

# Neurochirurgie de précision



Solutions de  
Renishaw  
pour la  
neurochirurgie  
stéréotaxique



*Hervé Toggwiler, BioTuesday, Lyon, 07 janvier 2013.*



## Renishaw – la compagnie de la précision et de l'innovation



Fondée au Royaume-Uni en 1973 autour de l'invention d'une sonde d'inspection pour les moteurs de l'avion Concorde. Ce produit innovant a révolutionné l'inspection lors de la fabrication des composants usinés.

Un riche historique d'investissement en innovation couvrant la métrologie industrielle, l'identification de traces, l'odontologie et le diagnostic des cancers.

Aujourd'hui, une grande partie des principaux fabricants du monde dépendent de technologies Renishaw pour fournir une précision supérieure et une consistance dans leur processus.

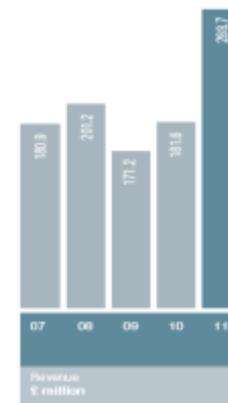
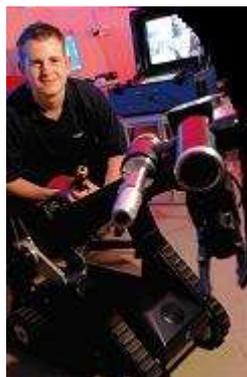
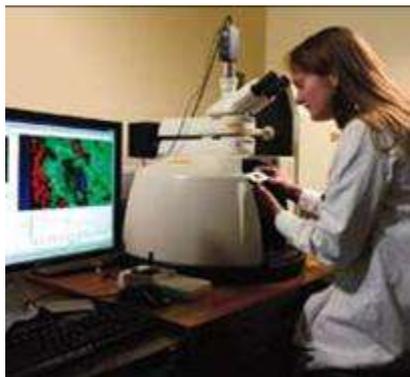
La diversification dans la fourniture de systèmes médicaux de précision est un élément clé de la stratégie de Renishaw.

Plus de 2100 employés dans 31 pays

19% du chiffre d'affaires réinvestis dans la R&D et l'ingénierie

94% des ventes effectuées hors du Royaume-Uni

14 récompenses nationales reçues (Queen's Awards for Entreprise)



## Portefeuille de solutions industrielles de Renishaw



Calibration de machines

Calibration de machines de mesure et machines-outils pour processus industriels, avec une précision de **1.25 µm**.



Martin-Baker, leader mondial des sièges d'avion éjectables, dépend des systèmes de calibration et de mesure Renishaw.



Métrieologie de coordonnées

Renishaw a inventé un système révolutionnaire à 5 axes de mesure de haute précision à haute vitesse, jusqu'à **500 mm/s**.



"Les lames sont le secret de mon succès", dit la multiple championne du monde de bobsleigh Sandra Kiriasis.



Contrôle des processus et qualité

Les systèmes de mesure de Renishaw sont le standard industriel mondial pour la vérification des machines de précision.



Ducati se sert de systèmes de mesure d'outil pour des arbres à came pour motos pouvant dépasser **20'000 tours/min**.



Codeurs à mesure de position

Interferometrie laser avec une résolution jusqu'à **38 picomètres**, plus petit que le plus petit atome, jusqu'à une vitesse de **1 m/s**.



La fabrication de l'Airbus A380 comprend plus de **1 km** de règle à codeur linéaire avec une précision totale de **4 µm**.

## Précision élevée dans la technologie moléculaire et médicale



**Médical et spectroscopie**



**Calibration de machines**



**Métrieologie de coordonnées**



**Contrôle des processus et qualité**



**Codeurs à mesure de position**



**Neurochirurgie**

Renishaw applique des technologie d'ingénierie de pointe pour améliorer la sécurité et l'efficacité des procédures de neurochirurgie stéréotaxique.



**Spectroscopie**

Les spectromètres et microscopes Raman Renishaw servent à identifier et caractériser la chimie et la structure des matériaux sans contact et de façon non destructive.



**Diagnostics moléculaires**

Renishaw diagnostics lance des technologies de détection au niveau de traces au sein d'un portefeuille de produits de diagnostic in vitro en pleine évolution.



**Numérisation et fabrication de prothèses dentaires**

Système CFAO conçu pour la précision à chaque étape. Le résultat est une couronne ou un bridge qui non seulement paraît naturel, mais s'insère parfaitement.

## Portefeuille de neurochirurgie fonctionnelle de Renishaw

### neuro | **mate**®

robot de neurochirurgie guidée par l'image

Haute précision en chirurgie robotisée



### neuro | **inspire**™

logiciel de planification chirurgicale

Graphisme avancé pour la planification anatomique



### neuro | **guide**™

kit d'introduction d'électrodes

Imagerie péri-opératoire pour une haute précision dans l'implantation d'électrodes



## La robotique en neurochirurgie

- Besoin d'une précision élevée et de reproductibilité en raison de la complexité de l'environnement anatomique
- Meilleure précision → meilleur résultat pour le patient
  - En 2006, la chirurgie robotisée a été utilisée lors de 3,5 millions d'interventions aux seuls Etats-Unis<sup>1</sup>.
- Meilleure précision et reproductibilité → durée d'intervention raccourcie
  - Se traduit en économies pour le système de santé
- Meilleur résultat + durée raccourcie → plus de patients traités
  - Se traduit en meilleure qualité de vie pour les patients

## neuro I mate®

- Le robot numéro 1 de neurochirurgie guidée par l'image dans le monde
- Utilisé lors de plus de 9000 interventions neurochirurgicales
- Utilisé dans les principaux centres de neurochirurgie fonctionnelle en France
- Egalement au Royaume-Uni, Allemagne, Italie, Japon, Moyen Orient, Pérou et USA



*“Les robots offrent à la chirurgie une large palette d’avantages. Ils augmentent la précision et la dextérité du chirurgien, réduisent le tremblement de la main humaine, et peuvent amplifier ou réduire les mouvements et/ou les forces appliqués par le chirurgien.”*

*A.L. Benabid – dans le livre “The operating room for the 21st century”*

## neuro | mate®

- **Spécialement conçu pour la salle d'opération**
  - Compact, facile à déplacer et à nettoyer
  - Conçu pour un remplacement rapide des pièces
  - Rapide à mettre en œuvre
  - Systèmes de diagnostic embarqués
  - Fiable: >9000 interventions neurochirurgicales
    - Zéro événement indésirable à signaler aux autorités
    - Durée moyenne entre pannes: 8 mois (intervention annulée: 21 mois)



## neuro I mate®

- **Homologations réglementaires**

- Marqué CE (Europe), ISO 13485:2003 pour:
  - Neurochirurgie stéréotaxique
  - Chirurgie neuro-endoscopique
- Homologation par la FDA pour la neurochirurgie stéréotaxique en cours
- Précédemment homologué par le ministère de la santé du Japon pour la neurochirurgie stéréotaxique



8 robots utilisés dans le top 10 des centres français de neurochirurgie

Magazine Le Point  
Aout 2012

Classement des 35 meilleurs hôpitaux français pour la neurochirurgie

NB:

- Un autre Neuromate est utilisé à l'hôpital Henri Mondor à Paris – Créteil
- Les deux derniers robots entrés en fonction (Nice et Toulouse) sont tous deux des Neuromate

NEUROCHIRURGIE								
HÔPITAUX								
		ACTIVITE	NOTORIETE	TECHNICITE	DUREE DE SERVICE	SPECIALISATION		
						NOTE /20		
R	1 <sup>er</sup>	Hôpital neurologie P.-Wertheimer, Lyon (Rhône)	1 388	57 %	37 %	15,3	12 %	19,11
m	2 <sup>e</sup>	CHU, Grenoble (Isère)	893	50 %	34 %	12,5	9 %	18,44
m	3 <sup>e</sup>	Fondation Rothschild, Paris	550	82 %	21 %	15,1	21 %	17,65
R	4 <sup>e</sup>	CHU, Rouen (Seine-Maritime)	667	36 %	18 %	17,1	11 %	17,60
R	5 <sup>e</sup>	CHU, Bordeaux (Gironde)	1 258	51 %	26 %	17,7	9 %	17,57
m	6 <sup>e</sup>	CHU, Toulouse (Haute-Garonne)	992	59 %	23 %	16,3	8 %	17,52
m	7 <sup>e</sup>	Hôpitaux universitaires, Strasbourg (Bas-Rhin)	600	26 %	27 %	17,5	11 %	17,48
	8 <sup>e</sup>	Hôpital Lariboisière, Paris	538	79 %	28 %	16,5	11 %	17,43
	9 <sup>e</sup>	Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris	1 189	80 %	10 %	19,1	7 %	17,33
m	10 <sup>e</sup>	CHU, Nantes (Loire-Atlantique)	737	42 %	14 %	17,5	11 %	17,23
	10 <sup>e</sup>	CHU, Nancy (Meurthe-et-Moselle)	879	68 %	13 %	21,2	11 %	17,23
	12 <sup>e</sup>	CHU, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)	582	48 %	26 %	17,8	11 %	17,18
	13 <sup>e</sup>	CHU, Rennes (Ile-et-Vilaine)	816	58 %	12 %	13,5	8 %	17,15
R	14 <sup>e</sup>	CHU, Lille (Nord)	1 429	39 %	15 %	15,3	2 %	17,13
	15 <sup>e</sup>	CHU, Poitiers (Vienne)	574	74 %	19 %	15,2	11 %	17,08
	16 <sup>e</sup>	CHU, Tours (Indre-et-Loire)	646	62 %	19 %	17,1	9 %	17,03
	17 <sup>e</sup>	Hôpital Necker, Paris	628	91 %	24 %	8,7	-	16,88
	18 <sup>e</sup>	CHU, Angers (Maine-et-Loire)	502	59 %	27 %	14,9	9 %	16,81
	18 <sup>e</sup>	Hôpital Bicêtre, Le Kremlin-Bicêtre (Val-de-Marne)	500	79 %	20 %	17,3	12 %	16,81
	20 <sup>e</sup>	CHU, Montpellier (Hérault)	678	51 %	23 %	17,1	7 %	16,78
	21 <sup>e</sup>	Hôpital Beaujon, Clichy (Hauts-de-Seine)	554	85 %	12 %	13,7	10 %	16,71
R	22 <sup>e</sup>	CHU, Nice (Alpes-Maritimes)	495	22 %	19 %	14,7	11 %	16,56
	23 <sup>e</sup>	Hôpital Foch, Suresnes (Hauts-de-Seine)	328	65 %	29 %	13,2	20 %	16,53
	24 <sup>e</sup>	CHU, Dijon (Côte-d'Or)	446	57 %	21 %	12	9 %	16,36
	25 <sup>e</sup>	CHR, Orléans (Loiret)	190	26 %	26 %	17,6	25 %	16,31
	26 <sup>e</sup>	CHU, Brest (Finistère)	623	28 %	11 %	14,3	7 %	16,26
	27 <sup>e</sup>	CHU, Limoges (Haute-Vienne)	357	61 %	18 %	18,6	12 %	16,16
	28 <sup>e</sup>	CHU, Reims (Marne)	441	62 %	8 %	10,8	10 %	16,11
R	28 <sup>e</sup>	Hôpital Sainte-Anne, Paris	529	79 %	24 %	14,1	6 %	16,11
	30 <sup>e</sup>	Hôp. d'Instr. des armées Sainte-Anne, Toulon (Var)	267	8 %	41 %	13,6	9 %	16,01
	31 <sup>e</sup>	CHU, Caen (Calvados)	602	53 %	11 %	17,8	7 %	15,82
	32 <sup>e</sup>	CH, Perpignan (Pyénées-Orientales)	214	29 %	23 %	14	9 %	15,74
	33 <sup>e</sup>	CHU, Besançon (Doubs)	322	54 %	12 %	21,1	12 %	15,64
	34 <sup>e</sup>	CHU, Saint-Etienne (Loire)	489	42 %	15 %	17,1	8 %	15,50
m	35 <sup>e</sup>	CHU, Amiens (Somme)	414	59 %	10 %	14,9	8 %	15,22

Neurochirurgie: Classement des hôpitaux réalisant des actes de neuro...



## Sites de Renishaw et du neuro | mate



 Sites principaux de Renishaw :  
 Siège et R&D (Bristol, UK)  
 Marketing & Service Neuro  
 (Renishaw mayfield, Nyon, CH)  
 Production (Dublin, IE)

**R** Centre de service  
 Renishaw **neuro** | **mate**  
**R** Centre de service distributeur  
 Site d'installation **neuro** | **mate**

# Applications

Le robot numéro 1  
de neurochirurgie  
guidée par l'image



*“Les applications du neuromate continuent de s’étendre à mesure que la technologie de guidage par l’image progresse. Des études récentes ont prouvé que ses capacités de localisation et de ciblage sont **comparables à celles des systèmes de localisation standard.**”*

*Karas & Chiocca JRS 1:39 2007*



## Stéréotaxie avec cadre

- Tous les cadres courants supportés
  - Leksell (Elekta)
  - CRW (Radionics)
  - ZD (Fischer)
  - Talairach (DIXI)



*“Le système [neuromate] avec cadre a le **même niveau de précision** que le meilleur système de localisation standard (repérage IR). Les approches [classiques] d’utilisation d’un cadre sont d’un usage peu pratique et limitées en terme d’instrumentation.”*

*Li et al. Comput Aided Surg 7:90 2002*

## Stéréotaxie sans cadre (frameless)

- Confort amélioré (patient et chirurgien)
- Gain de temps
- Réduit les erreurs de calcul/positionnement
- Permet toutes les trajectoires



*“Nous avons pu faire état d’une précision d’application [du neuromate en mode frameless], sur un fantôme et en situation clinique, **comparable à celle d’un système de cadre**. Un avantage majeur réside dans la **possibilité de séparer l’imagerie** de l’intervention chirurgicale.”*

*Varma and Eldridge IJMRCAS 2:107 2006*

*“La chirurgie stéréotaxique robotisée... est particulièrement séduisante : elle **permet des approches neuro-chirurgicales dans d’excellentes conditions** tout en s’affranchissant éventuellement du cadre stéréotaxique.”*

*Blond et al. Ann Fr Anesth Reanim. 21:162 2002*



## Stéréo-électroencéphalographie (SEEG)

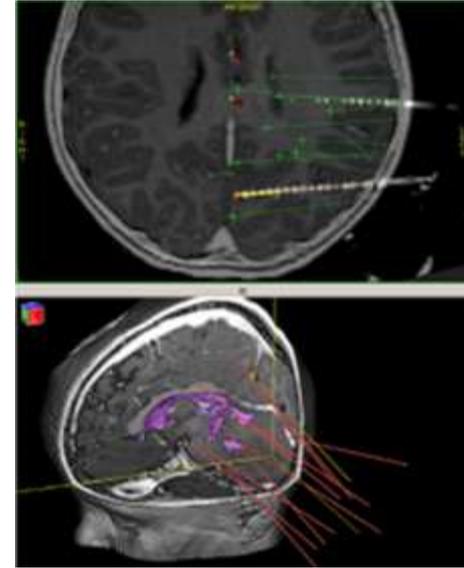
### neuromate utilisé pour la SEEG dans 8 centres

- Cartographie pré-chirurgicale pour la chirurgie de l'épilepsie
- Les électrodes profondes remplacent les grilles sous-durales très invasives
- Couverture 3D du cerveau avec taux de complication fortement réduit
- Stimulation par les électrodes pour détecter les régions fonctionnelles critiques

### Avantages du neuromate pour la SEEG

- Durée de la procédure largement réduite (7-9 h avec cadre, 2-3 h avec robot)
- Précision et sécurité: pas de montage et démontage de pièces mécaniques

*“Un total de 2666 électrodes ont été implantées [en 215 interventions sur 7 ans]. 87% ont permis une chirurgie résective. La morbidité liée à l'implantation d'électrodes a été de 5,6%, sévère chez 1% des patients.”*  
 Cossu et al. Neurosurgery 57:706 2005



*méthode classique:  
électrocorticographie (grilles sous-  
durales)*



*Implantation d'électrodes robotisée minimalement invasive*

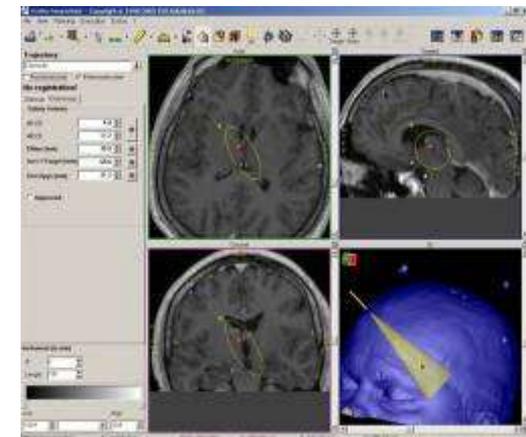
## Neuro-endoscopie

### neuromate utilisé pour la neuro-endoscopie dans 2 centres

- Approche intra-ventriculaire du troisième ventricule et des structures cérébrales profondes
- Hydrocéphalie obstructive
- Lésions traumatiques et vasculaires
- Neuro-oncologie

### Fonctionnalité unique du neuromate

- Marquage CE (Europe) pour la neuro-endoscopie
- Planification guidée par l'image avec couloir de sécurité défini par l'utilisateur
- Guidage précis avec télécommande, précision inégalée
- Porte-outils stable – un seul chirurgien au lieu de deux



*“Une approche endoscopique avec guidage robotisé aboutit, dans presque tous les cas, à un résultat **libre de crises** ou à une **réduction considérable des crises** — avec un taux de **morbidity extrêmement faible** comparé aux approches classiques.”*

*Procaccini et al. Neurosurgery 59:336 2006*

## Robot guidé par l'image pour la stimulation cérébrale profonde (SCP)



**Planification chirurgicale**  
Positionnement détaillé  
des contacts des électrodes



**Incision de la peau**  
Indication laser du site  
d'incision de la peau



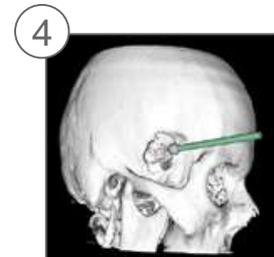
**Forage par trépan robotisé**  
Alignement parfait  
(en cours de développement)



**Imagerie intraopératoire**  
O-arm, fluoroscopie ou TDM intra-  
opératoire ou IRM périopératoire



**Implantation d'électrodes**  
au moyen de tubes guides et/ou  
microélectrodes d'enregistrement



**Fraisage crânien**  
Placement de stimulateur,  
connecteur et câble  
(en cours de développement)

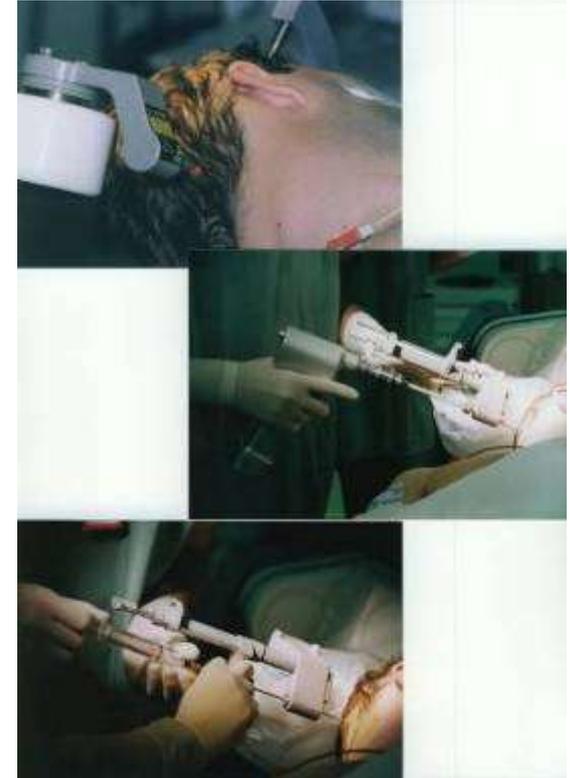
## Biopsie

### neuromate utilisé pour la biopsie dans 10 centres

- Navigation, possibilité de biopsies multiples
- Procédure très rapide
- Porte-outils de biopsie avec capteur de profondeur
- Retour électronique de la position de la pointe de l'outil

### Les biopsies complexes deviennent possibles (toutes trajectoires)

- Série rétrospective de 87 biopsies de la région de l'hypophyse (EANS 2009)
  - Zéro mortalité et morbidité
- Série rétrospective de 17 biopsies du tronc cérébral (ESSFN 2006)
  - Zéro mortalité, 3 cas de morbidité transitoire et 1 cas de permanente



**“La méthodologie robotisée simplifie la procédure stéréotaxique, sans perte de fiabilité quant à l'accès au diagnostic, avec une morbidité et mortalité nulles.”**

*Lefranc et al. EANS-SNFC 2009*

**“La biopsie robotisée [avec le neuromate] est une procédure précise permettant une approche trans-cérébelleuse plus aisée que les biopsies stéréotaxiques avec cadre.”**

*Haegelen et al. Proc. ESSFN 2006*

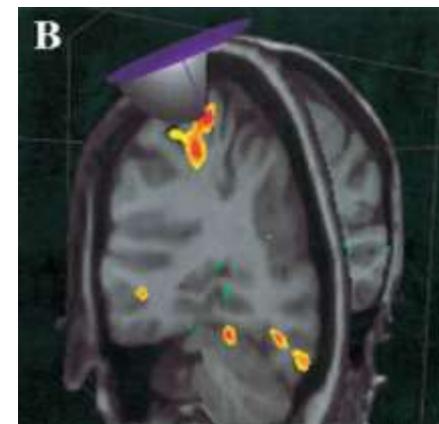
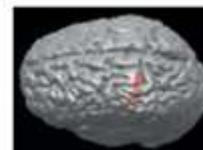
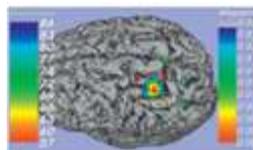
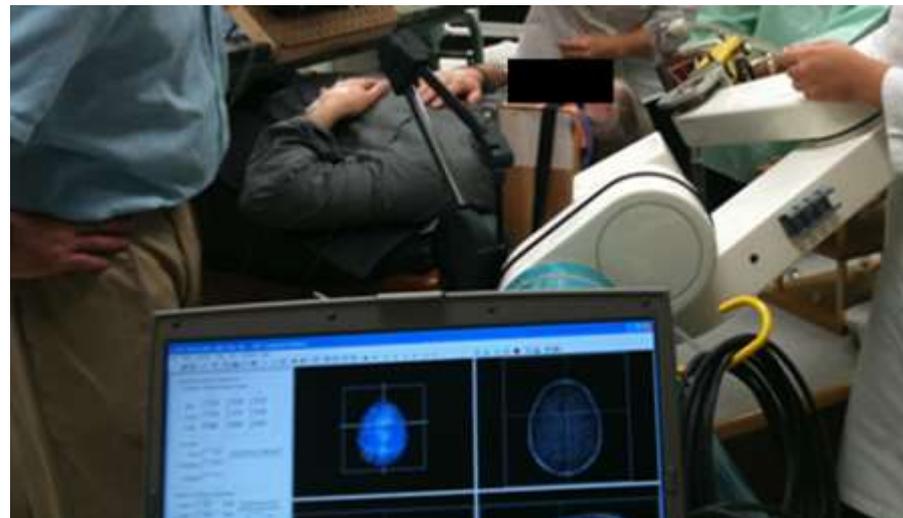
## Stimulation magnétique transcrânienne (TMS)

**Système TMS guidé par l'image** avec bras neuromate développé à San Antonio, USA

- 9 subventions obtenues, 1300 patients traités
- Planification, modélisation et exécution précises sont essentielles pour des résultats reproductibles

**Stimulation cérébrale non invasive**

- Cartographie cérébrale: planification chirurgicale, stimulation corticale, mécanismes de la SCP
- TMS répétitive pour la dépression réfractaire
- Robot compatible avec scanner TEP

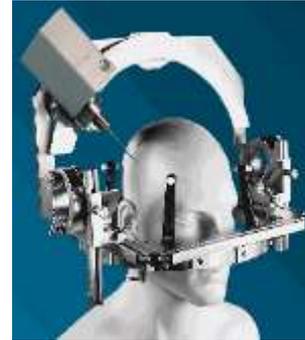


*“La TMS guidée par l'image, avec une **orientation précise** du champ électrique, normal à la surface corticale, serait essentielle à son application.” “[Le système TMS avec un bras robot neuromate] peut proposer une **capacité de positionnement et d'orientation exceptionnelle** pour les bobines TMS.”*

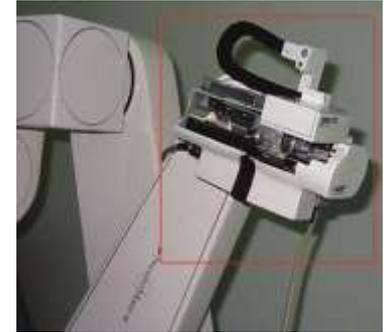
*Fox et al., Lancaster et al. Hum. Brain Mapp. 22:1, 22:329 2004*

## Traitement radiochirurgical

- Zeiss IntraBeam (Photon Radiosurgery System)
- Pour tumeurs profondes non résécables



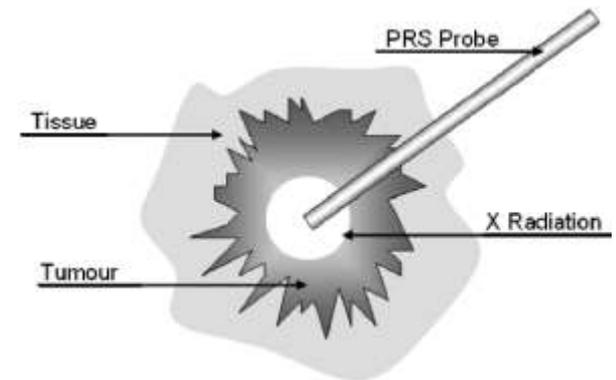
cadre classique



système basé sur le neuromate

*“Des doses ajustables et de forts gradients de dose peuvent être obtenus avec le PRS. Le traitement radiochirurgical de tumeurs peut être effectué **immédiatement après la biopsie stéréotaxique** sans recours à des mesures de radioprotection ni à des installations dédiées. L'utilisation de systèmes robotisés pour positionner, orienter et guider le PRS peut garantir un **niveau de précision bien plus élevé** que les techniques stéréotaxiques basées sur un cadre.”*

*Rossi et al. IJMRCAS 1:64 2005*



## Greffe de cellules

neuromate utilisé pour les greffes dans 2 centres

### Applications cliniques

- Maladies dégénératives

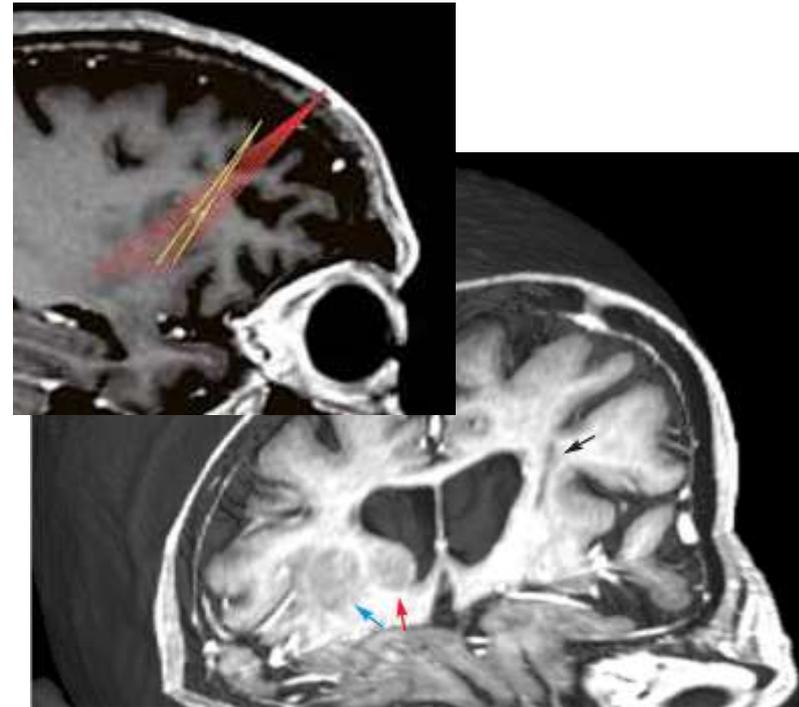
### Intervention

- Implantation de cellules souches neurales
- Trajectoires et sites d'implantation multiples

### Avantages du neuromate

- Guidage par l'image (atrophie fréquente)
- Trajectoires multiples réalisables

*Trajectoires dans la tête du noyau caudé et le putamen; développement de structures du côté droit après 7 mois*



*“Notre [technique] opératoire, **permettant d’adapter au mieux l’intervention stéréotaxique à l’anatomie du patient**, a permis une optimisation de la technique de neurotransplantation dans la terrible maladie de Huntington.”*

*Gallina et al. Stereotact Funct Neurosurg 86:308 2008*

## Administration de médicaments (drug delivery)

neuromate utilisé dans 2 centres

### Applications cliniques

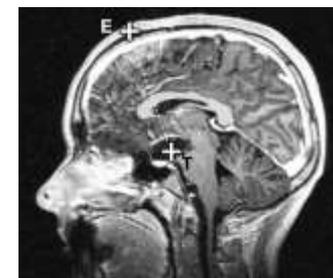
- Neuro-oncologie
  - Chimiothérapie
  - Radiothérapie

### Intervention

- Implantation de cathéter
- Drainage de kystes (craniopharyngiomes)
- Administration d'agent thérapeutique

### Avantages du neuromate

- Navigation
- Précision



*“L’implantation d’un cathéter dans le craniopharyngiome kystique permet le drainage intermittent du kyste et l’administration de [la substance de chimiothérapie] bléomycine. Le robot stéréotaxique neuromate permet un **placement précis de cathéters** dans les kystes.”*  
 Golash, Eldridge et al. Proc. ESPN 2000

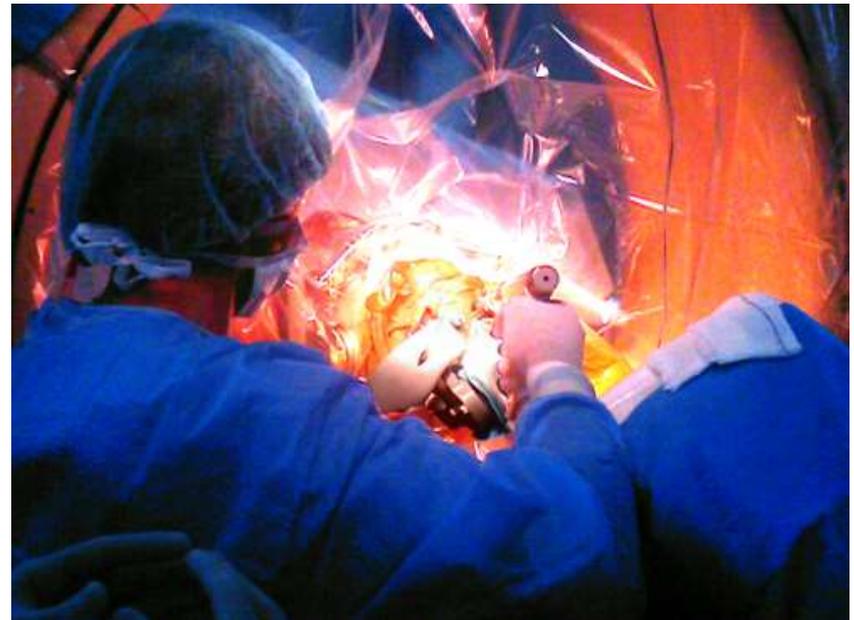
*“La méthode stéréotaxique [avec le neuromate] a **notablement réduit le risque de fuites** dans l’espace sous-arachnoïdien ou le système intraventriculaire.”*  
 Derrey Neurosurgery 63:1045 2008

## Intégration avec O-arm

- Utilisé cliniquement sur 2 sites pour la SCP et la SEEG
- Adaptation mécanique permettant le coulisement de l'O-arm
- Aucun élément radio-opaque dans le champ de l'O-arm
- Espace de travail accessible suffisant
- Intégration directe des images et fusion dans la station de navigation (DICOM)



- L'équipe pionnière de l'utilisation de l'O-arm pour l'implantation d'électrodes de SCP en France a remarqué que "une fixation du cadre stéréotaxique au sol de la salle d'opération permettrait de limiter les mouvements incontrôlés du cadre pendant la chirurgie". La base solide du neuromate fournit cette fixation mécanique très stable.



## Avantages clés du neuromate

### Sécurité

- Lié à l'imagerie
  - Régions vitales et vaisseaux visualisés et évités
  - Pas de calculs ni de positionnements manuels propices aux erreurs
- Vérification automatique de la précision en temps réel
- Robot retirable rapidement de l'espace de travail du chirurgien

### Facilité d'emploi et versatilité

- Planification sur logiciel interactif basé sur l'imagerie
- Personnalisation (dimensions, adaptations de cadres, modalités d'imagerie)
- Porte-outils alimentés pour outils standards ou spécifiques

### Stéréotaxie frameless

- Durée d'intervention réduite (pas de calculs ni d'éléments ajustables)
- Davantage de trajectoires possibles
- Pas de problème de contamination

**Nous contacter**

[info@renishawmayfield.com](mailto:info@renishawmayfield.com)

[www.renishawmayfield.com](http://www.renishawmayfield.com)

**Renishaw mayfield SA**

66 route du Stand  
1260 Nyon

**Suisse**

T +41 22 362 69 72

F +41 22 362 69 73

**Renishaw mayfield SARL**

31, rue Ampère  
69680 Chassieu

**France**

T +33 4 37 23 89 00

F +33 4 78 90 75 22

**Renishaw plc**

New Mills  
Wotton-under-Edge  
Gloucestershire  
GL12 8JR

**United Kingdom**

T +44 1453 524900

F +44 1453 524102

**Renishaw Inc.**

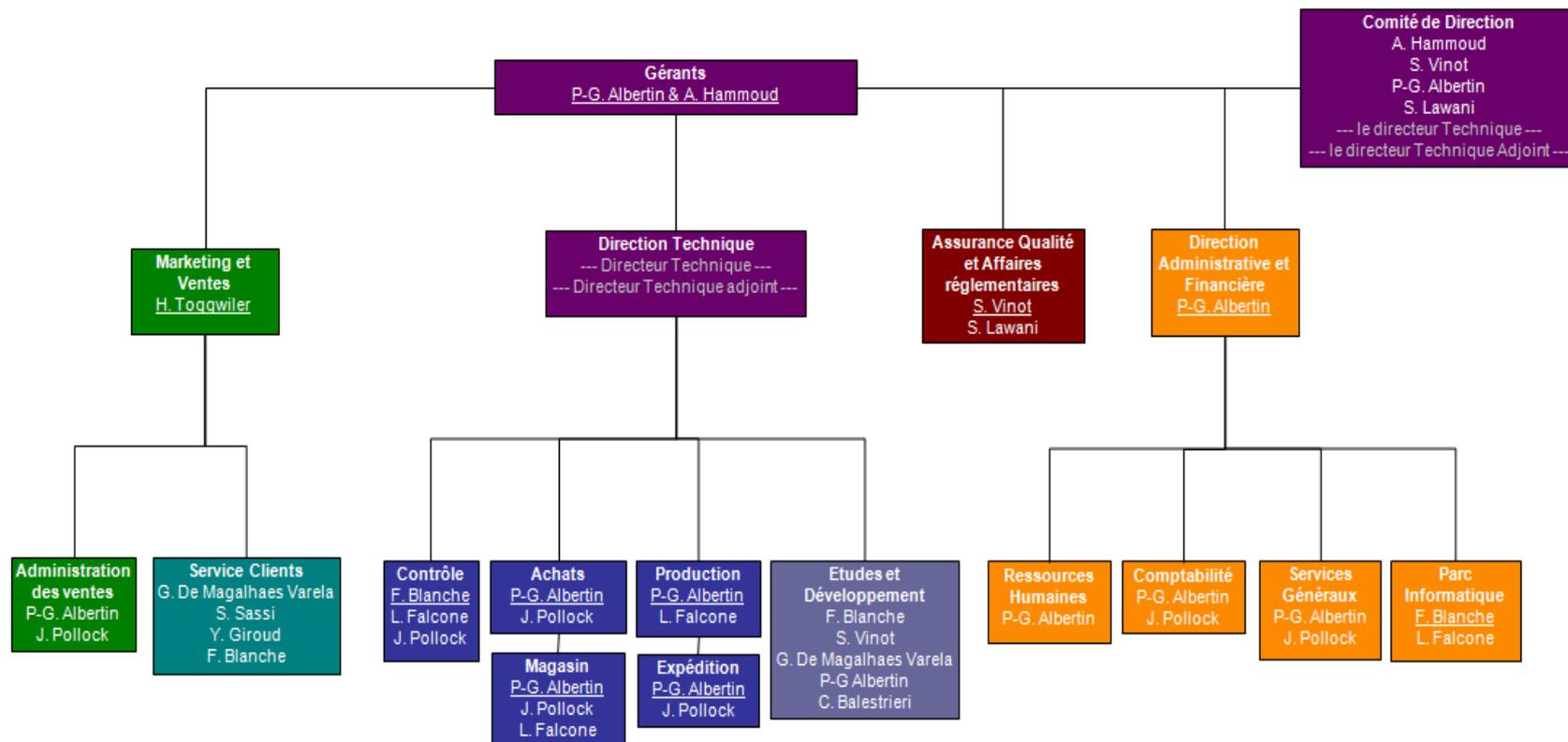
5277 Trillium Blvd  
Hoffman Estates  
Illinois  
IL 60192

**United States**

T +1 847 286 9953

F +1 847 286 9974

## Organigramme



World Paraarchery Championship, Bangkok, November 2013.



Thierry QUEHEN / GlanceAtPics.com



Merci



**Hervé Toggwiler, *Directeur Marketing & Ventés, France***

15 ans d'expérience de robotique chirurgicale, en orthopédie et en neurochirurgie.

Ancien responsable marketing & ventes, puis directeur général de la filiale France de Integrated Surgical Systems, puis Schaerer Mayfield, entreprise de navigation et robotique chirurgicales pour l'orthopédie et la neurochirurgie. Unité robotique chirurgicale acquise par Renishaw.

Ancien responsable R&D, puis responsable international des ventes, Landanger-Landos, leader en implants orthopédiques et neurochirurgicaux acquis par DePuy.

Master en management de l'Institut Français de Gestion.