallait attendre la survenue de troubles neurologiques pour intervenir. Nous avons longtemps espéré les outils qui permettraient d'avancer le diagnostic. L'arrivée du scanner et de l'IRM dans les années 80 a partiellement exaucé nos vœux.
Ç.M. : Cela ne suffisait pas?
Pr M.D. : Ces images numériques allaient aider au diagnostic. Ainsi nous ne raterions plus les petites tumeurs. Mais pour y accéder en limitant les risques, il nous a fallu attendre plus de dix ans avant que les robots entrent au bloc. Ici, au Val-de-Grâce, scanner et IRM sont au cœur du réseau. Toutes les informations saisies sont envoyées à une station de travail où l'équipe en charge du patient peut, en toute tranquillité, déterminer la stratégie à suivre au bloc. On peut tout imaginer, tout tester, grâce à la simulation.
Le jour de l'intervention, tout le monde est prêt, et le robot et son microscope se mettent automatiquement dans la trajectoire choisie par l'équipe. Ils n'ont pas encore donné toute leur mesure. Pourtant, on se demande parfois comment on faisait avant.
Ç.M. : Une révolution technologique?
Pr M.D. : Le MKM de Zeiss ne met pas hors jeu les compétences acquises, mais il rassure le praticien. De plus, c'est un outil d'enseignement fabuleux. On peut aussi imaginer qu'il permettra de travailler en réseau. L'armée a acquis le même robot à Toulon. Si la validation avec les satellites ou tout autre réseau à haut débit est réalisable, nous pourrons envisager très bientôt une télé-assistance chirurgicale. Chacune des salles d'opération (à Paris et à Toulon) recevant les mêmes images, des opérations se feront à distance.

Pr Michel Desgeorges, *médecin chef du service de neurochirurgie de l'hôpital militaire du Val-de-Grâce (Paris). Trente ans d'expérience et 620 interventions avec le robot Zeiss en cinq ans.*

G. SASSIER/GALLIMARD

Sans l'imagerie médicale, le cerveau serait resté une énigme



DR YASUHARA-CNRI

GCA-CNRI

Aucune technique d'imagerie médicale n'est plus utile qu'une autre. IRM, TEP et scanner sont totalement complémentaires. Le choix de l'une ou l'autre dépend de l'affection suspectée mais aussi, peut-être, de la disponibilité locale.

Nous avons des chercheurs, mais pas assez d'images

Deux unités du MKM de Zeiss (4 millions de francs) sont exploitées en France, contre 10 aux Pays-bas et 30 en Allemagne. Le reste du parc français est constitué de 7 « petits » robots Zeiss et de 5 installations de type Electra ne permettant pas de superposer les images virtuelles dans le microscope. Le chirurgien suit donc l'intervention sur un écran à proximité. Ce n'est pas notre seul faiblesse. Selon une expérience faite par une association de constructeurs d'imagerie médicale, le délai d'attente pour obtenir un rendez-vous pour un scanner ou une IRM est de 41 jours en moyenne. C'est trop quand une vie est en jeu! Fin 1999, la France comptait 182 appareils d'IRM (12 millions de francs) contre 1 148 en Allemagne. Quant aux scanners, nos voisins en ont trois fois plus que nous. Ce procédé de radiographie couplé à un ordinateur reconstruit une image du corps en coupes successives, en mesurant point par point la densité des tissus. Il permet ainsi, par exemple, de visualiser un accident cérébral. Tout aussi en retard chez nous, la TEP (tomodensitométrie par émission de positons) est utilisée pour visualiser le métabolisme (débit sanguin, consommation de glucose par les cellules), donc observer les organes au travail et leurs dysfonctionnements en cas de tumeur, de maladie de Parkinson, d'infarctus, etc. Pour cela, on injecte au patient des produits radioactifs à demi-vie courte (20 min pour le carbone 11, produit idéal), ce qui nécessite qu'ils soient fabriqués par un cyclotron à proximité du lieu d'examen. A titre d'exemple, le cyclotron alimentant la TEP de l'hôpital Tenon à Paris est à Orsay! Actuellement, la France dispose de 3 appareils de TEP (6 millions de francs) contre 5 pour la seule ville de Milan. Selon le Pr Talbot (hôpital Tenon), il en faudrait 25 pour 5 hôpitaux parisiens, plus un cyclotron (6 millions de francs) pour préparer les radioéléments nécessaires, à 3 000 F l'injection.