

- Neurochirurgie stéréotaxique
- Neurochirurgie fonctionnelle
- Radiochirurgie
- Réalité virtuelle et robotique en neurochirurgie

Pr N. Massager

Présentation téléchargeable sur le site www.stereotaxie.be

La stéréotaxie

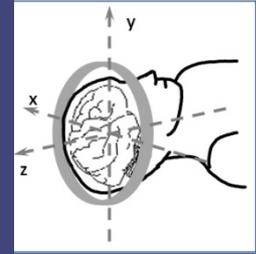
- Étymologie: vient du grec *stereo* = *tridimensionnel*
taxis = *ordre*

- Définition:

Technique chirurgicale consistant à utiliser des coordonnées précises de l'espace tridimensionnel pour guider des gestes thérapeutiques ou diagnostiques neurochirurgicaux

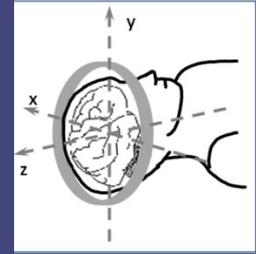
- Concept:

- basé sur le système cartésien de coordonnées tridimensionnelles inventé par Descartes (1596-1650)
- un seul et unique point de l'espace peut être défini par ses relations à 3 plans de l'espace se croisant à angles droits

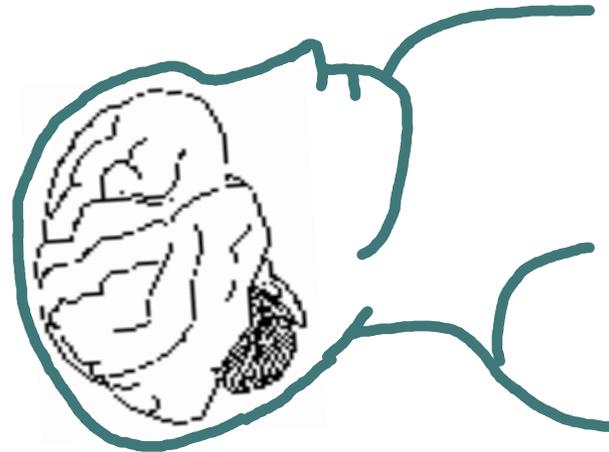


La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



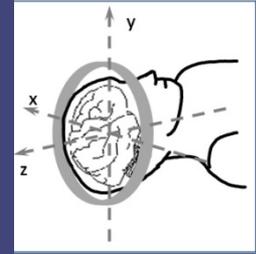
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



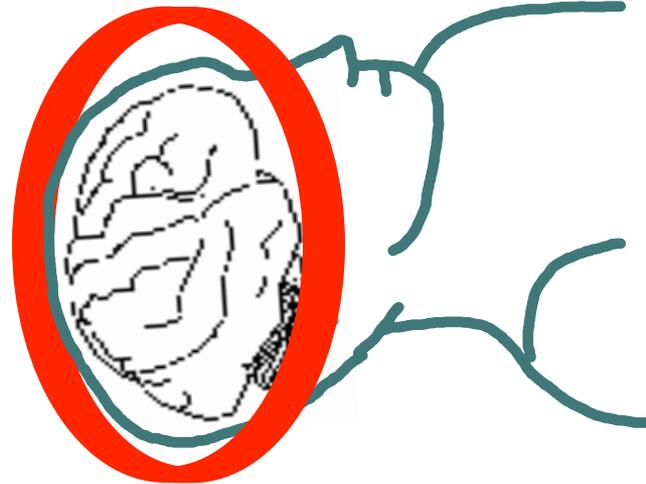
ULB

La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



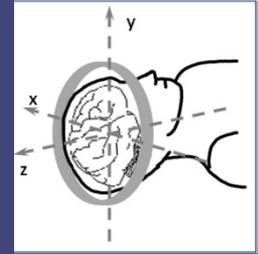
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



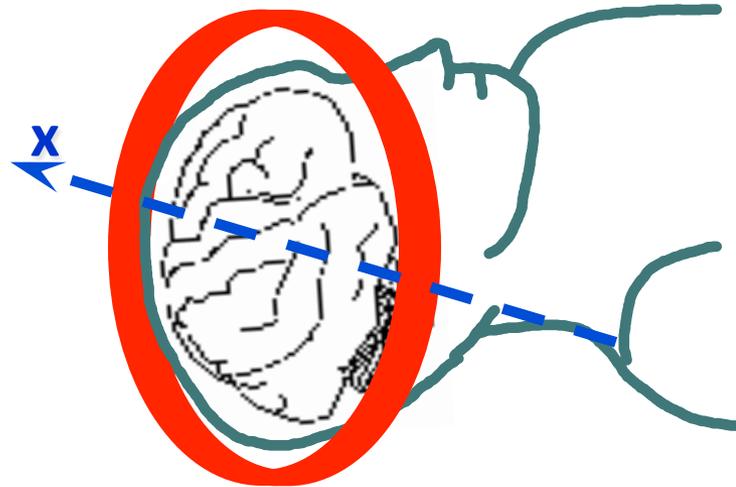
ULB

La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



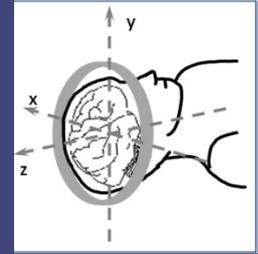
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



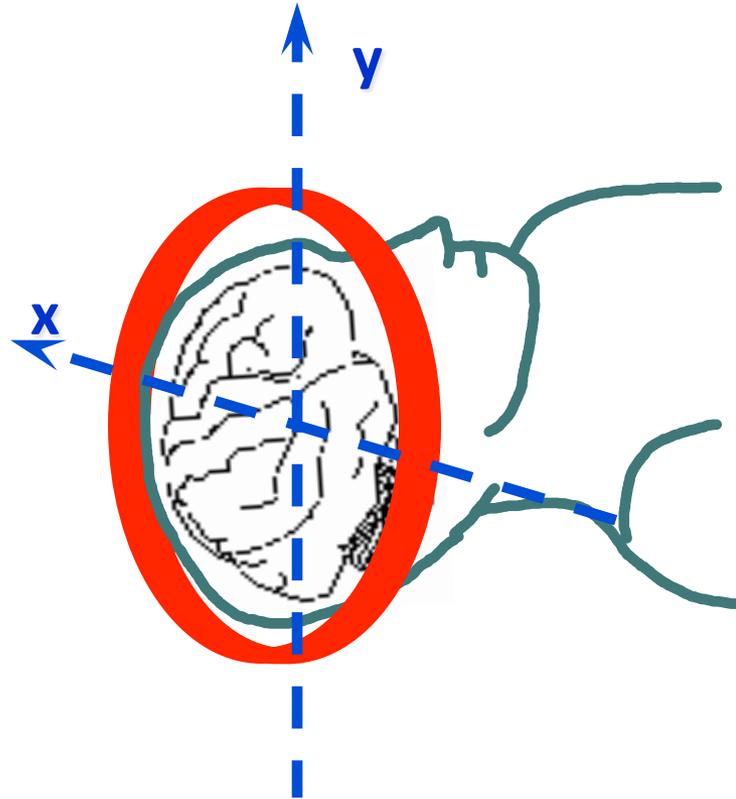
ULB

La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



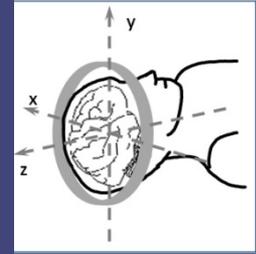
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



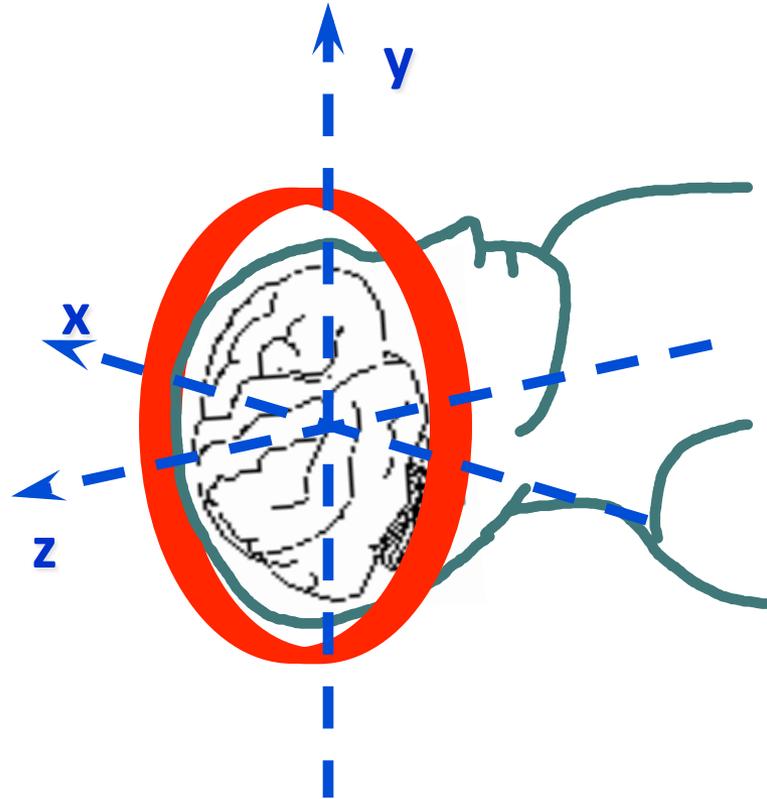
ULB

La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



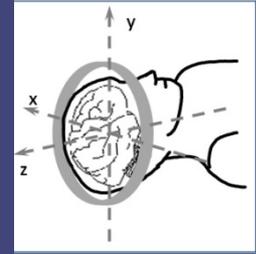
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie

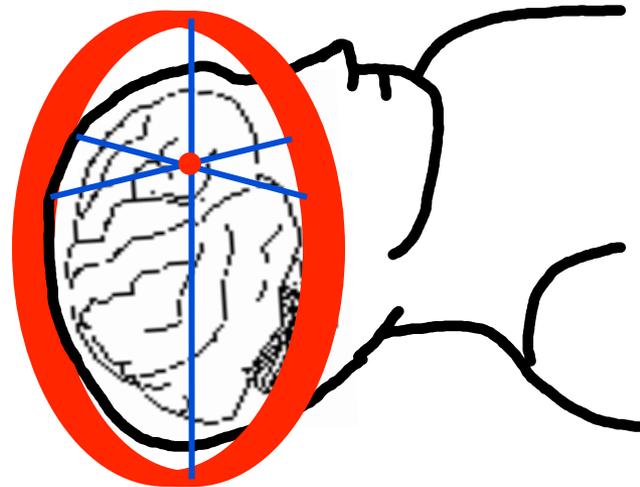


Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

X = ...

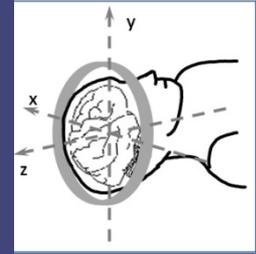
Y = ...

Z = ...



La stéréotaxie

Service de Neurochirurgie



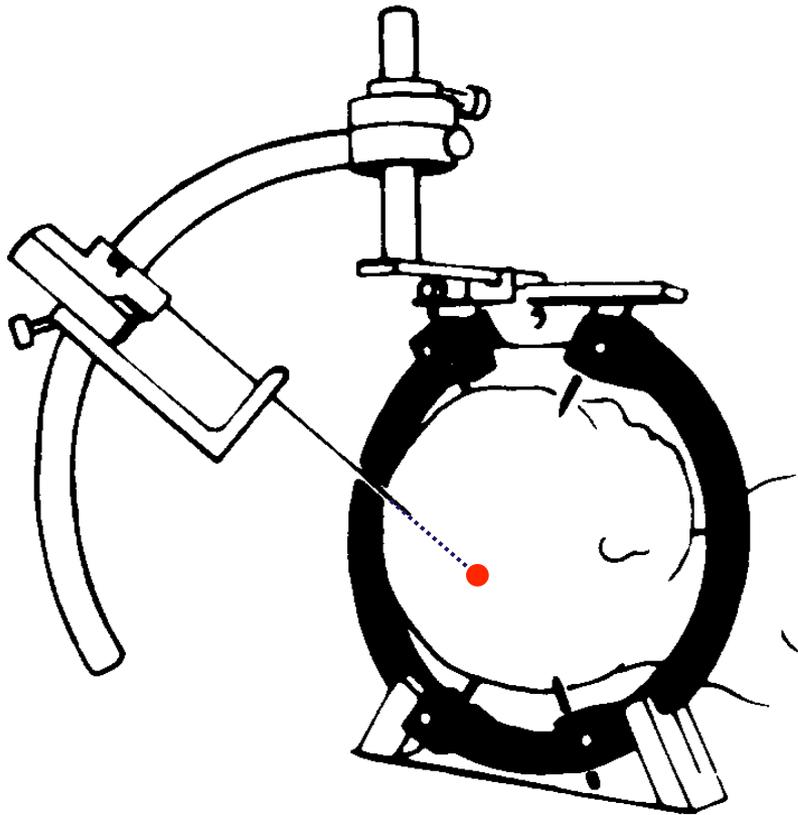
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



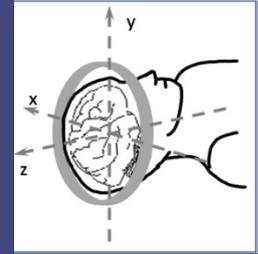
La stéréotaxie

- Applications:

1. biopsie
2. injection
3. aspiration
4. implantation d' électrodes
5. cautérisation



Service de Neurochirurgie



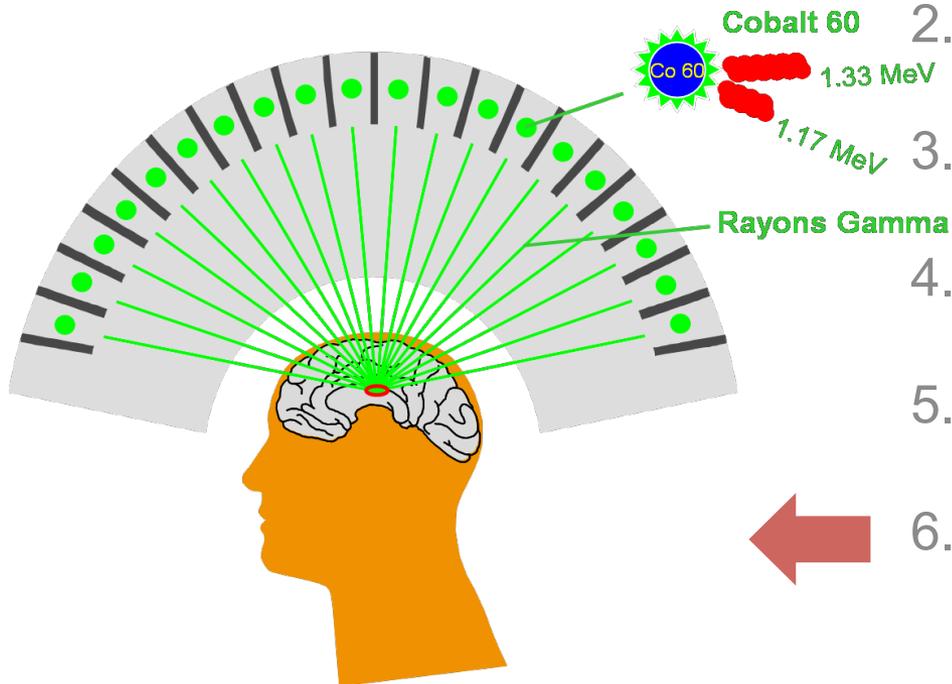
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



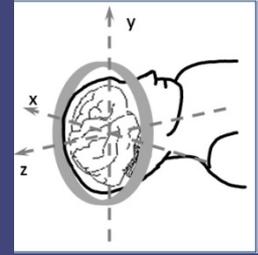
La stéréotaxie

- Applications:

1. biopsie
2. injection
3. aspiration
4. implantation d' électrodes
5. cautérisation
6. irradiation



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La stéréotaxie

- Procédure de stéréotaxie:

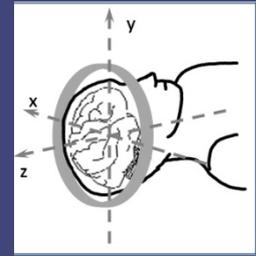
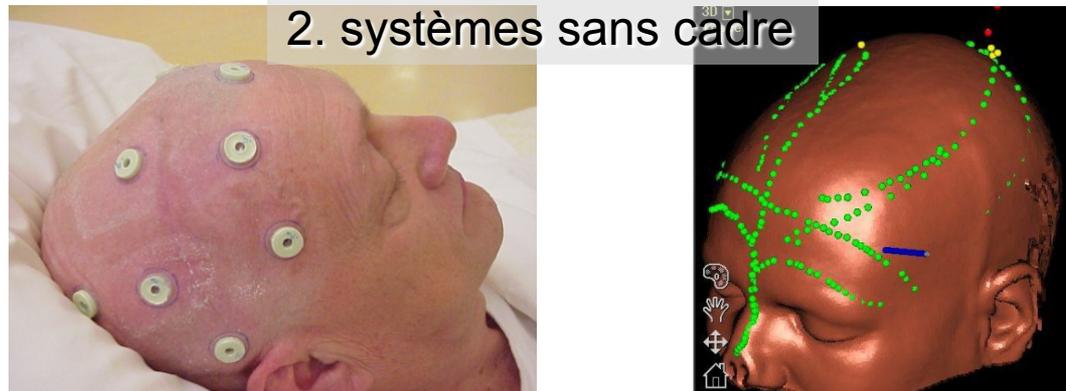
comporte 4 étapes successives:

1. création d'un système de référence

1. cadre de stéréotaxie



2. systèmes sans cadre



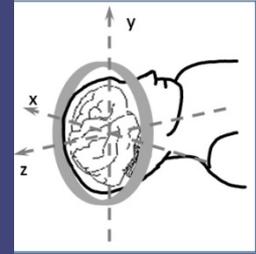
La stéréotaxie

- Procédure de stéréotaxie:

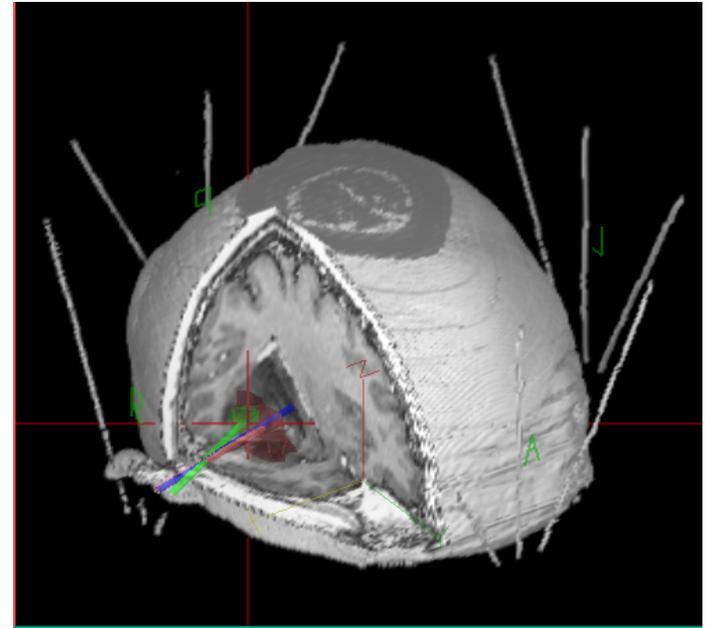
comporte 4 étapes successives:

1. création d'un système de référence
2. réalisation d'images en 3D comprenant la cible et le référentiel

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

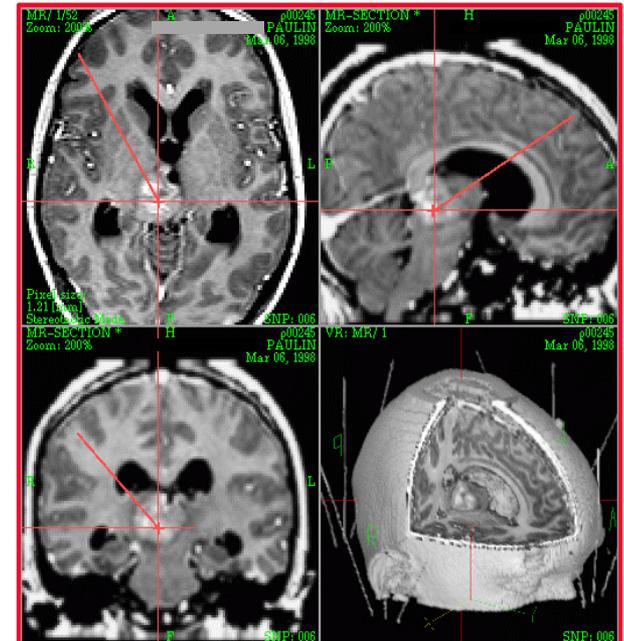
La stéréotaxie

- Procédure de stéréotaxie:

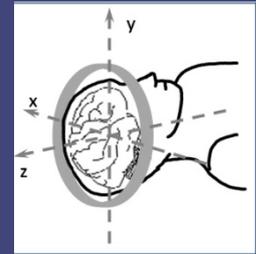
comporte 4 étapes successives:

1. création d'un système de référence
2. réalisation d'images en 3D comprenant la cible et le référentiel
3. planification de l'intervention sur les images 3D

→ obtention des coordonnées nécessaires à l'intervention



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La stéréotaxie

- Procédure de stéréotaxie:

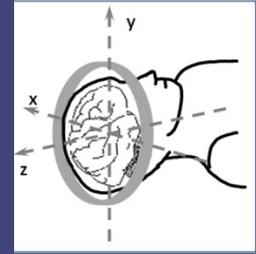
comporte 4 étapes successives:

1. création d'un système de référence
2. réalisation d'images en 3D comprenant la cible et le référentiel
3. planification de l'intervention sur les images 3D

→ obtention des coordonnées nécessaires à l'intervention

Path: Path1 (path # 1)

Arc Position	Target Coordinates X, Y, Z [mm]	Ring Angle degree °	Arc Angle degree °
RIGHT	110.3, 89.0, 130.9	54.4	104.1
Comments: Entry point: X=135.3 Y=147.0 Z=49.8 [mm] Distance between target and entry point: 102.8 [mm]			



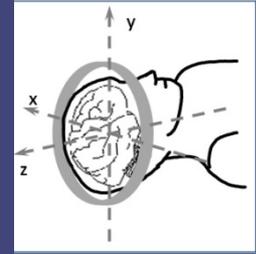
La stéréotaxie

- Procédure de stéréotaxie:

comporte 4 étapes successives:

1. création d'un système de référence
2. réalisation d'images en 3D comprenant la cible et le référentiel
3. planification de l'intervention sur les images 3D
→ obtention des coordonnées nécessaires à l'intervention
4. réalisation de l'intervention

Service de Neurochirurgie



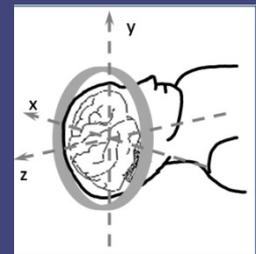
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



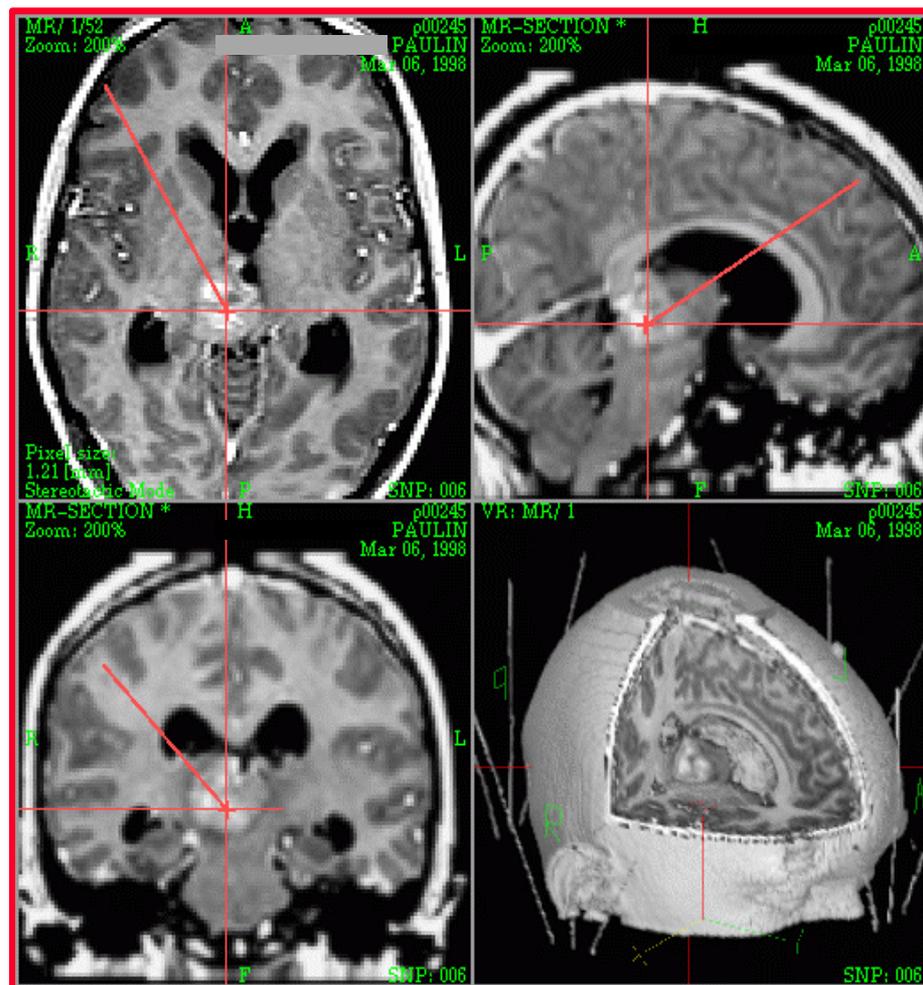
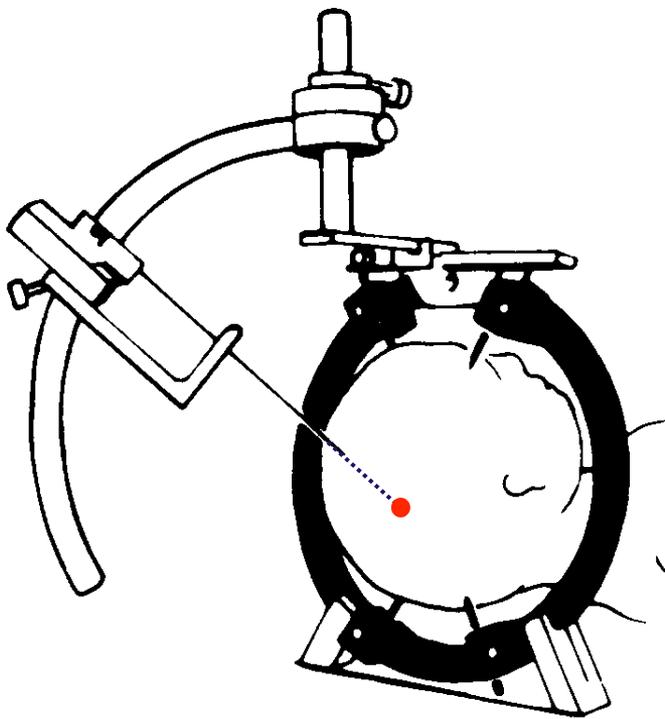
La biopsie stéréotaxique

- But: prélever un échantillon de tissu à n'importe quel endroit de l'encéphale
- permet d'obtenir une **analyse histologique** du tissu prélevé
- utilise une **procédure stéréotaxique**

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

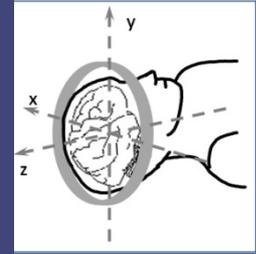


La neuronavigation

- application de la stéréotaxie au cours d'interventions neurochirurgicales
- permet au neurochirurgien de connaître la position précise de ses gestes sur une imagerie 3D (IRM cérébrale par exemple)
- utilise un système analogue au système de navigation GPS



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

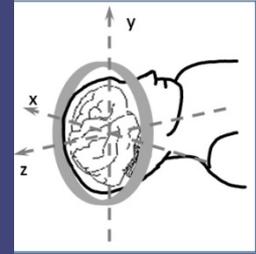


ULB

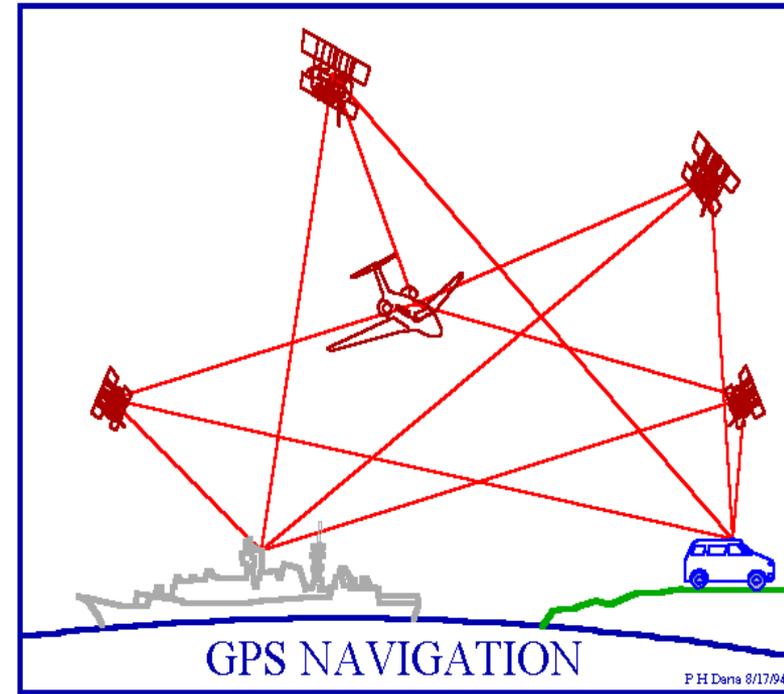
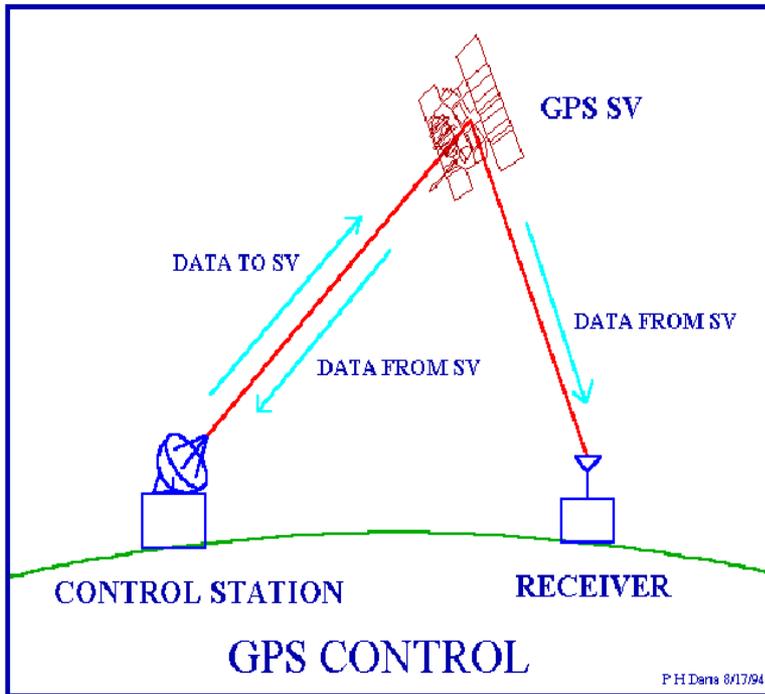
La neuronavigation

- application de la stéréotaxie au cours d'interventions neurochirurgicales
- permet au neurochirurgien de connaître la position précise de ses gestes sur une imagerie 3D (IRM cérébrale par exemple)
- utilise un système analogue au système de navigation GPS

Service de Neurochirurgie



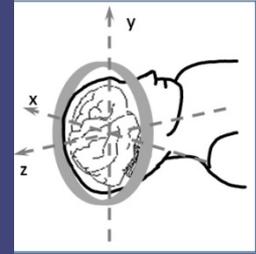
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



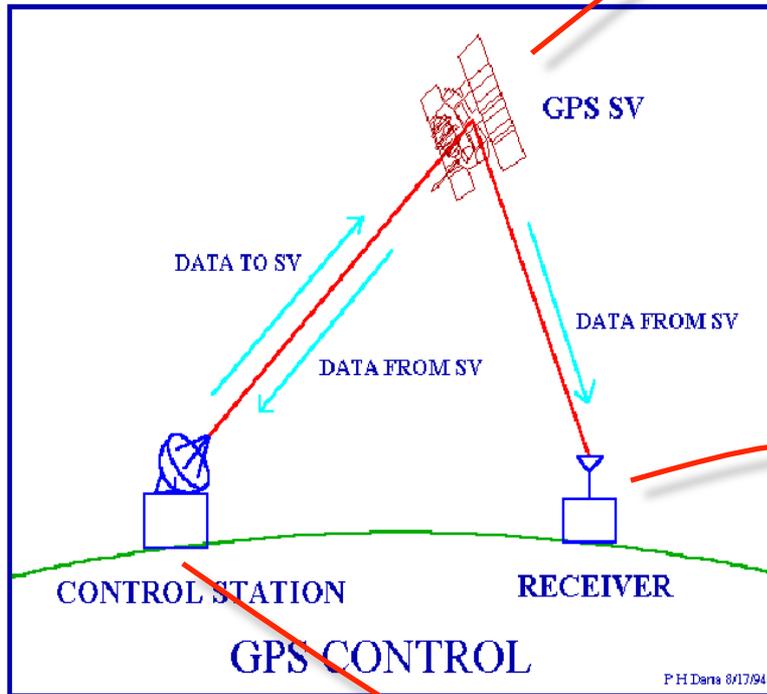
La neuronavigation

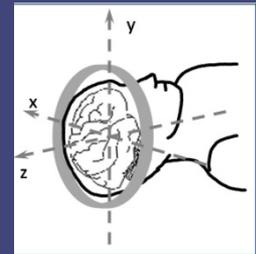
- application de la stéréotaxie au cours d'interventions neurochirurgicales
- permet au neurochirurgien de connaître la position précise de ses gestes sur une imagerie 3D (IRM cérébrale par exemple)
- utilise un système analogue au système de navigation GPS

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie





1. La stéréotaxie et la neuronavigation

2. La neurochirurgie fonctionnelle

3. La radiochirurgie

4. Réalité virtuelle / robotique

La neurochirurgie fonctionnelle

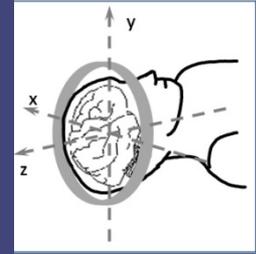
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l'épilepsie
2. La chirurgie des mouvements anormaux
3. La chirurgie de la spasticité
4. La chirurgie de la douleur
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La neurochirurgie fonctionnelle

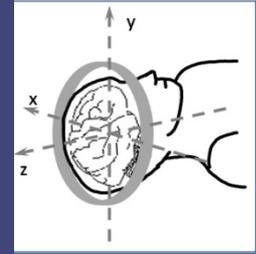
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l'épilepsie
2. La chirurgie des mouvements anormaux
3. La chirurgie de la spasticité
4. La chirurgie de la douleur
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La chirurgie de l'épilepsie

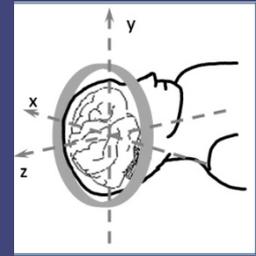
- Indications

- épilepsie réfractaire (pharmaco-résistante) = 1/3 des épilepsies
- évaluation neurologique pré-chirurgicale, comprenant:
 1. anamnèse (sémiologie des crises)
 2. examen neurologique
 3. monitoring d' électroencéphalogramme
 4. Résonance magnétique cérébrale
 5. PET-scan cérébral

- Techniques chirurgicales:

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
4. chirurgie visant à stimuler électriquement le foyer épileptique

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



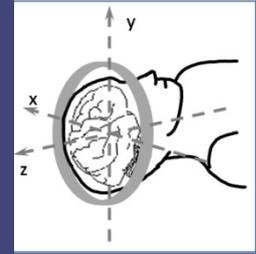
La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique

1. implantation d' électrodes sous-durales (languettes / plaques)
2. implantation d' électrodes profondes
= stéréo-encéphalographie (S.E.E.G.)



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



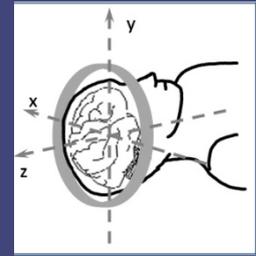
ULB

La chirurgie de l'épilepsie

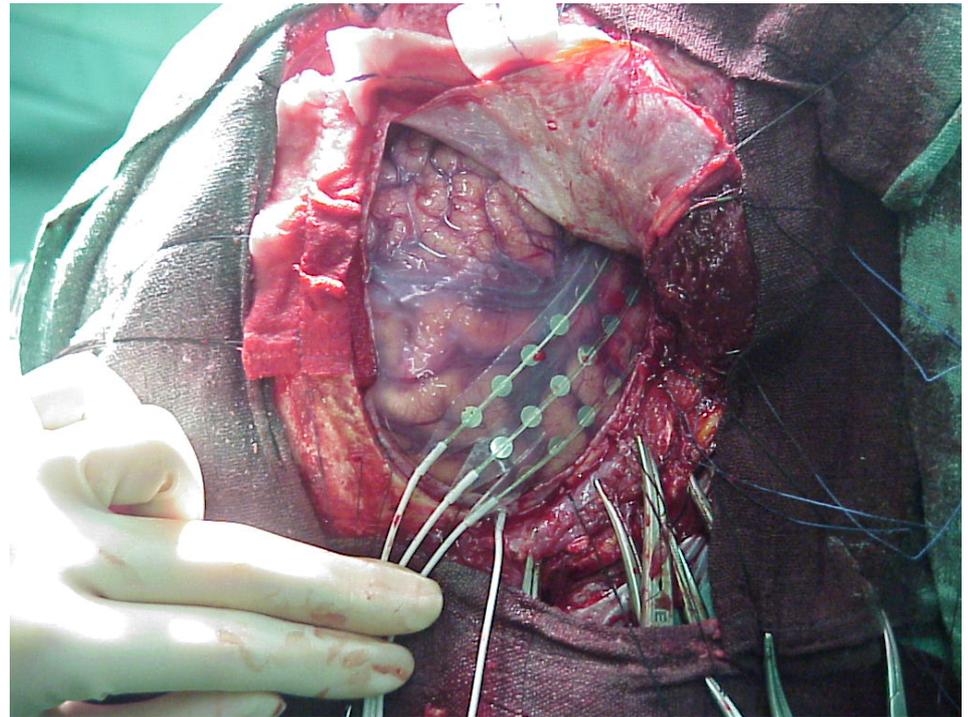
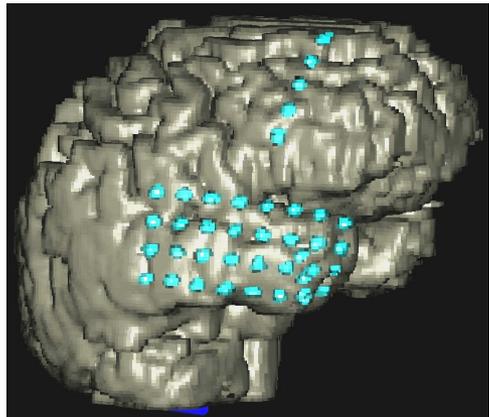
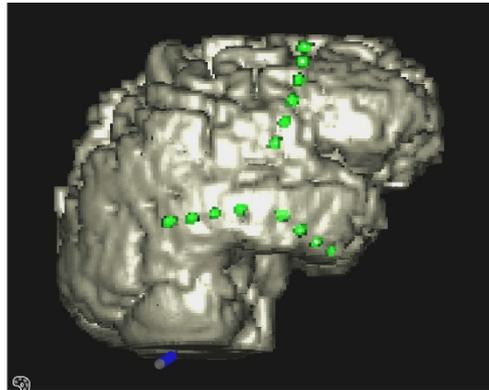
1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique

1. **implantation d' électrodes sous-durales (languettes / plaques)**
2. implantation d' électrodes profondes
= stéréo-encéphalographie (S.E.E.G.)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

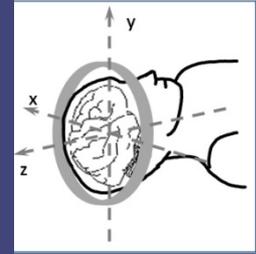


La chirurgie de l'épilepsie

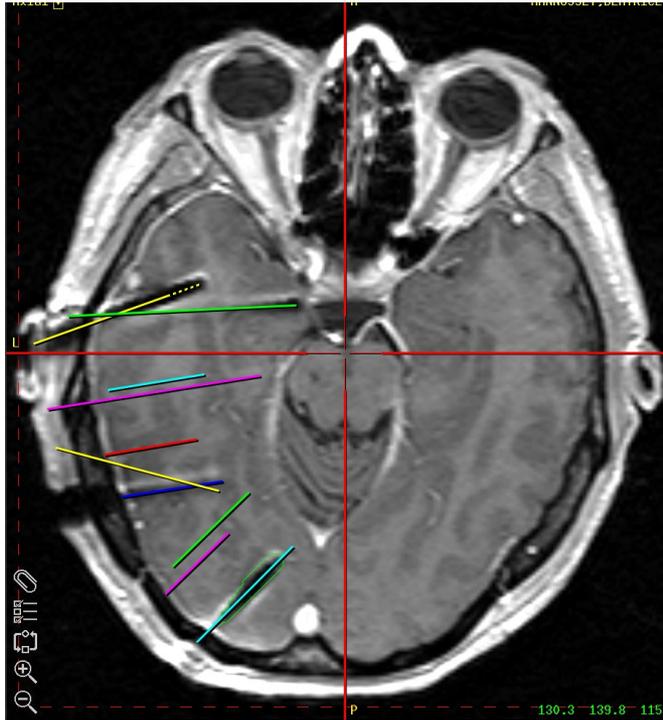
1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique

1. implantation d' électrodes sous-durales (languettes / plaques)
2. **implantation d' électrodes profondes**
= stéréo-encéphalographie (S.E.E.G.)

Service de Neurochirurgie



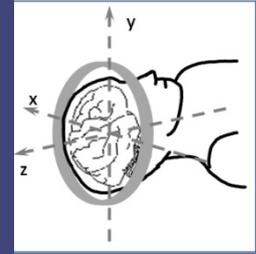
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



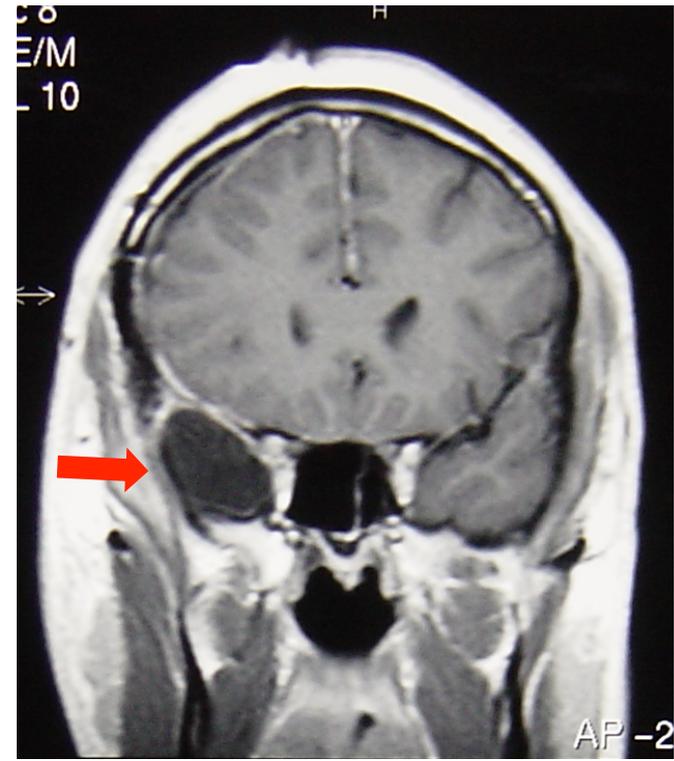
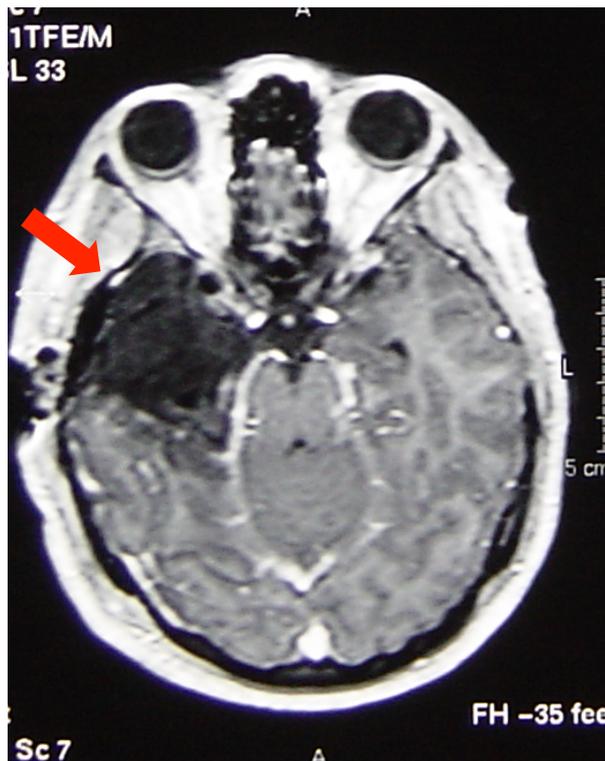
La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
 1. **lobectomies** : résection d'un lobe cérébral

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

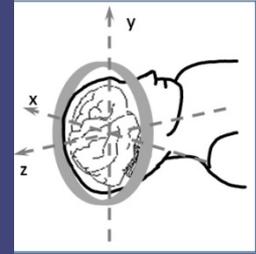


ULB

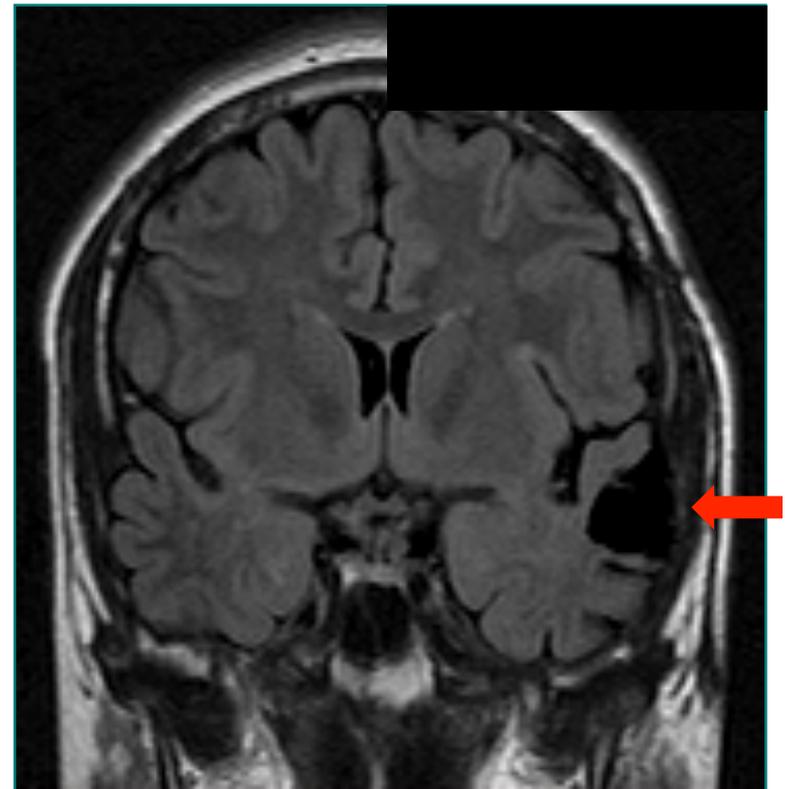
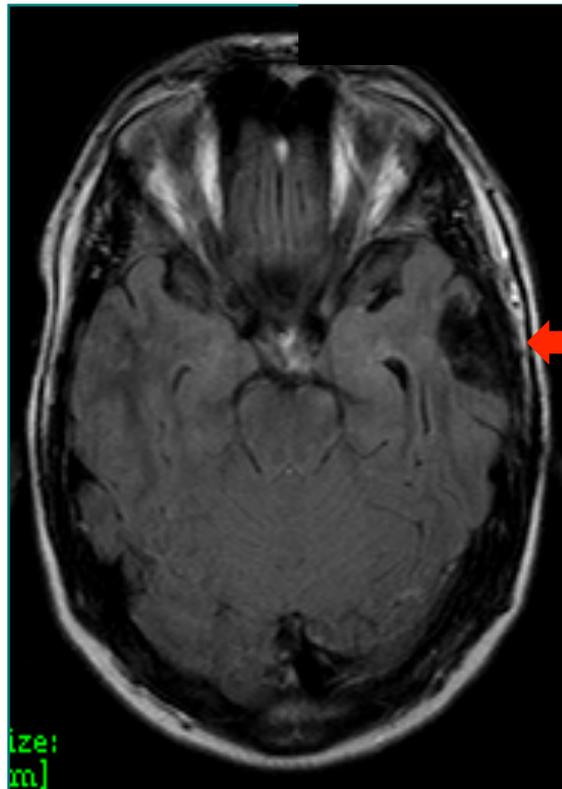
La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
 1. lobectomies
 2. **cortectomies** : résection d'une partie limitée du cortex cérébral

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

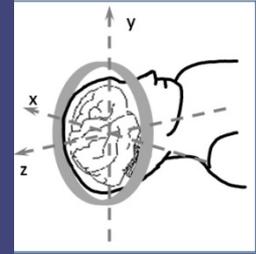


ULB

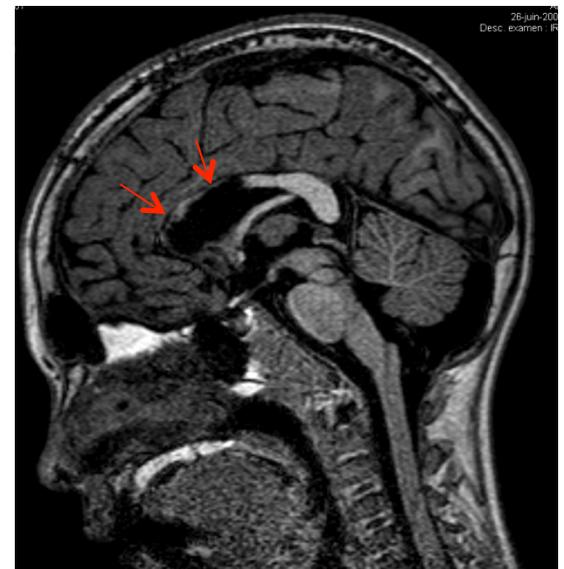
La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
 1. **callosotomie** : déconnexion du corps calleux

Service de Neurochirurgie



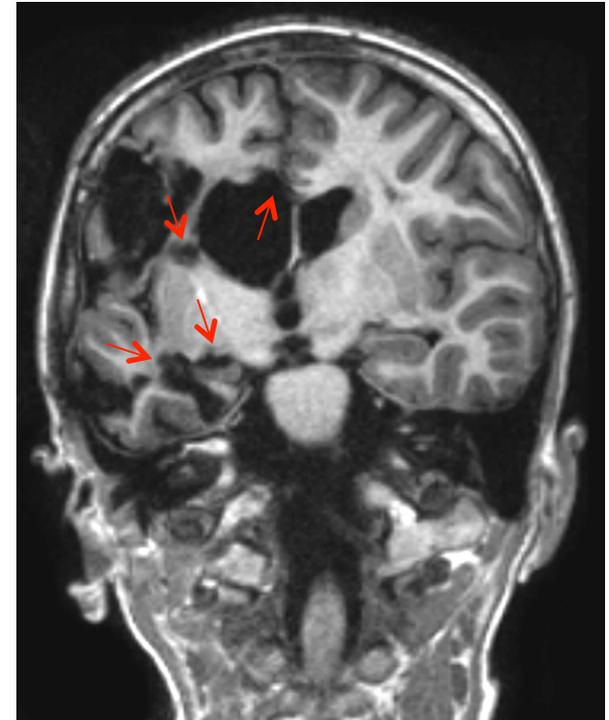
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



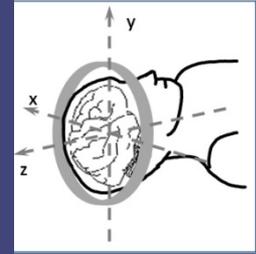
ULB

La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
 1. callosotomie
 2. **hémisphérotomie** : déconnexion d'un hémisphère cérébral



Service de Neurochirurgie

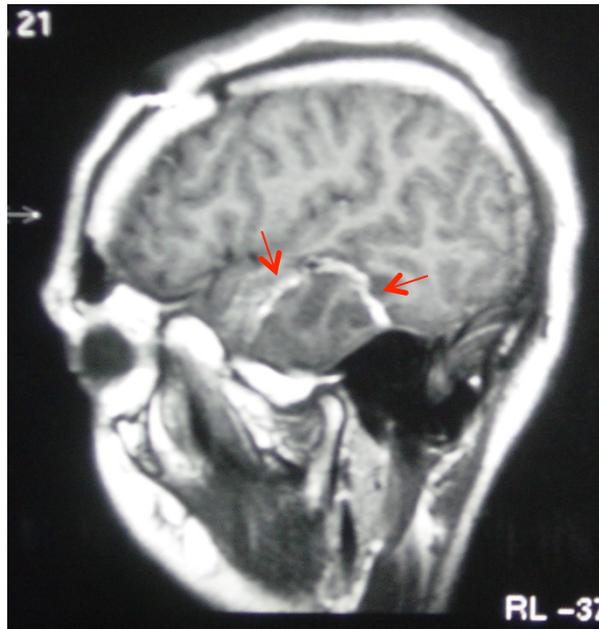


Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

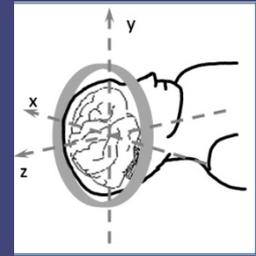


La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
 1. callosotomie
 2. hémisphérotomie
 3. **déconnexion temporelle**: déconnexion du complexe amygdalo-hippocampique



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

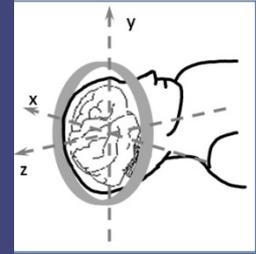
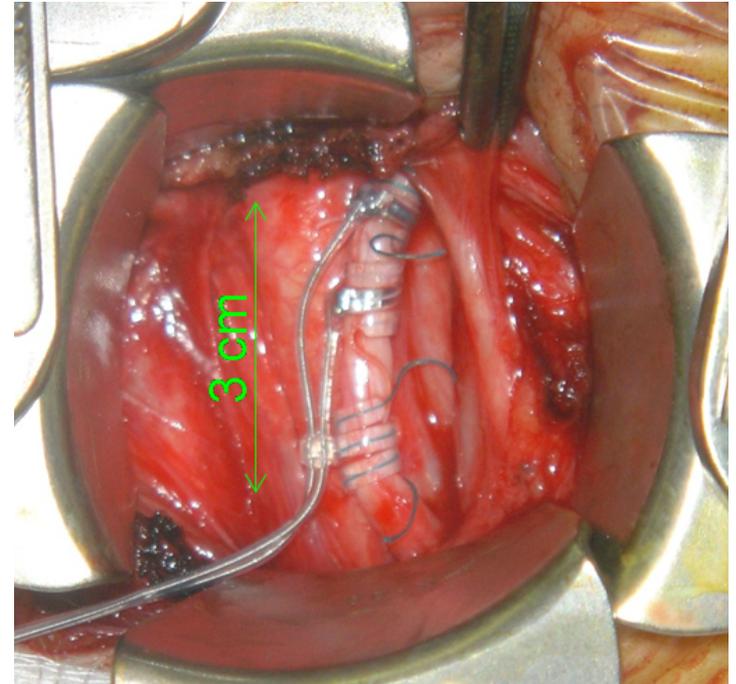
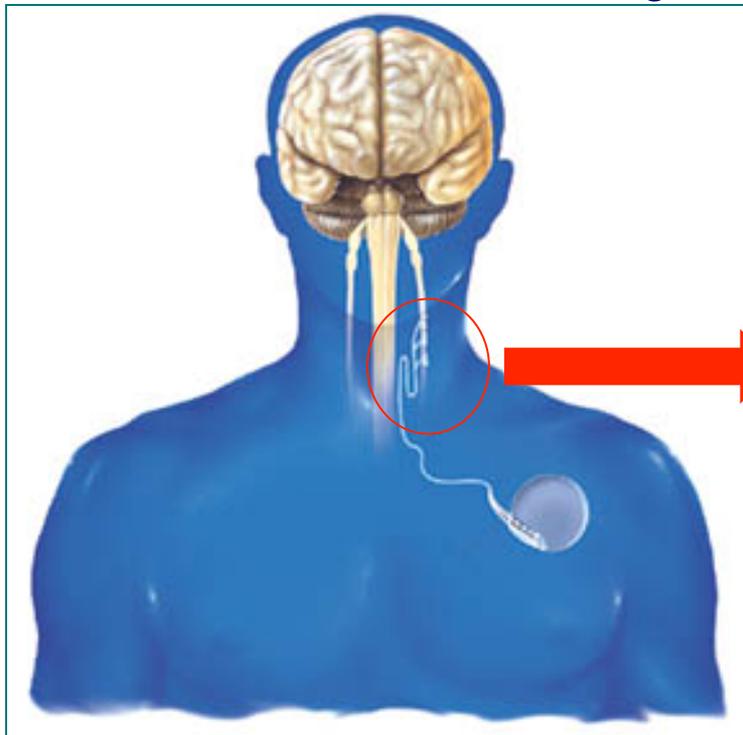


ULB

La chirurgie de l'épilepsie

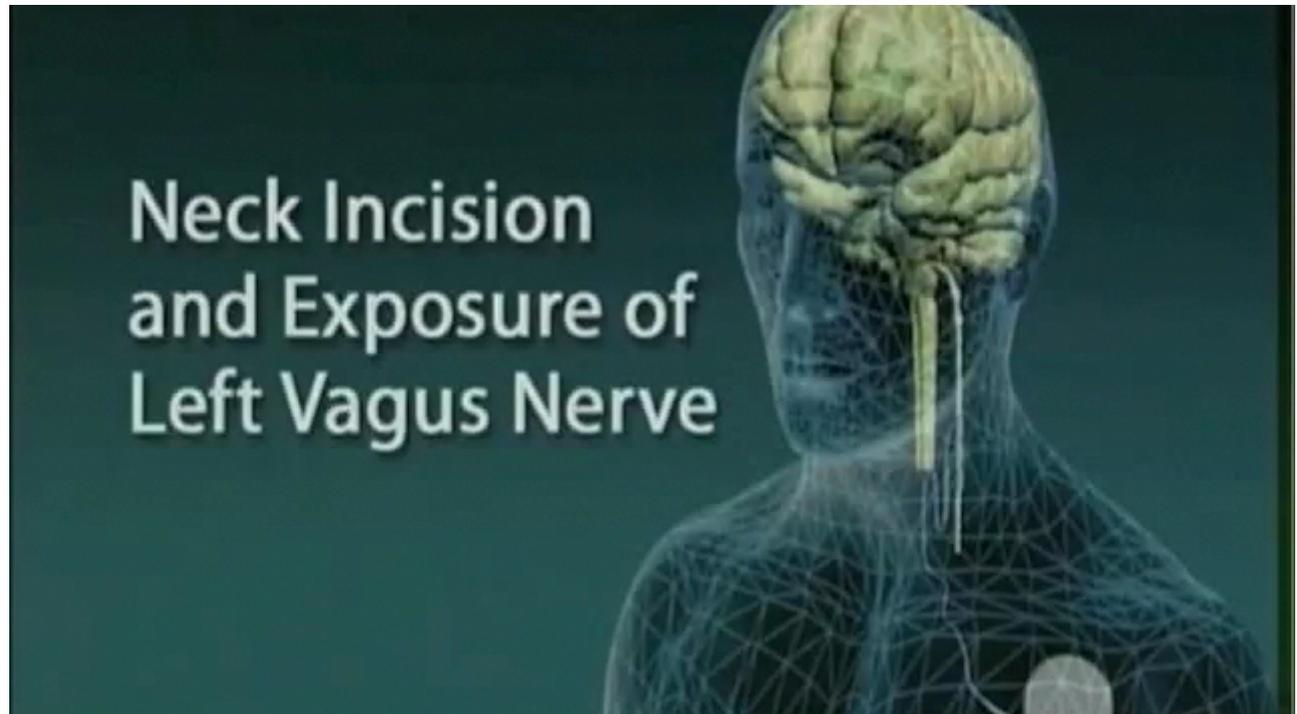
1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
4. chirurgie visant à stimuler électriquement le foyer épileptique

stimulation du nerf vague

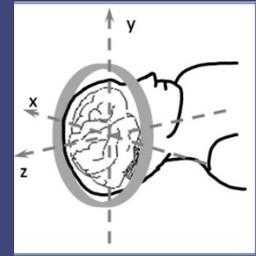


La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique
2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique
3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique
4. chirurgie visant à stimuler électriquement le foyer épileptique
stimulation du nerf vague



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La chirurgie de l'épilepsie

1. chirurgies visant à localiser le foyer épileptique

1. implantation d' électrodes sous-durales (languettes / plaques)
2. implantation d' électrodes profondes
= stéréo-encéphalographie (S.E.E.G.)

2. chirurgies visant à réséquer le foyer épileptique

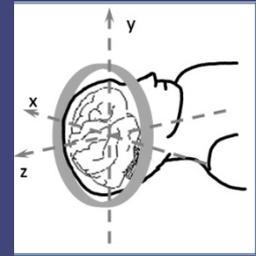
1. lobectomies
2. cortectomies

3. chirurgies visant à déconnecter la propagation du foyer épileptique

1. callosotomie
2. hémisphérotomie
3. déconnexion méso-temporale

4. chirurgie visant à stimuler électriquement le foyer épileptique stimulation du nerf vague

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La neurochirurgie fonctionnelle

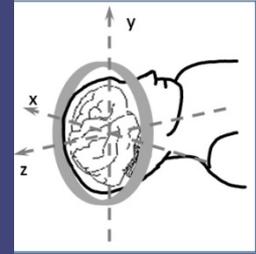
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l' épilepsie
2. **La chirurgie des mouvements anormaux**
3. La chirurgie de la spasticité
4. La chirurgie de la douleur
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



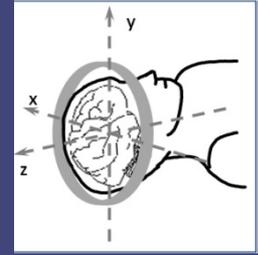
ULB

La chirurgie des mouvements anormaux

- Indications

1. Maladie de Parkinson (stade avancé – personne jeune)
2. Tremblement essentiel
3. Tremblement secondaire (sclérose en plaques, AVC)
4. Dystonies

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

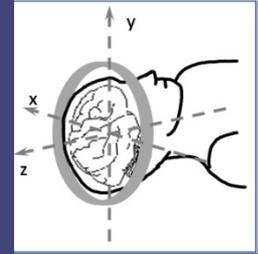


La chirurgie des mouvements anormaux

Maladie de Parkinson



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

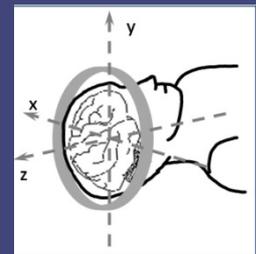


ULB

La chirurgie des mouvements anormaux

Tremblement essentiel

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

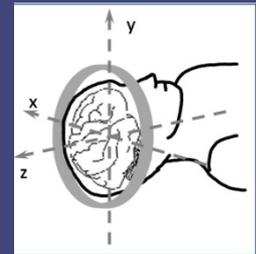


ULB

La chirurgie des mouvements anormaux

Dystonie généralisée

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La chirurgie des mouvements anormaux

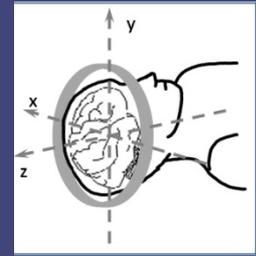
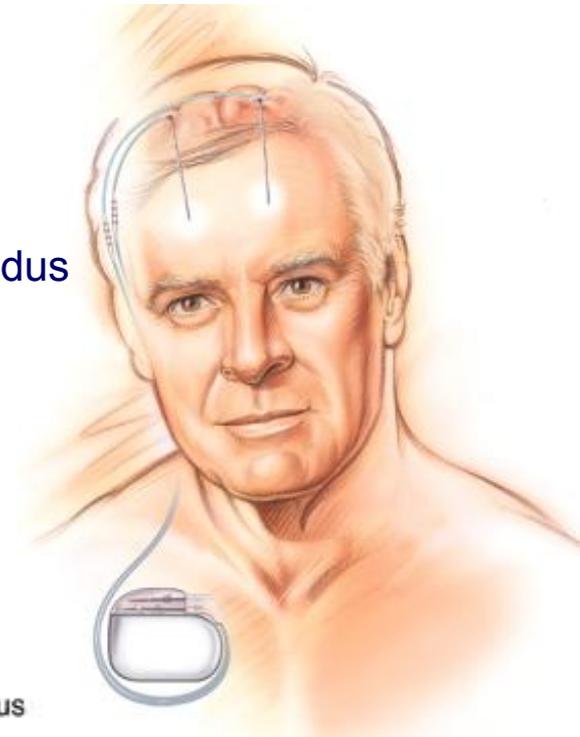
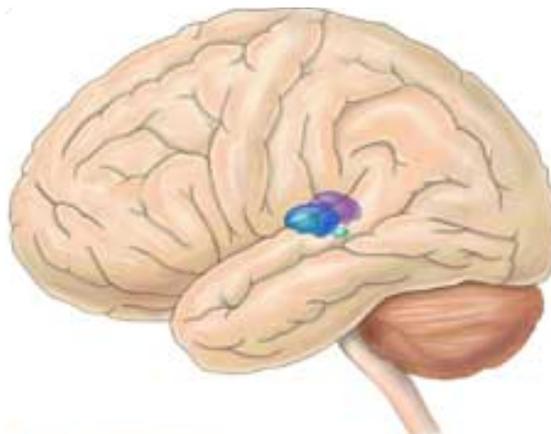
- Indications

1. Maladie de Parkinson (stade avancé – personne jeune)
2. Tremblement essentiel
3. Tremblement secondaire (sclérose en plaques, AVC)
4. Dystonies

- Techniques chirurgicales:

1. **Stimulation cérébrale profonde**

noyau sous-thalamique / thalamus / globus pallidus



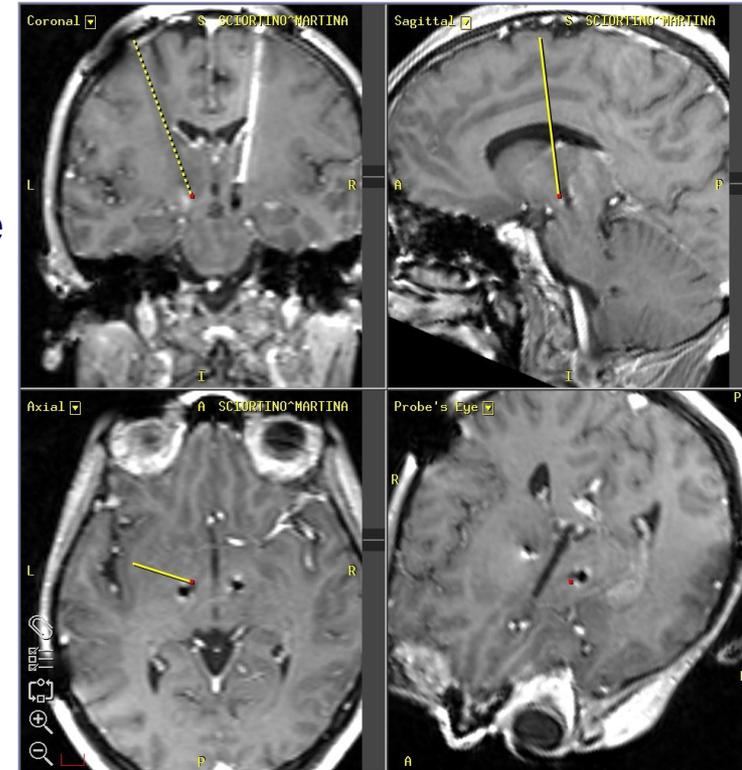
La chirurgie des mouvements anormaux

- Indications

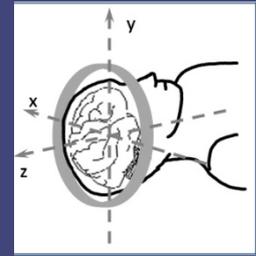
1. Maladie de Parkinson (stade avancé – personne jeune)
2. Tremblement essentiel
3. Tremblement secondaire (sclérose en plaques, AVC)
4. Dystonies

- Techniques chirurgicales:

1. Stimulation cérébrale profonde
2. **Lésion cérébrale profonde**
(thalamotomie / pallidotomie)



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



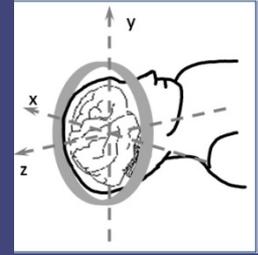
La chirurgie des mouvements anormaux

- Indications

1. Maladie de Parkinson (stade avancé – personne jeune)
2. Tremblement essentiel
3. Tremblement secondaire (sclérose en plaques, AVC)
4. Dystonies

- Techniques chirurgicales:

1. Stimulation cérébrale profonde
2. Lésion cérébrale profonde
3. **Radiochirurgie Gamma Knife**



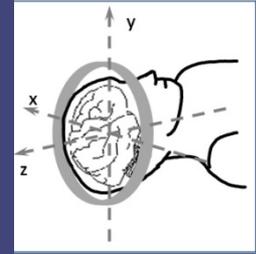
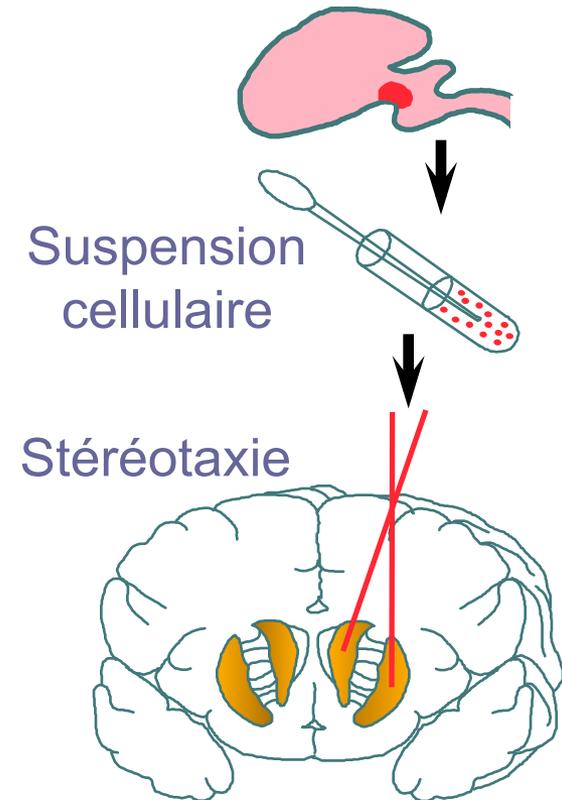
La chirurgie des mouvements anormaux

• Indications

1. Maladie de Parkinson (stade avancé – personne jeune)
2. Tremblement essentiel
3. Tremblement secondaire (sclérose en plaques, AVC)
4. Dystonies

• Techniques chirurgicales:

1. Stimulation cérébrale profonde
2. Lésion cérébrale profonde
3. Radiochirurgie Gamma Knife
4. **Greffes intracérébrales**
 - chirurgie neuro-restaurative
 - cellules embryonnaires
 - Maladie de Parkinson / Huntington



La neurochirurgie fonctionnelle

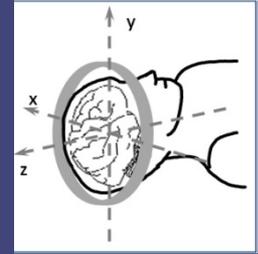
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l' épilepsie
2. La chirurgie des mouvements anormaux
3. **La chirurgie de la spasticité**
4. La chirurgie de la douleur
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

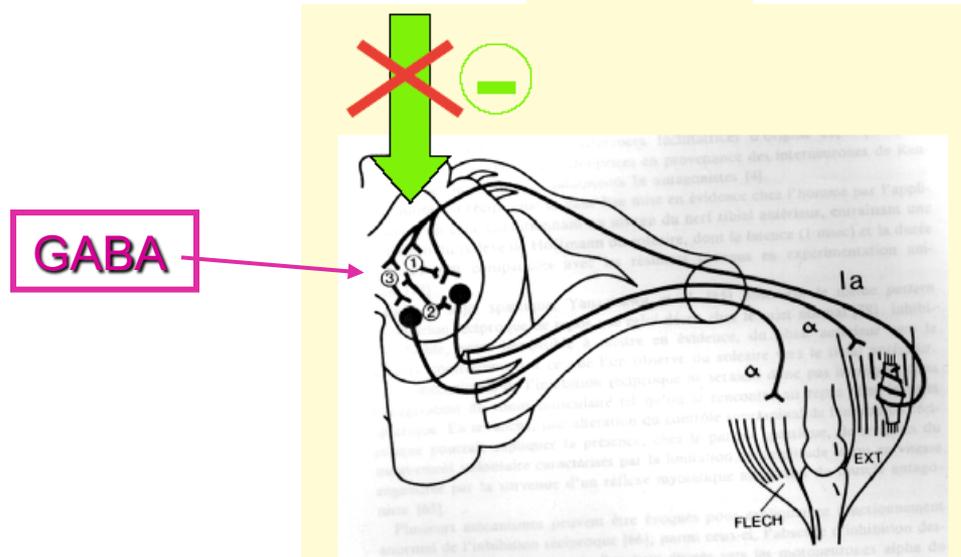


ULB

La chirurgie de la spasticité

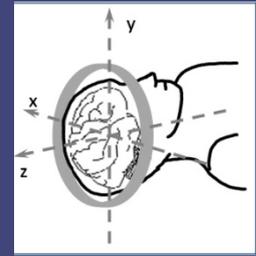
- Mécanisme

- hyperexcitabilité du réflexe myotatique
- secondaire à une lésion du faisceau pyramidal



- Indications de traitement chirurgical

1. spasticité invalidante
2. spasticité réfractaire au traitement médicamenteux
3. avant les rétractions tendineuses

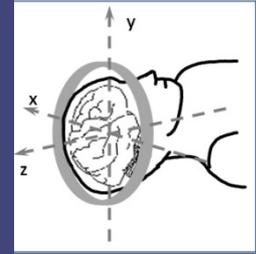


La chirurgie de la spasticité

- Techniques chirurgicales

1. Neurotomie
2. Infusion intrathécale continue de Baclofène
3. DREZotomie

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

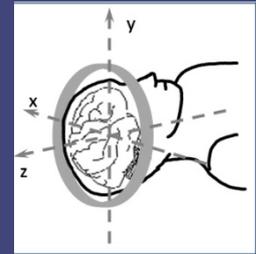
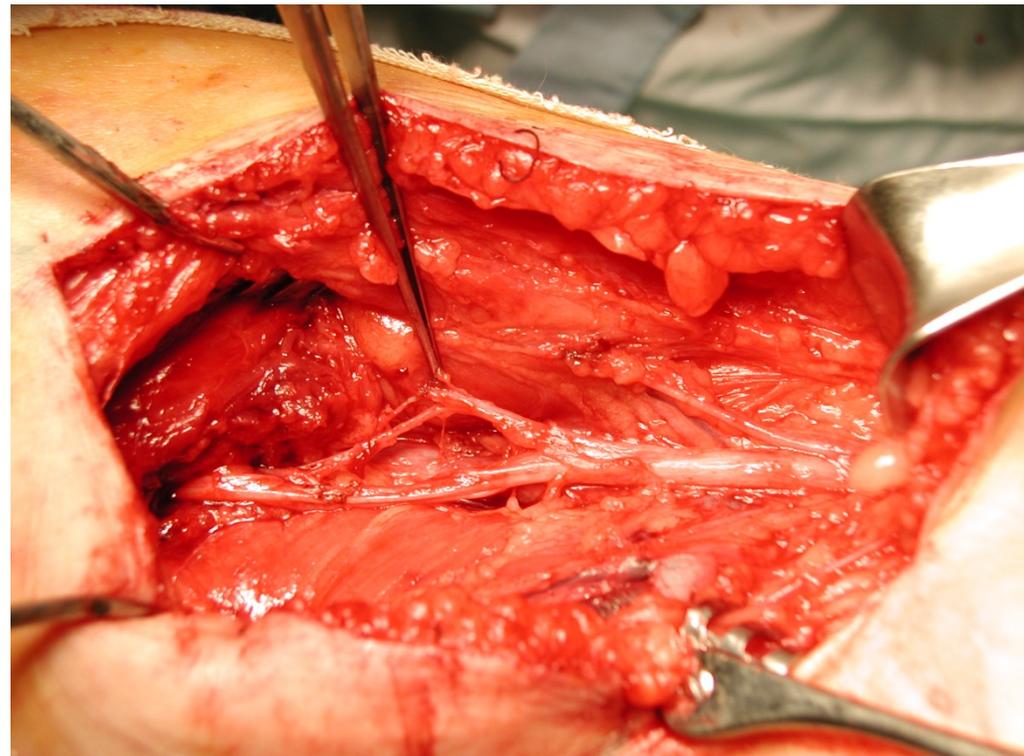


La chirurgie de la spasticité

- Techniques chirurgicales

1. Neurotomie (section partielle des faisceaux moteurs des nerfs innervant les muscles spastiques)

Exemple: neurotomie du nerf tibial pour pied en varus équin



La chirurgie de la spasticité

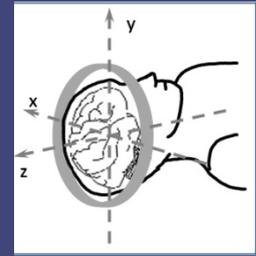
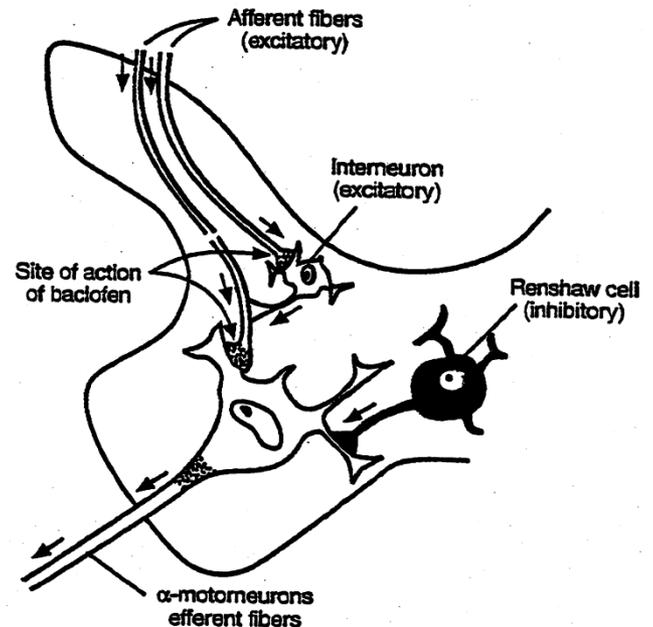
- Techniques chirurgicales

1. Neurotomie (section partielle des faisceaux moteurs des nerfs innervant les muscles spastiques)

Exemple: neurotomie du nerf tibial pour pied en varus équin

2. Infusion intrathécale continue de Baclofène par pompe implantée

Baclofène = analogue GABAergique, se fixant sur les récepteurs présynaptiques



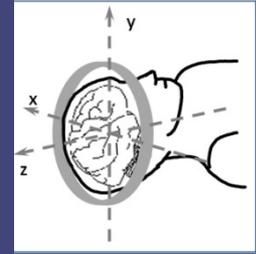
La chirurgie de la spasticité

- Techniques chirurgicales

- 2. Infusion intrathécale continue de Baclofène par pompe implantable

Baclofène = analogue GABAergique, se fixant sur les récepteurs présynaptiques

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La chirurgie de la spasticité

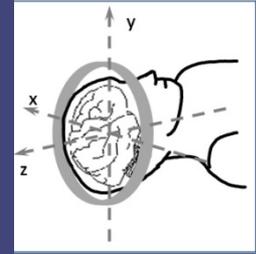
- Techniques chirurgicales

2. Infusion intrathécale continue de Baclofène par pompe implantée

Baclofène = analogue GABAergique, se fixant sur les récepteurs présynaptiques



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



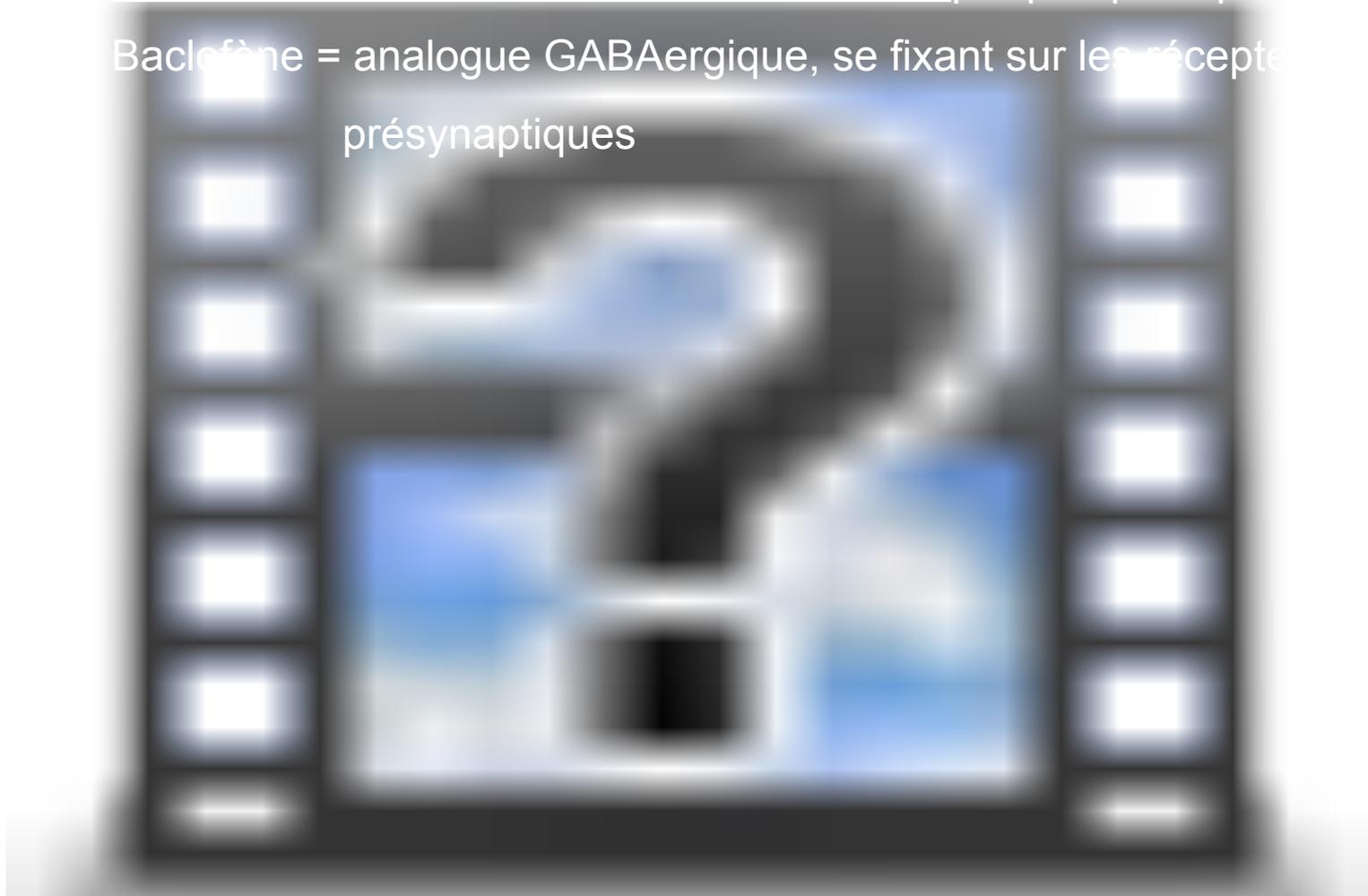
ULB

La chirurgie de la spasticité

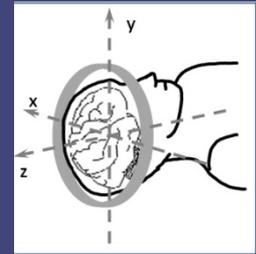
- Techniques chirurgicales

2. injection intrathécale continue de Baclofène par pompe implantable

Baclofène = analogue GABAergique, se fixant sur les récepteurs présynaptiques



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



La chirurgie de la spasticité

• Techniques chirurgicales

1. Neurotomie (section partielle des faisceaux moteurs des nerfs innervant les muscles spastiques)

Exemple: neurotomie du nerf tibial pour pied en varus équin

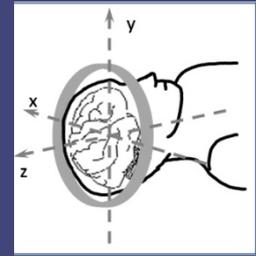
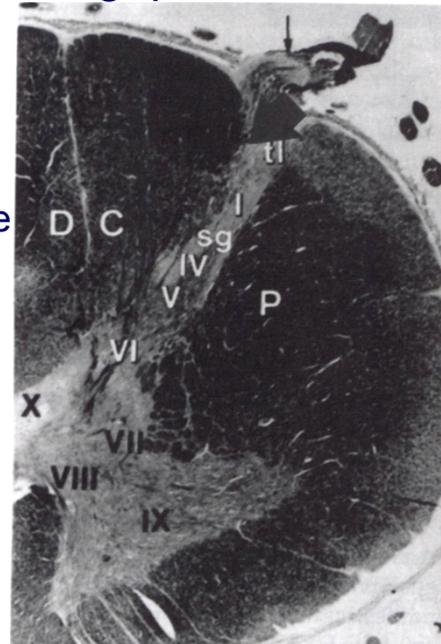
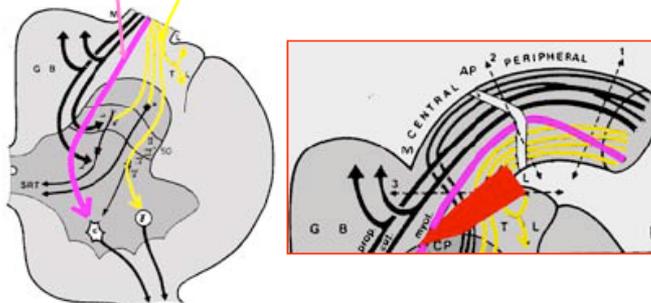
2. Infusion intrathécale continue de Baclofène par pompe implantée

Baclofène = analogue GABAergique, se fixant sur les récepteurs présynaptiques

3. DREZotomie

= section de la Dorsal Root Entry Zone

Fibres du réflexe myotatique
Fibres A δ et C



La neurochirurgie fonctionnelle

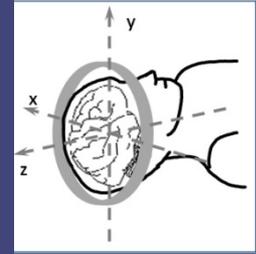
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l'épilepsie
2. La chirurgie des mouvements anormaux
3. La chirurgie de la spasticité
4. **La chirurgie de la douleur**
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

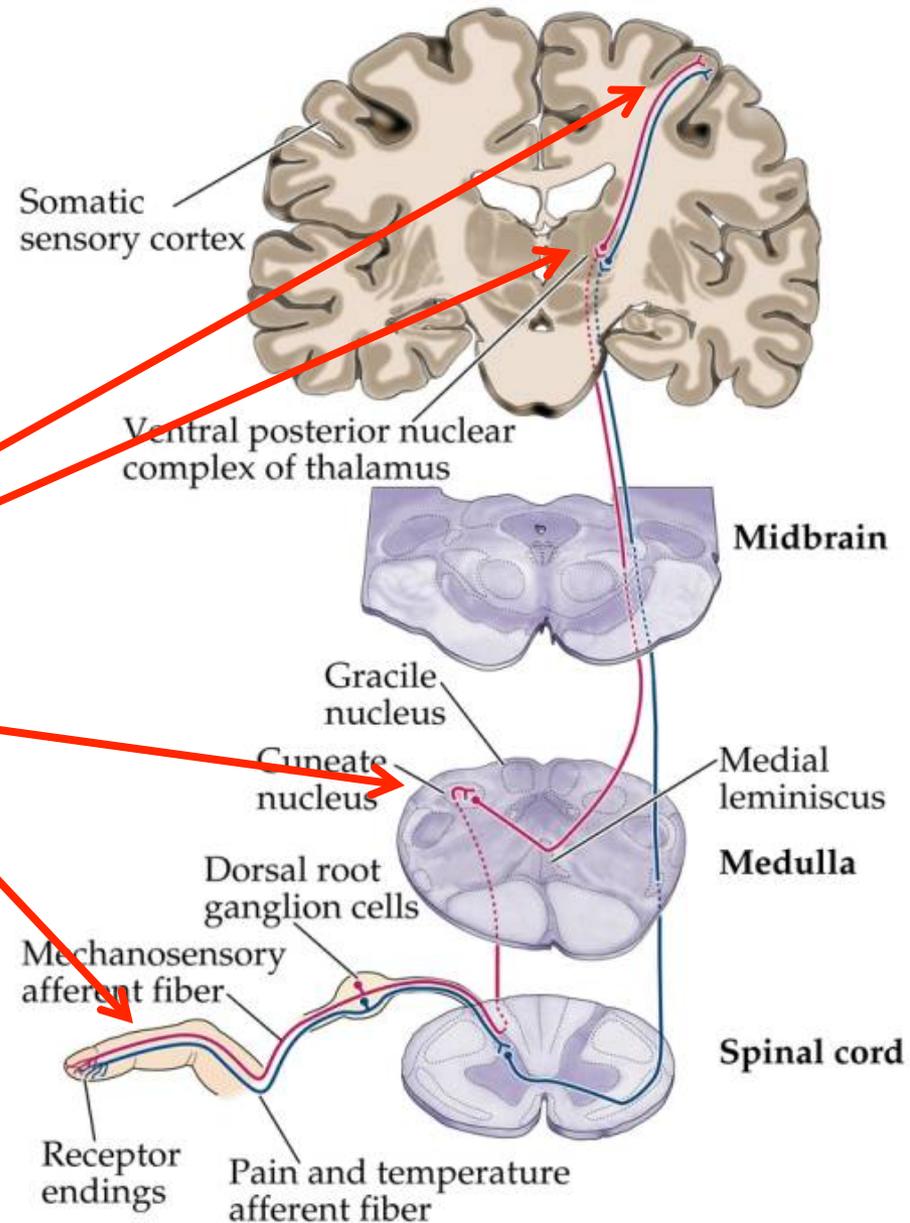
La chirurgie de la douleur

- Indications: douleurs

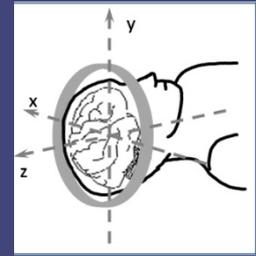
1. pharmaco-résistantes
2. chroniques
3. très intenses

- Cibles chirurgicales

1. cortex cérébral
2. thalamus
3. moëlle épinière
4. nerfs périphériques



Service de Neurochirurgie

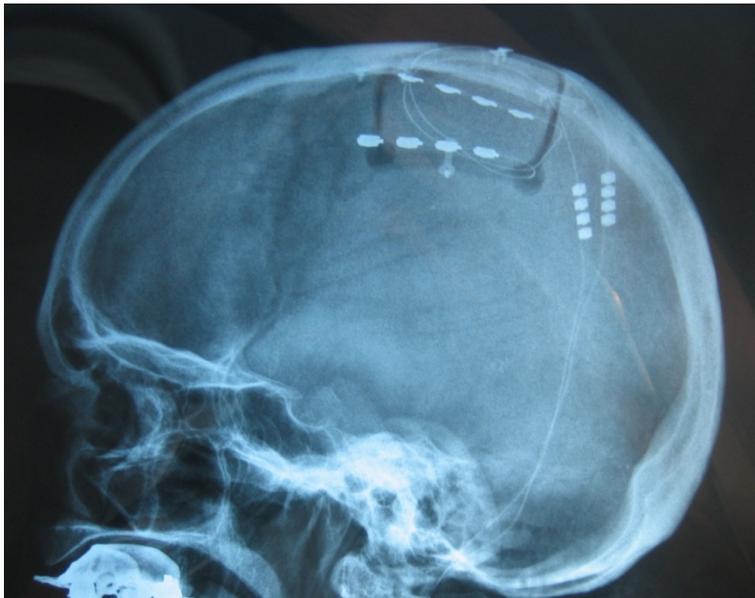
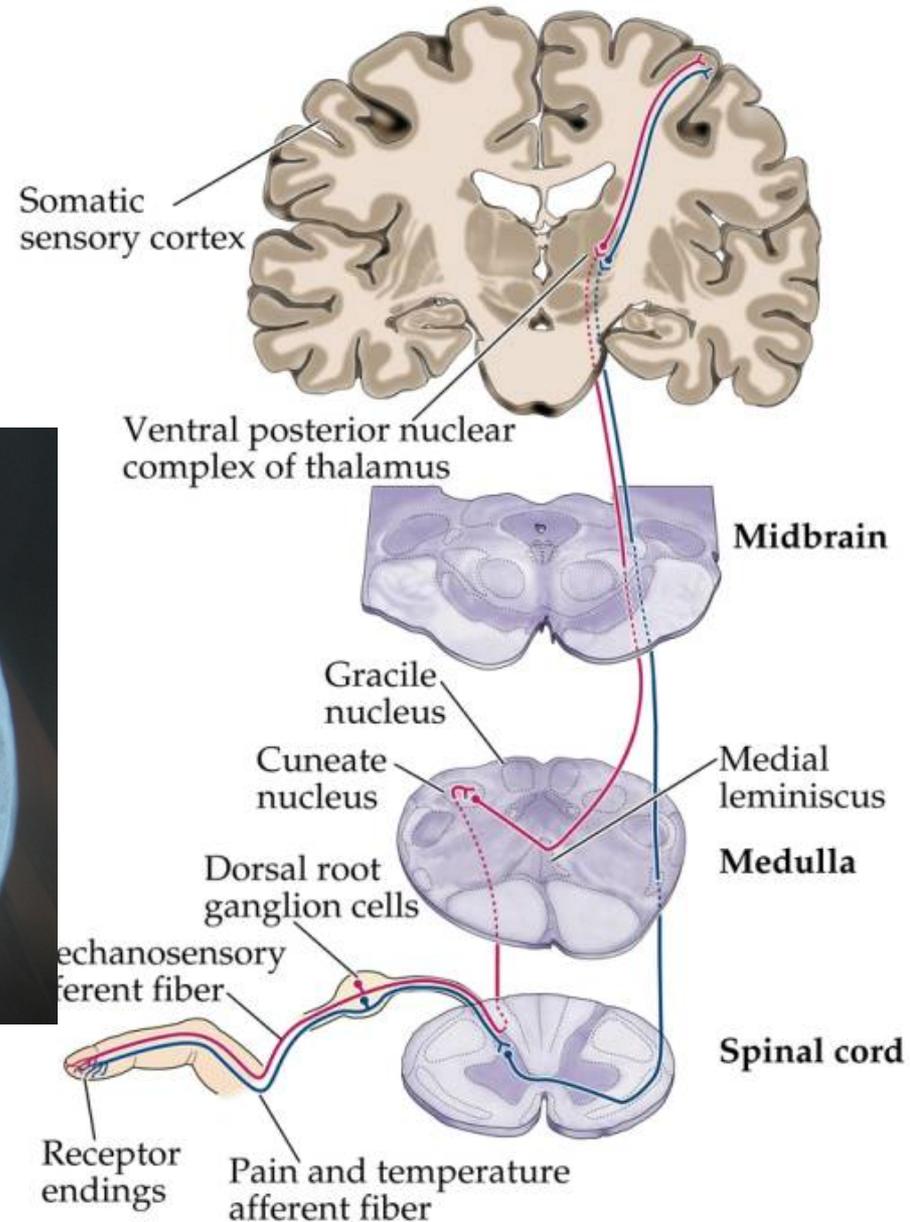


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

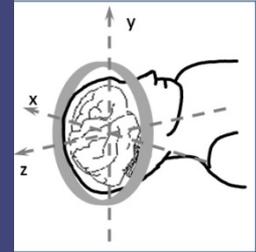


La chirurgie de la douleur

- 1. stimulation du cortex moteur
- 2. stimulation noyau VPL du thalamus
- 3. stimulation chordonale post.
- 4. TENS (transcutaneous electric nerve stimulation)



Service de Neurochirurgie

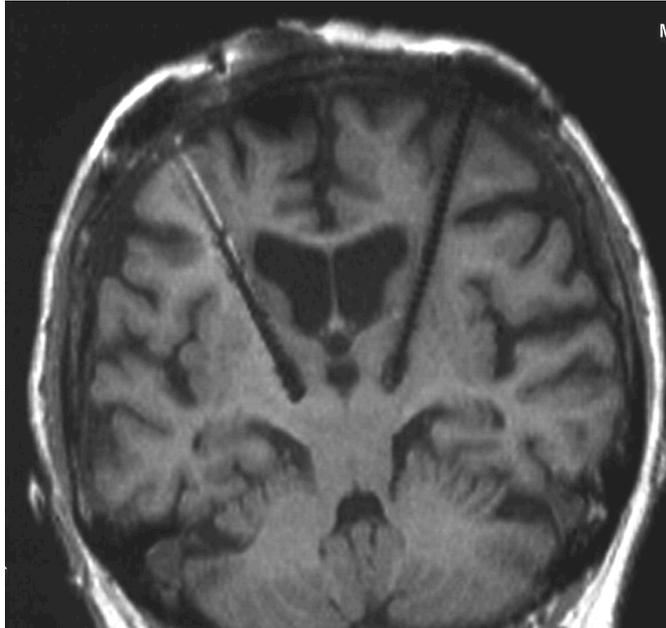
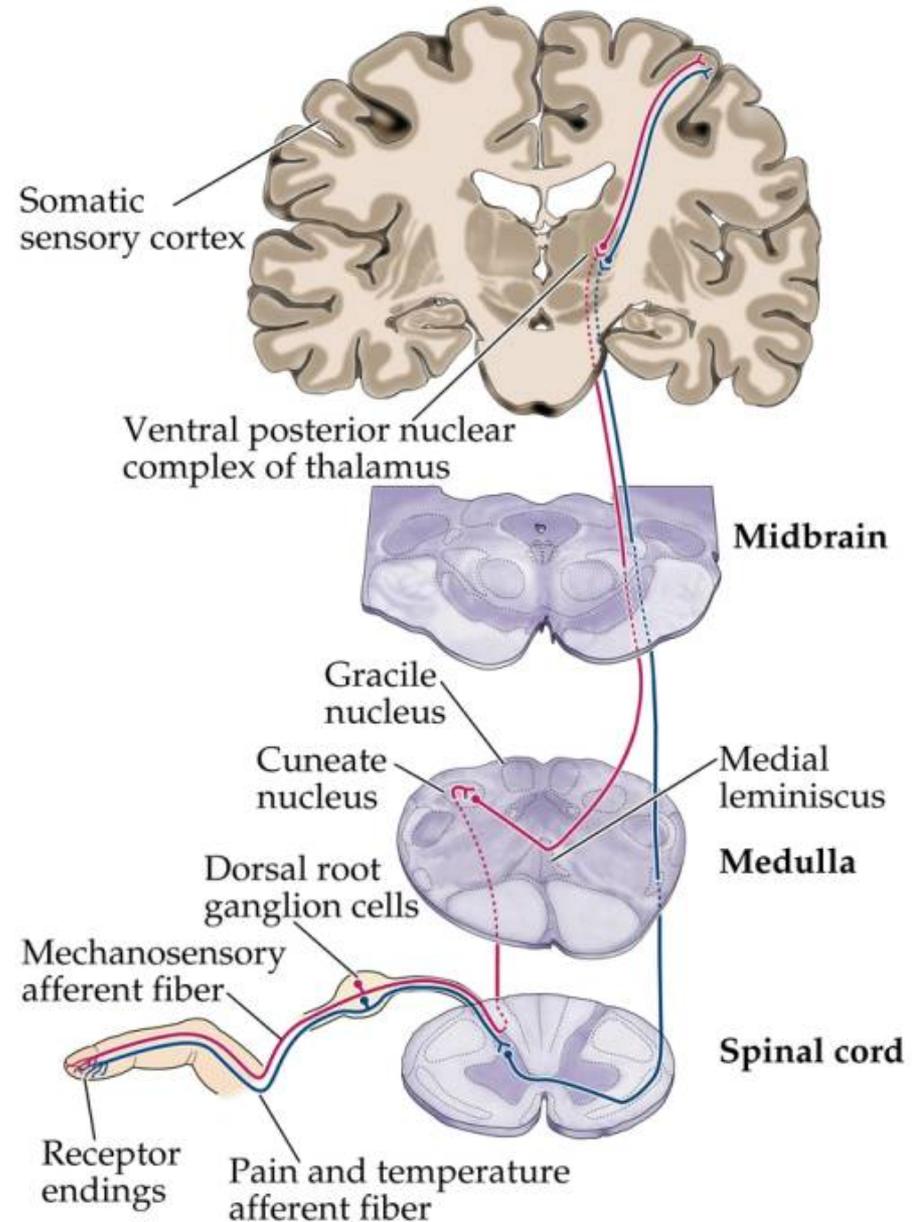


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

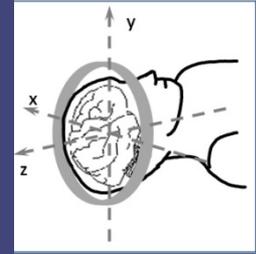


La chirurgie de la douleur

- 1. stimulation du cortex moteur
- 2. stimulation noyau VPL du thalamus
- 3. stimulation chordonale post.
- 4. TENS (transcutaneous electric nerve stimulation)



Service de Neurochirurgie



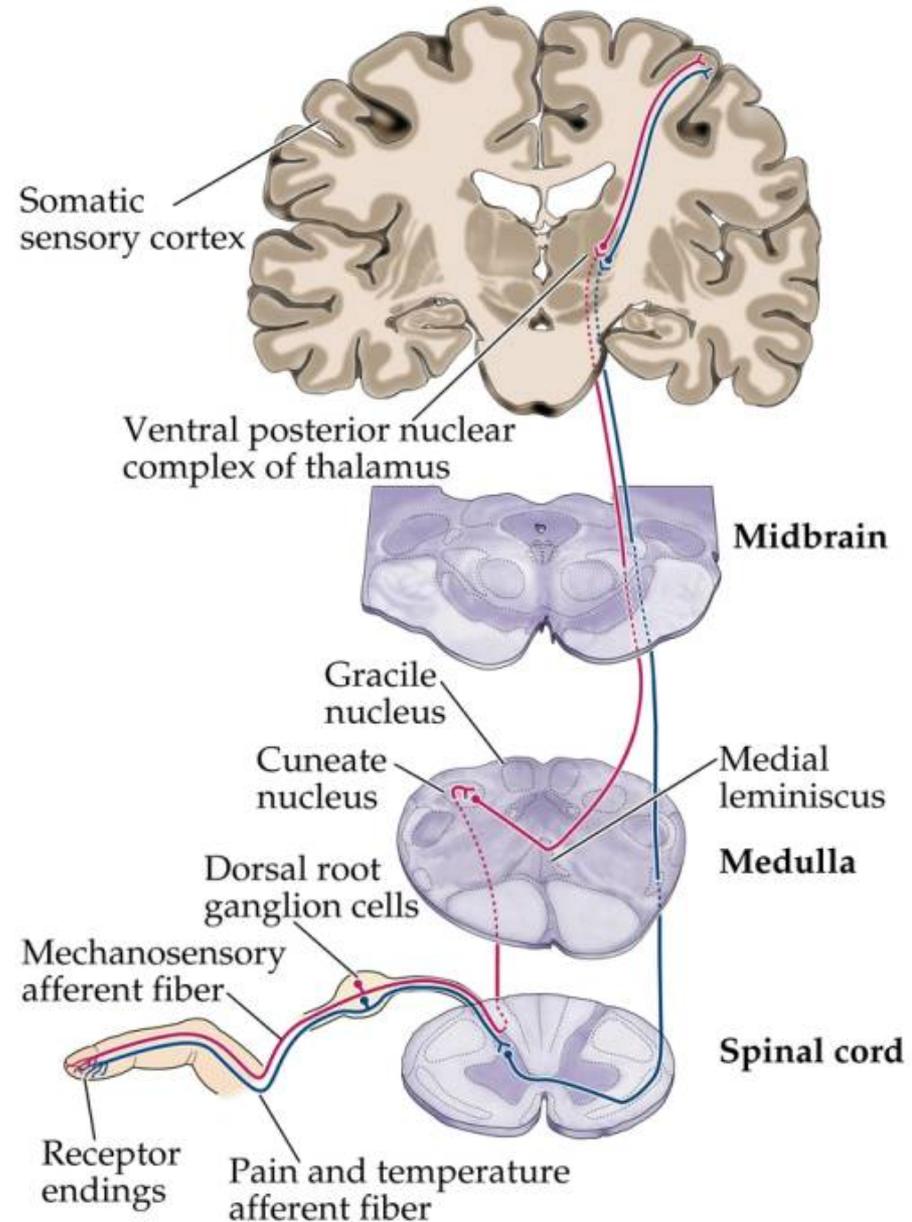
Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



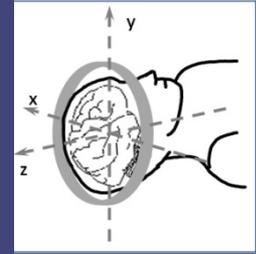
ULB

La chirurgie de la douleur

- 1. stimulation du cortex moteur
- 2. stimulation noyau VPL du thalamus
- 3. stimulation chordonale post.
- 4. TENS (transcutaneous electric nerve stimulation)



Service de Neurochirurgie

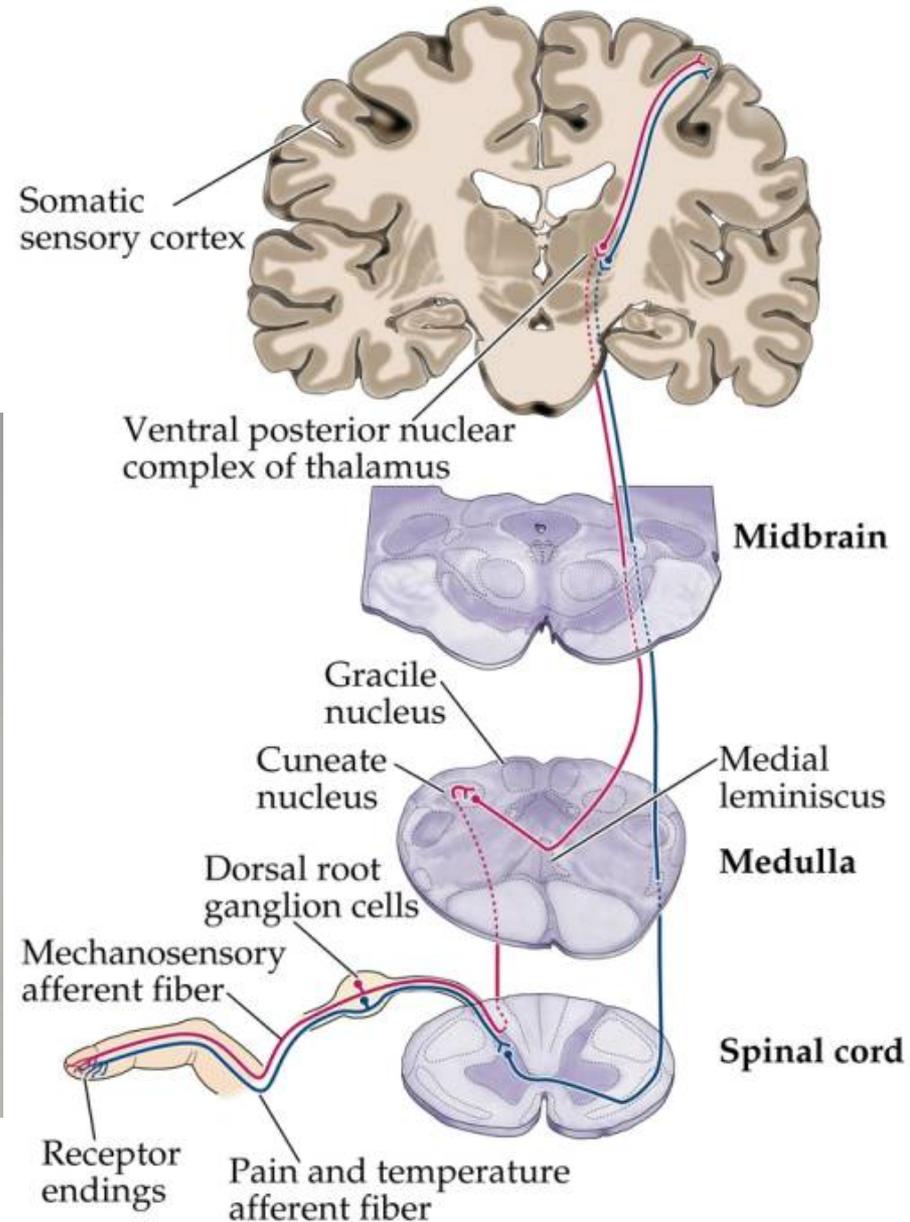


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

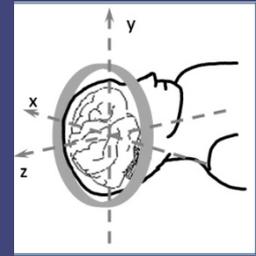


La chirurgie de la douleur

- 1. stimulation du cortex moteur
- 2. stimulation noyau VPL du thalamus
- 3. stimulation chordonale post.
- 4. **TENS (transcutaneous electric nerve stimulation)**



Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



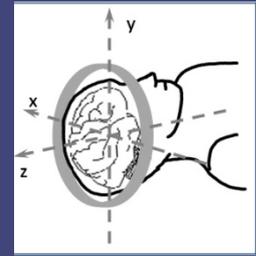
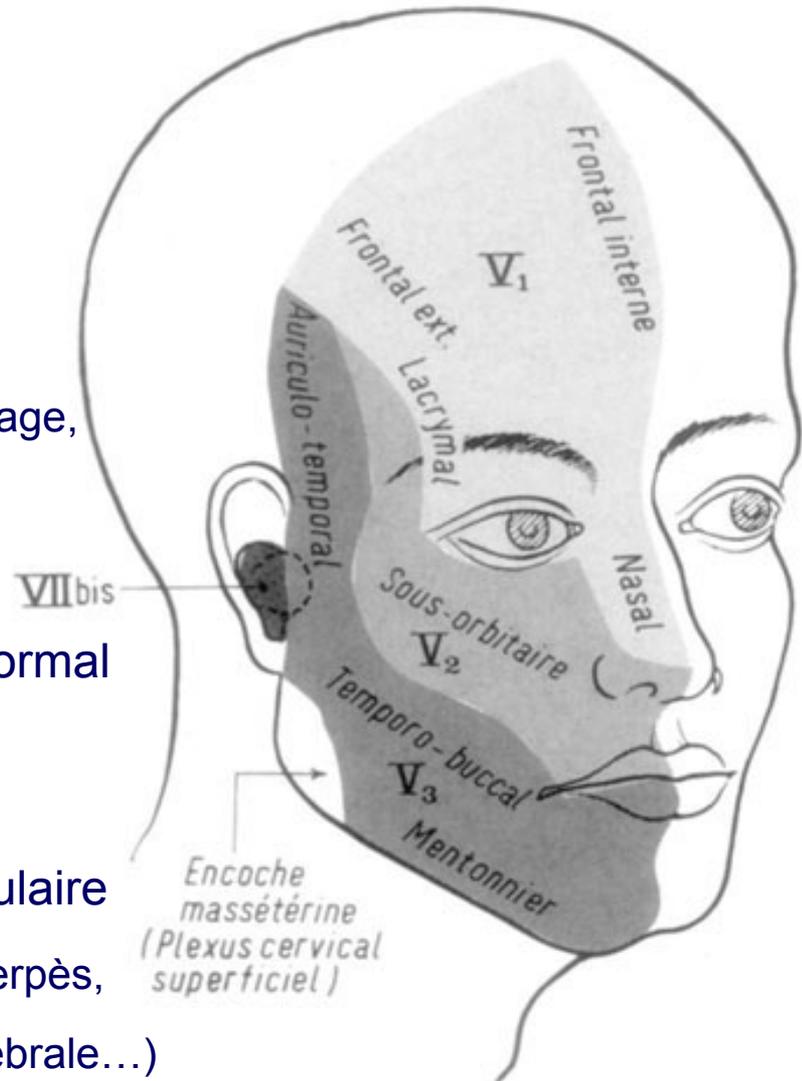
La névralgie du trijumeau “tic douloureux”

- Critères diagnostiques:

1. douleurs paroxystiques (crises)
2. territoire du nerf trijumeau
3. très intenses (*suicide disease*)
4. crises déclenchées par stimuli
(brossage dents, toucher visage, mastication, parole...)
5. entre les crises: aucune douleur
- examen neurologique normal

- Physiopathologie:

- contact entre nerf et boucle vasculaire
- secondaire (sclérose en plaques, herpès, chirurgie/soins dentaires, tumeur cérébrale...)

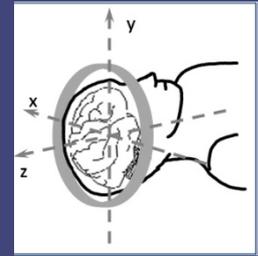


La névralgie du trijumeau “tic douloureux”

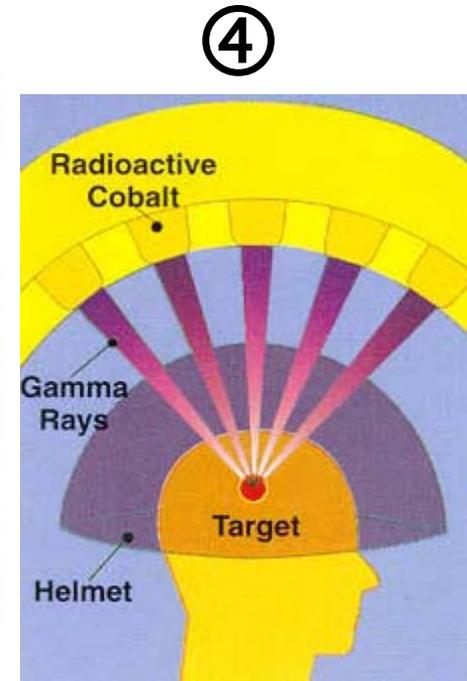
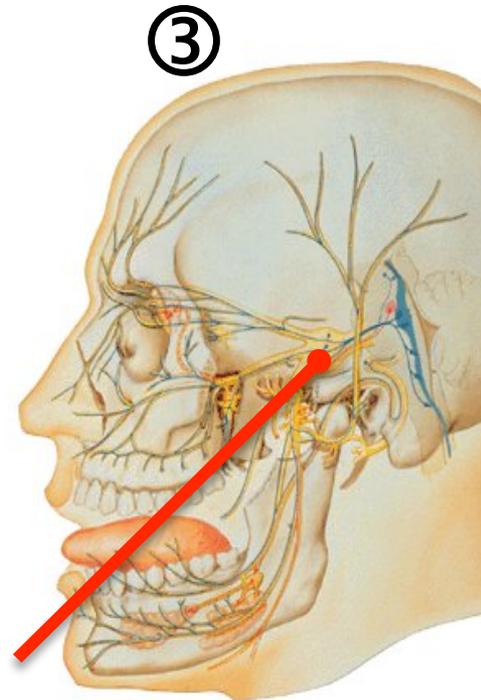
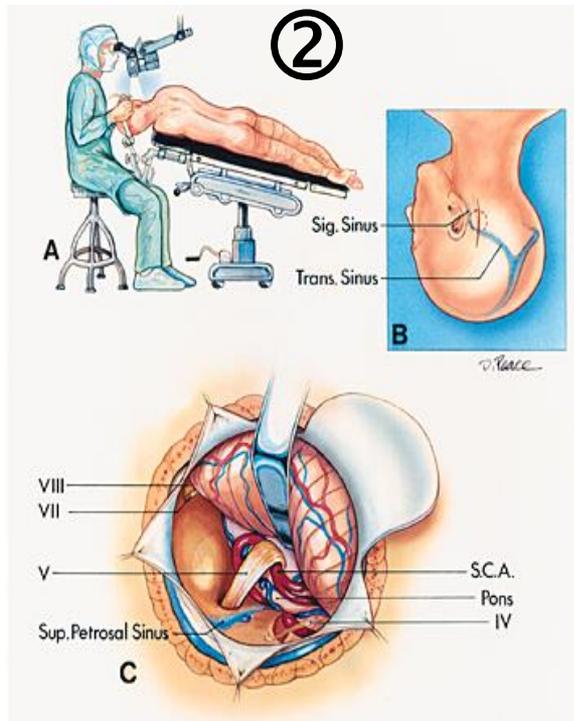
- Traitements:

1. Médicaments: carbamazémine, gabapentin, phénytoïne, ...
2. Chirurgie: dissection microchirurgicale (intervention de Jannetta)
3. Chirurgie: techniques percutanées (thermocoagulation ganglion de Gasser)
4. Radiochirurgie: Gamma Knife

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie




Hôpital
Erasme


ULB

La neurochirurgie fonctionnelle

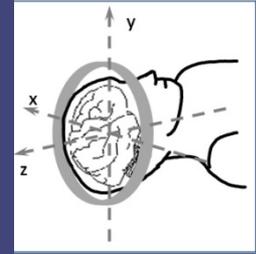
- Définition:

Ensemble de techniques neurochirurgicales visant à moduler certaines fonctions neurologiques à des fins thérapeutiques.

- Comprend principalement:

1. La chirurgie de l'épilepsie
2. La chirurgie des mouvements anormaux
3. La chirurgie de la spasticité
4. La chirurgie de la douleur
5. La chirurgie des affections psychiatriques (psychochirurgie)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La psychochirurgie

- techniques chirurgicales en cours de validation (cibles intracérébrales encore incertaines)

- indications potentielles:

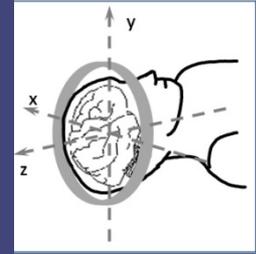
1. troubles obsessionnels compulsifs (TOC)
2. dépression sévère
3. dépendances (*addictions*)

toujours seulement si pharmaco-résistantes

- techniques chirurgicales

1. stimulation intracérébrale
2. radiochirurgie Gamma Knife
3. stimulation du nerf vague

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

1. La stéréotaxie et la neuronavigation

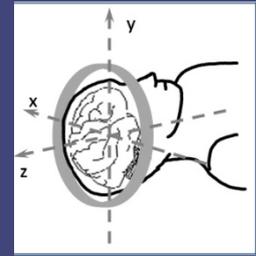
2. La neurochirurgie fonctionnelle

- La chirurgie de l' **épilepsie**
- La chirurgie des **mouvements anormaux**
- La chirurgie de la **spasticité**
- La chirurgie de la **douleur**
- La chirurgie des **affections psychiatriques**

3. La radiochirurgie

4. Réalité virtuelle & robotique en neurochirurgie

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



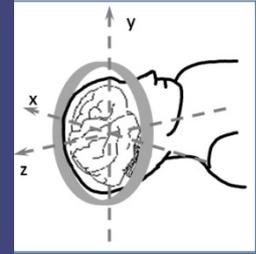
La radiochirurgie

- concept inventé par le neurochirurgien Lars Leksell en 1949 en Suède
- application de la stéréotaxie en radiothérapie
- idée initiale: remplacer le bistouri du chirurgien par un rayon
- définition initiale: *méthode pour détruire des cibles intracrâniennes en utilisant des doses élevées de radiations ionisantes, en une seule session, administrées à l'aide d'un guidage stéréotaxique.*

- Définition actuelle:

traitement par l'administration unique de fortes doses de radiations ionisantes à un endroit précis à l'intérieur du crâne, sans ouverture de celui-ci, créant un effet radiobiologique utile au sein du volume-cible sans altérer significativement les tissus adjacents.

Service de Neurochirurgie

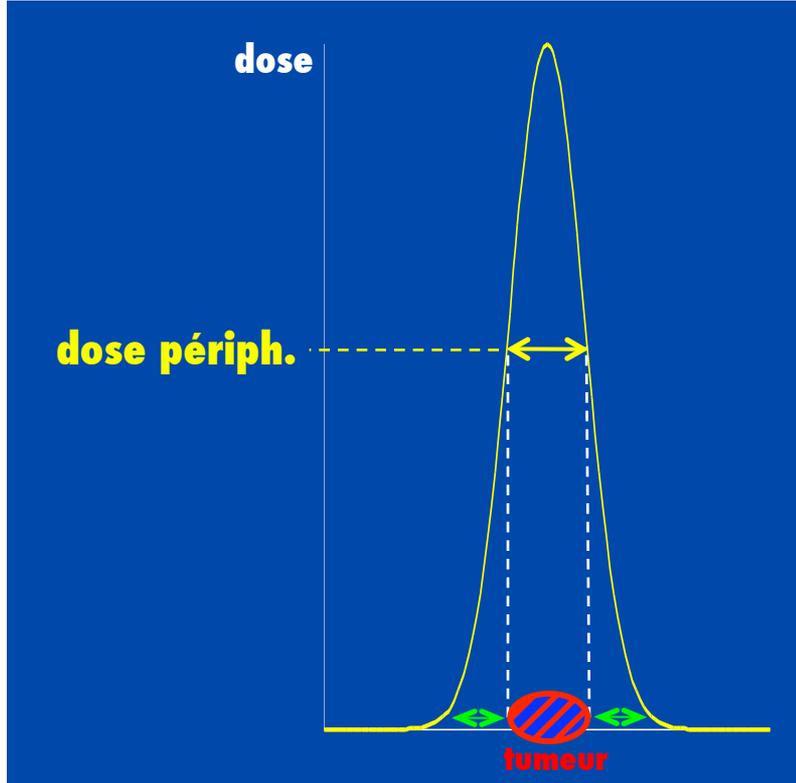


Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



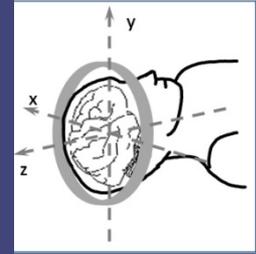
La radiochirurgie

- Principe:
- concentration de rayons ionisants en un point focal



- Caractéristiques:
- très forte dose d'irradiation au niveau de la cible
- très faible dose en-dehors de la cible

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

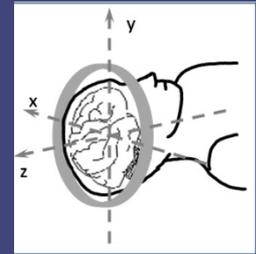


La radiochirurgie

- Principe:
- concentration de rayons ionisants en un point focal



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La radiochirurgie

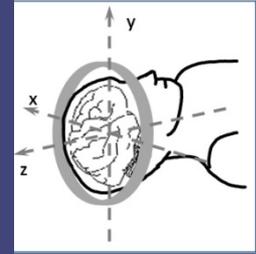
• Radiochirurgie:

1. Hautes doses d'irradiation
2. Administration unique
3. Ciblage spécifique de la lésion
4. Irradiation en-dehors de la cible négligeable
5. Très grande efficacité
6. Seulement pour petites lésions
7. Pas de risque significatif d'induction secondaire de tumeurs
8. Peut être répété à plusieurs endroits différents du cerveau
9. Pas d'effets secondaires (perte de cheveux, asthénie, démence)
10. Avantageux sur le plan financier (1 seule séance)

• Radiothérapie:

1. Doses d'irradiation modérées
2. Administration en multiples séances
3. Ciblage d'un volume incluant la lésion
4. Irradiation en-dehors de la cible non négligeable
5. Efficacité moindre
6. Possible pour des lésions de n'importe quelle taille
7. Risque faible d'induction de tumeurs secondaires à long terme
8. Ne peut être répété (toxicité du tissu cérébral normal)
9. Présence d'effets secondaires (perte de cheveux, asthénie, démence)
10. Plus cher (multiples séances)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

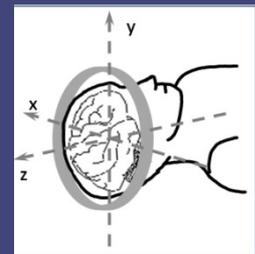


Radiochirurgie cérébrale

Réduit les coûts

Augmente la qualité de vie

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



Radiochirurgie
Gamma Knife

Symptômes → Diagnostic

2 jours

3 mois

Chirurgie

Soins
intensifs

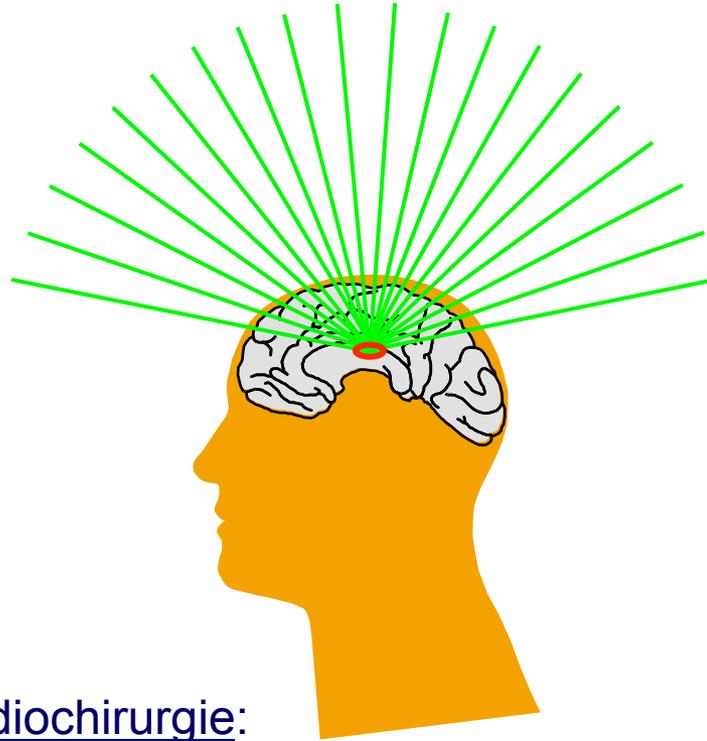
Hospitalisation

Convalescence



ULB

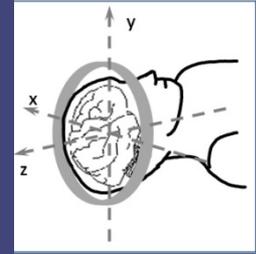
La radiochirurgie



- Appareils de radiochirurgie:

1. Gamma Knife: multiples sources fixes de cobalt émettrices de rayons Gamma
2. Accélérateurs linéaires (LinAc): source unique mobile de rayons X tournant autour de la tête du patient (ex: Novalis, Cyberknife)
3. Proton-thérapie: cyclotron émetteur d'un rayonnement protonique

Service de Neurochirurgie



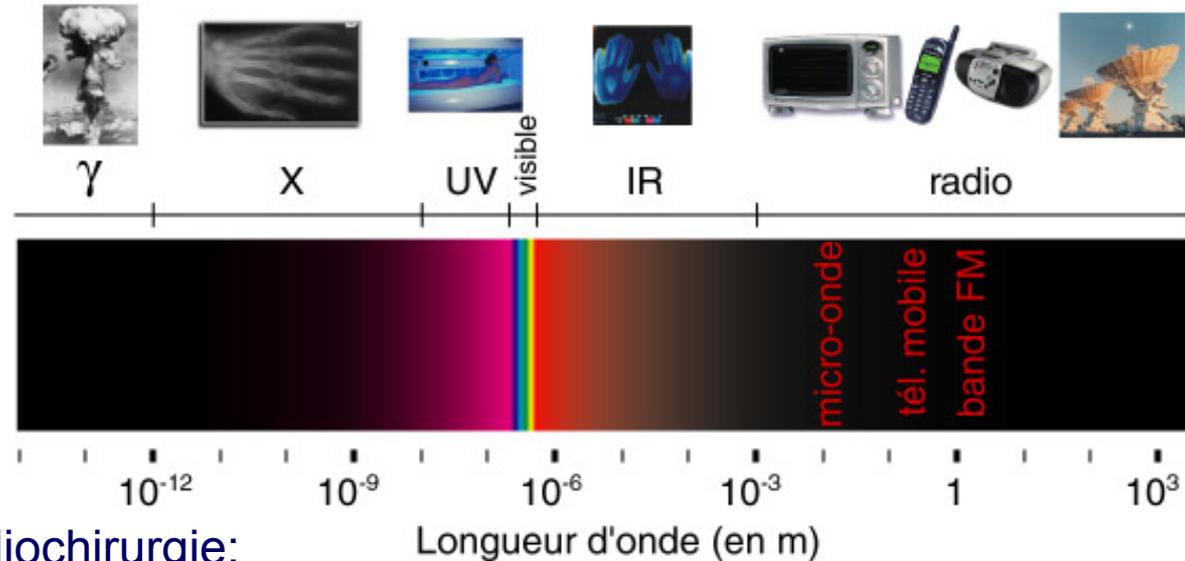
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

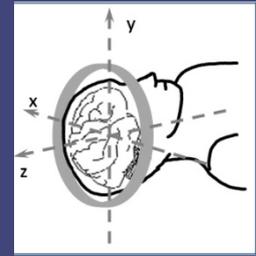
La radiochirurgie

- Spectre électromagnétique:



- Appareils de radiochirurgie:

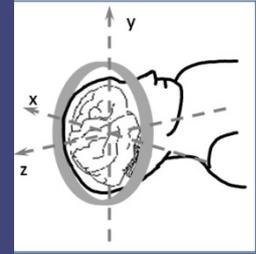
1. Gamma Knife: multiples sources fixes de cobalt émettrices de rayons Gamma
2. Accélérateurs linéaires (LinAc): source unique mobile de rayons X tournant autour de la tête du patient
3. Proton-thérapie: cyclotron émetteur d'un rayonnement protonique



Gamma Knife *Perfexion*

Mechanical system

Service de Neurochirurgie



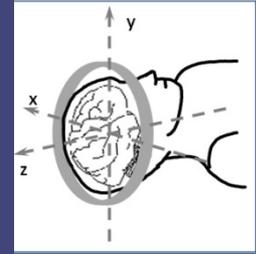
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



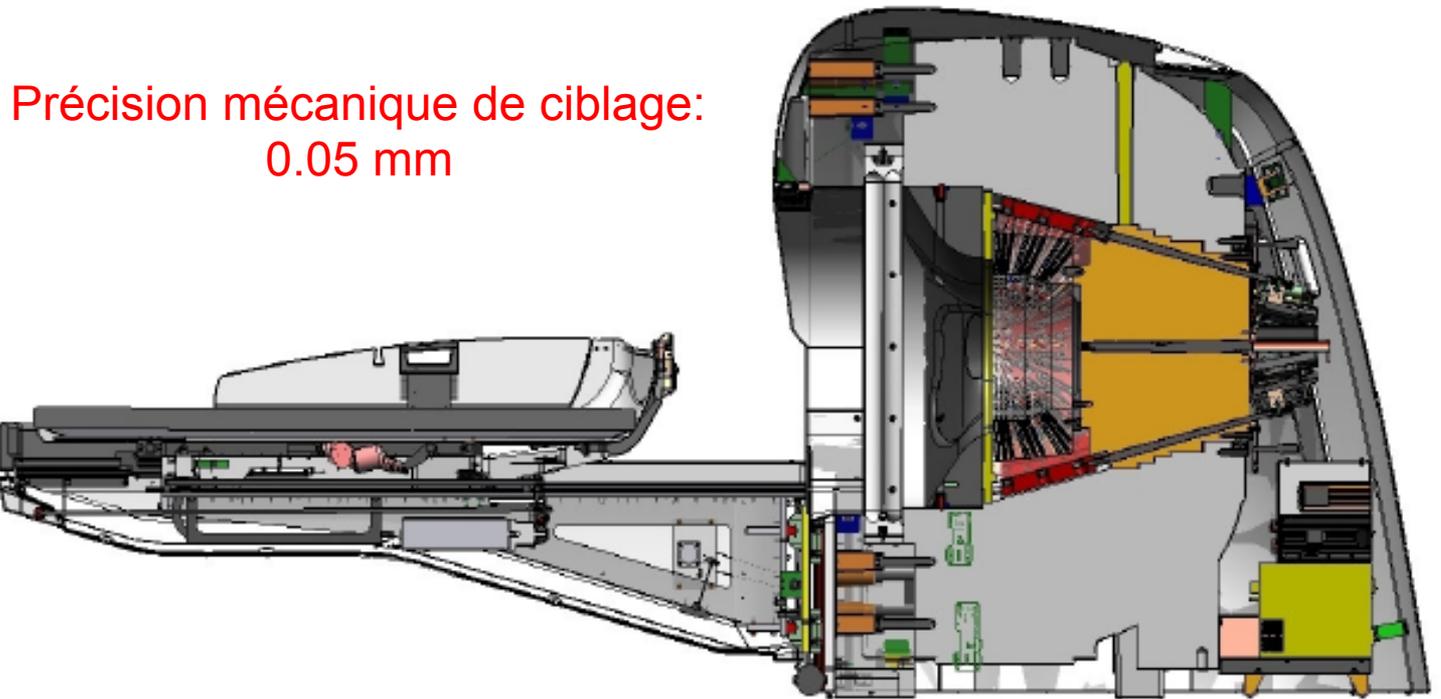
Gamma Knife *Perfexion*

Mechanical system

Service de Neurochirurgie

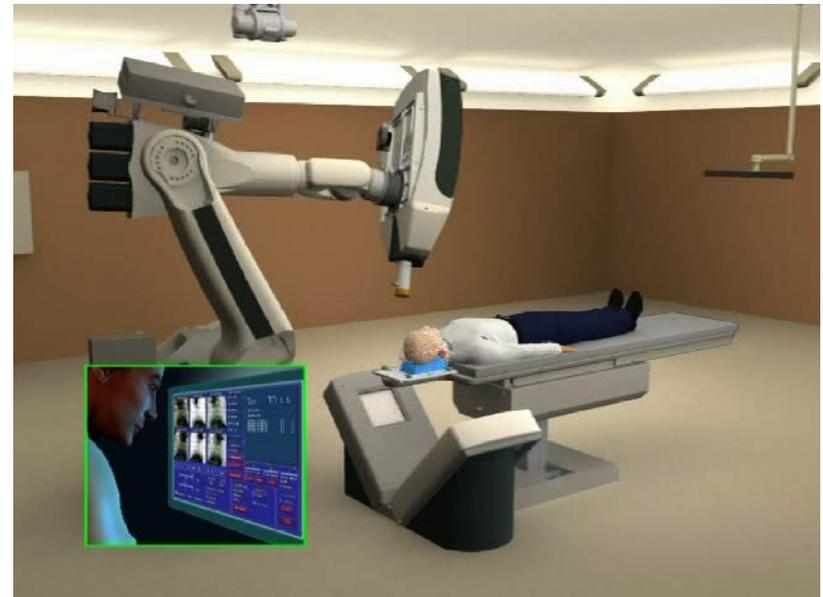


Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

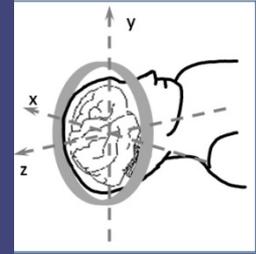


La radiochirurgie

- accélérateurs linéaires



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

La radiochirurgie

- Mécanismes d'action:

1. effets cellulaires:

1. nécrose
2. altérations de l'ADN
3. inflammation tissulaire

2. effets vasculaires:

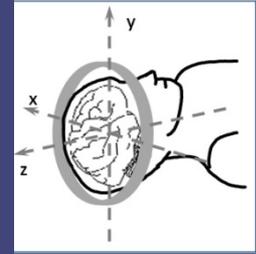
1. destruction de l'endothélium des microvaisseaux
2. oblitération des gros vaisseaux par prolifération de l'intima

- risque significatif d'induction de tumeurs secondaires ? **NON**

- radiothérapie holocrânienne fractionnée: risque estimé 1,2% à 20ans
- radiochirurgie: pas de risque accru

explication: doses d'irradiation négligeables en dehors de la cible

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



La radiochirurgie

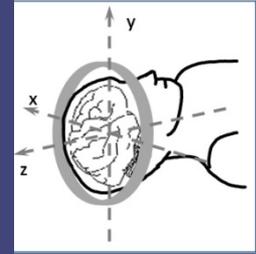
- Applications :

1. traitement de petites tumeurs intracérébrales (< 3 cm de diamètre)
2. destruction de petites zones intracérébrales

- Réponses radiologiques :

1. nécrose
2. réaction inflammatoire
3. réduction du volume tumoral

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



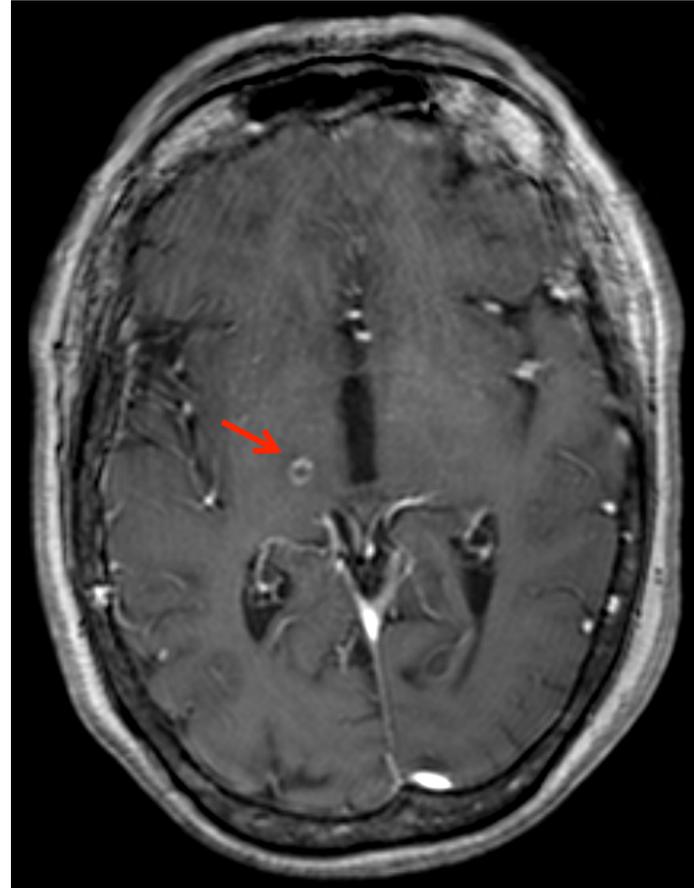
La radiochirurgie

- Applications :

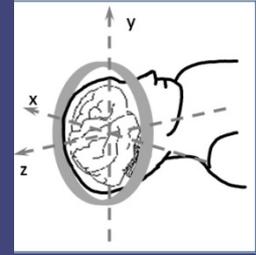
1. traitement de petites tumeurs intracérébrales (< 3 cm de diamètre)
2. destruction de petites zones intracérébrales

- Réponses radiologiques :

1. nécrose



Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



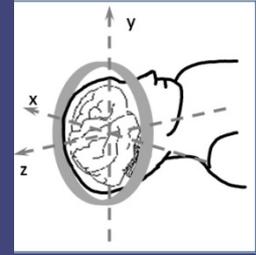
La radiochirurgie

- Applications :

1. traitement de petites tumeurs intracérébrales (< 3 cm de diamètre)
2. destruction de petites zones intracérébrales

- Réponses radiologiques :

1. nécrose



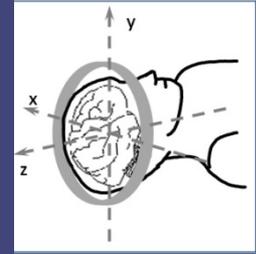
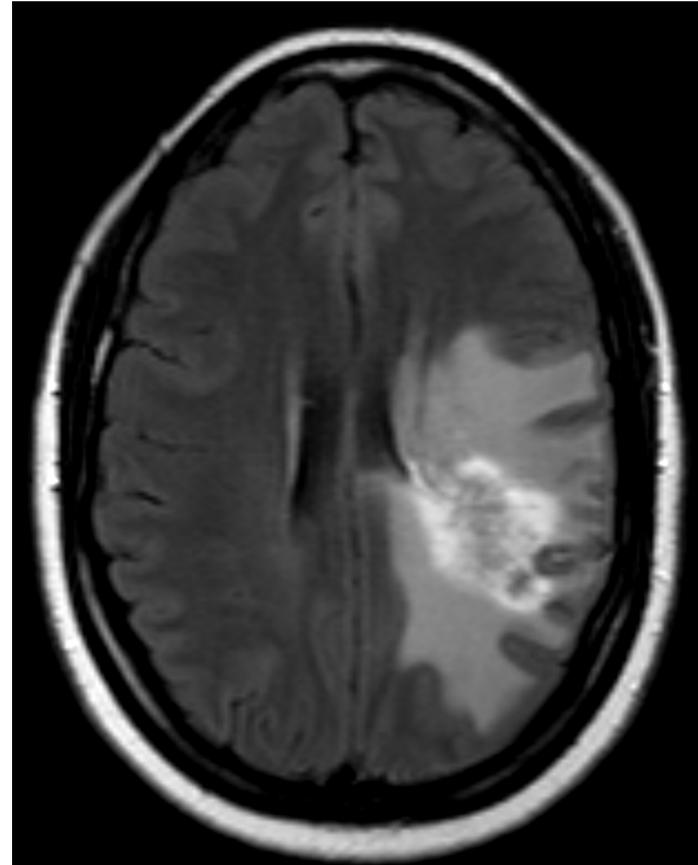
La radiochirurgie

- Applications :

1. traitement de petites tumeurs intracérébrales (< 3 cm de diamètre)
2. destruction de petites zones intracérébrales

- Réponses radiologiques :

1. nécrose
2. réaction inflammatoire



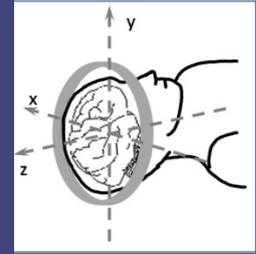
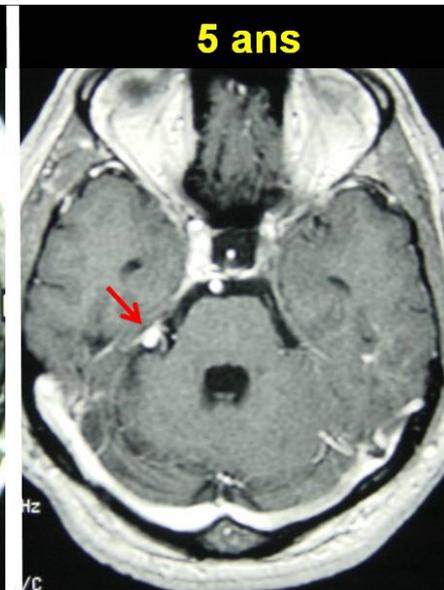
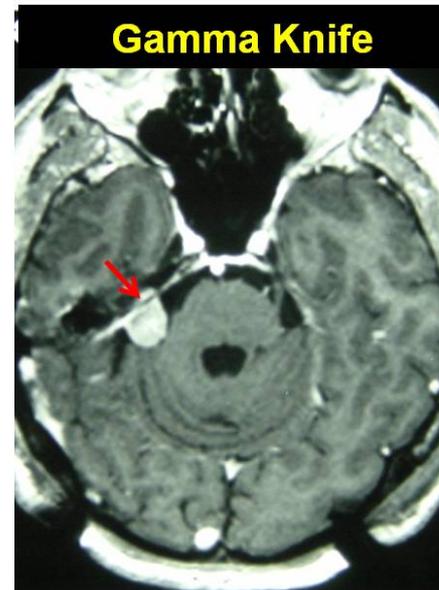
La radiochirurgie

- Applications :

1. traitement de petites tumeurs intracérébrales (< 3 cm de diamètre)
2. destruction de petites zones intracérébrales

- Réponses radiologiques :

1. nécrose
2. réaction inflammatoire
3. réduction du volume tumoral



La radiochirurgie

- Méthode:

la radiochirurgie est une procédure stéréotaxique

1. fixation du cadre



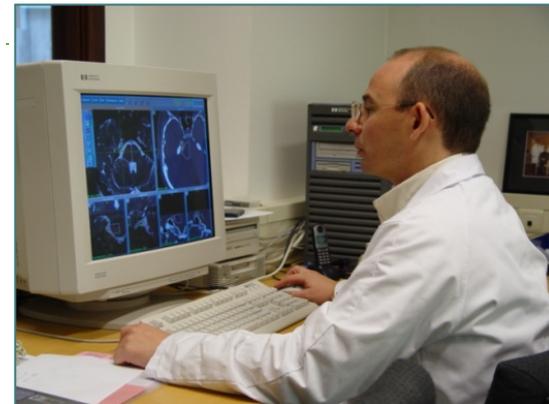
4. traitement



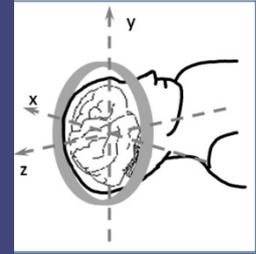
2. acquisition des imageries



3. dosimétrie



Service de Neurochirurgie



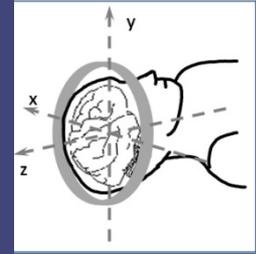
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



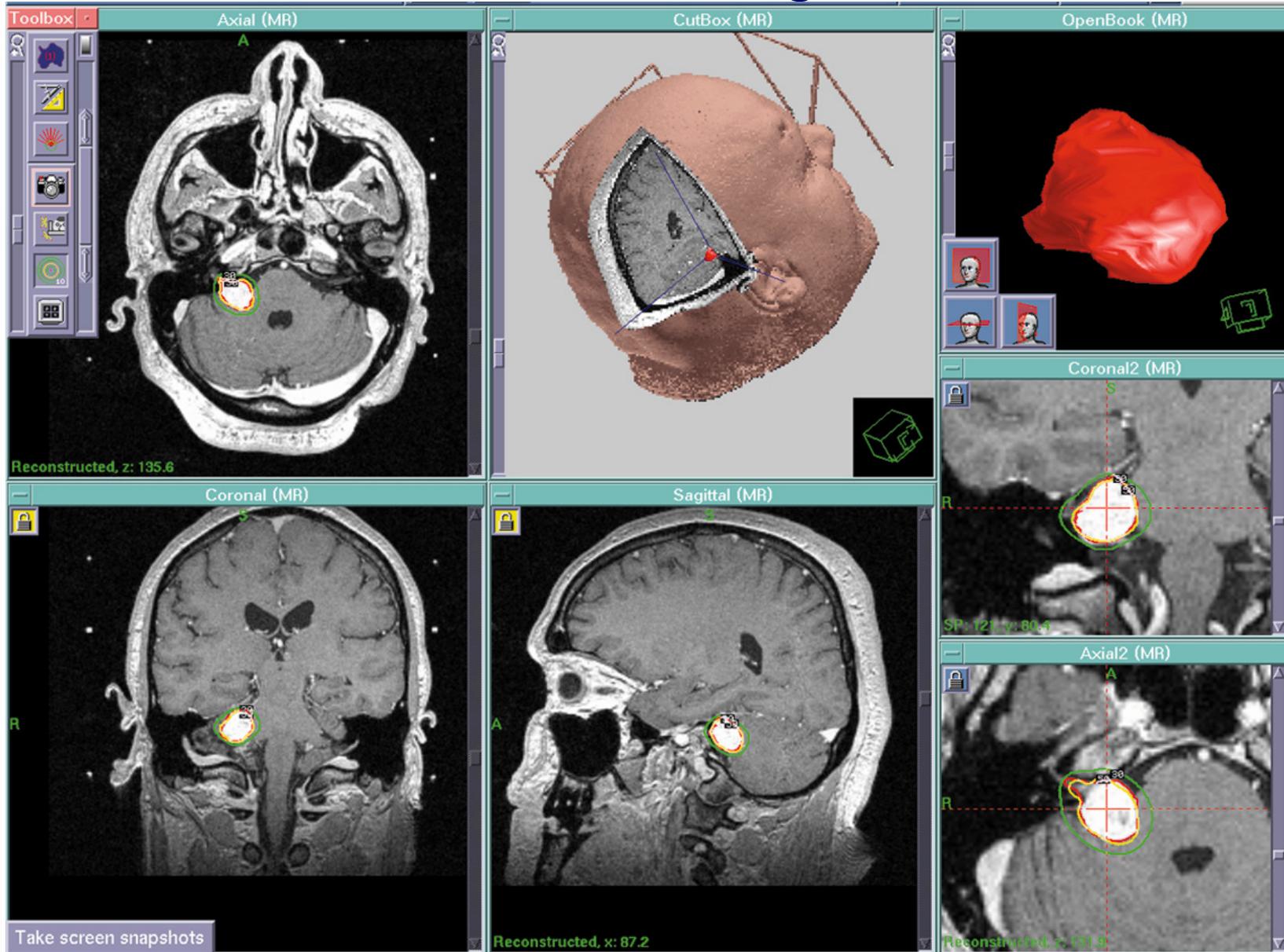
ULB

La radiochirurgie

Service de Neurochirurgie

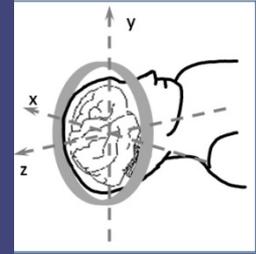


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



Gamma Knife *Perfexion*

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



La radiochirurgie

- Indications:

1. Tumeurs cérébrales malignes

- ① Métastases
- ② Gliomes

2. Tumeurs cérébrales bénignes

- ③ Schwannomes vestibulaires / autres schwannomes
- ④ Méningiomes
- ⑤ Adénomes hypophysaires

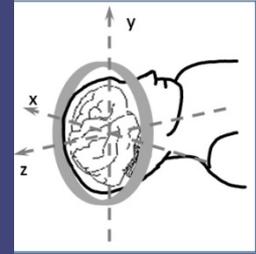
3. Malformations vasculaires cérébrales

- ⑥ Malformations artério-veineuses
- ⑦ Fistules durales
- ⑧ Angiomes caverneux

4. Affections fonctionnelles cérébrales

- ⑨ Névralgie du trijumeau
- ⑩ Tremblement
- 11 Épilepsie

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



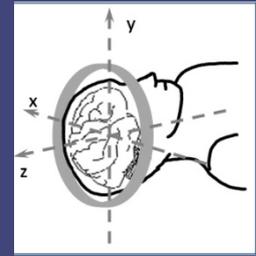
Hôpital
Erasme

ULB

La radiochirurgie

- types d'utilisation possibles:

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

alternative
à la chirurgie

extension
tumorale locale

résidu tumoral
après chirurgie

localisation
tumorale
secondaire

récidive
après chirurgie

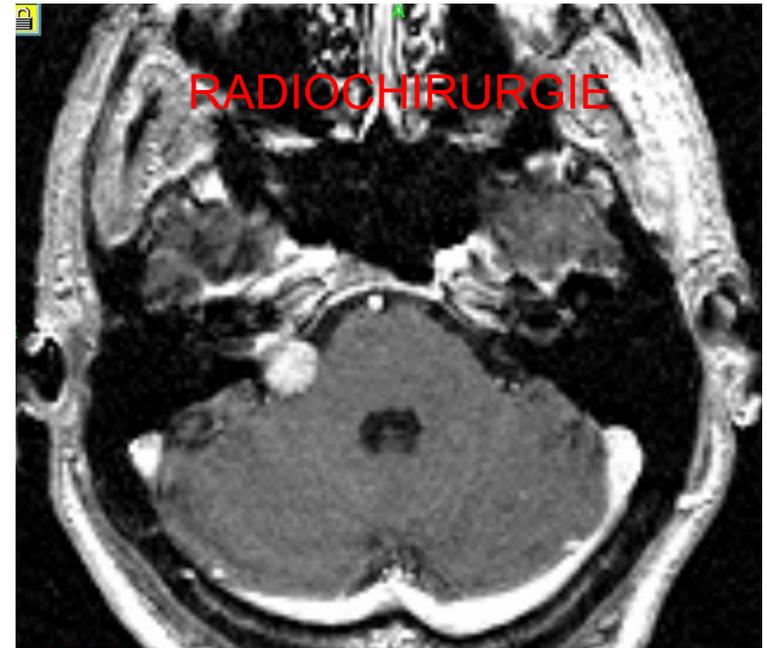
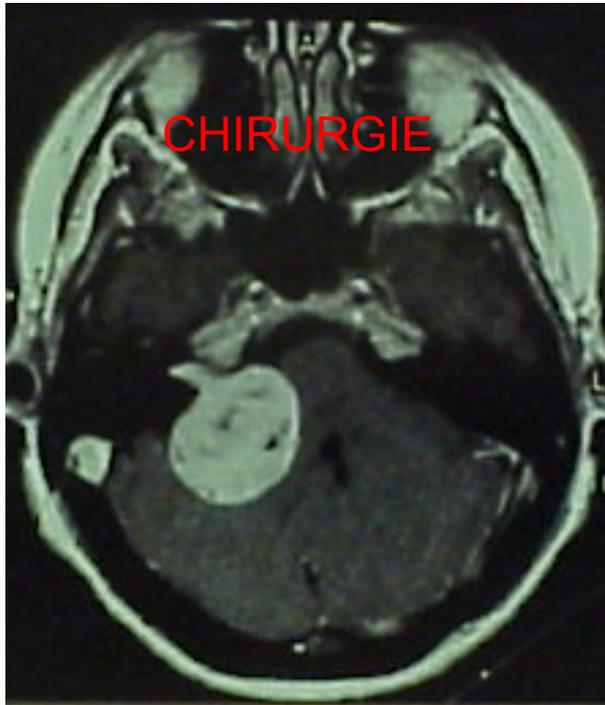
complément
après radiothérapie



La radiochirurgie

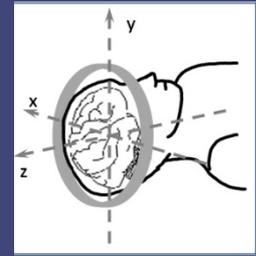
- Les 3 limitations de la radiochirurgie:

1. taille des lésions (< 3 cm de diamètre)



2. coût des appareils
3. disponibilité du traitement (1 Gamma Knife en Belgique)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

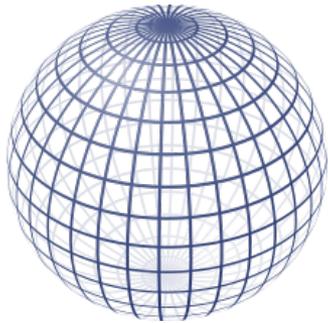


ULB

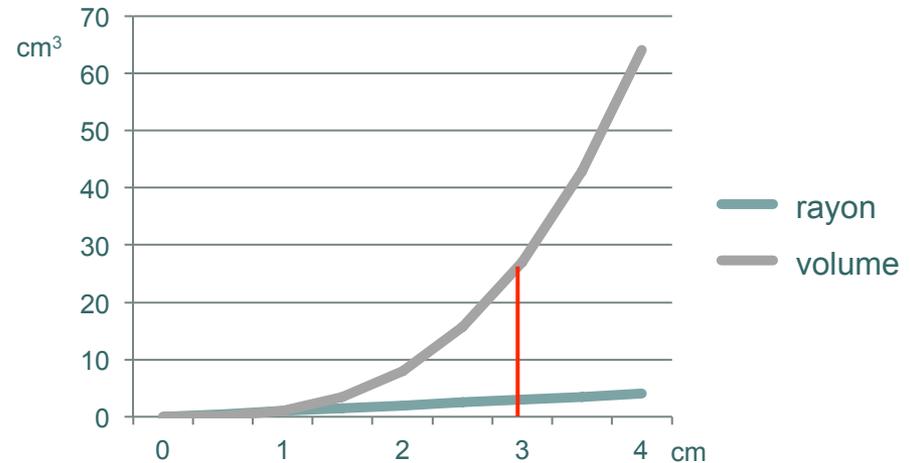
La radiochirurgie

- Pourquoi la taille des lésions constitue une limite de la radiochirurgie ?

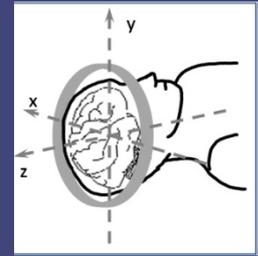
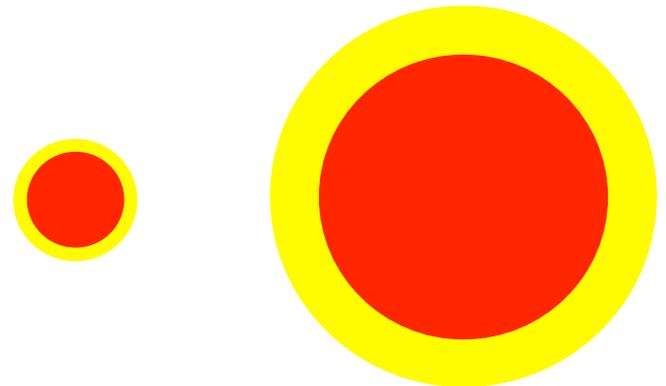
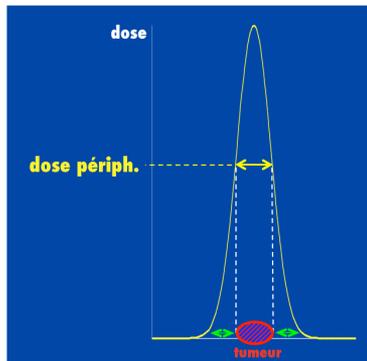
1. Le volume augmente exponentiellement avec le rayon d'une sphère

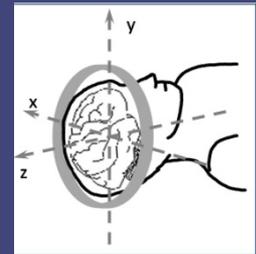


$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$



2. La pente de la chute de dose diminue lorsque le volume-cible augmente





1. La stéréotaxie et la neuronavigation

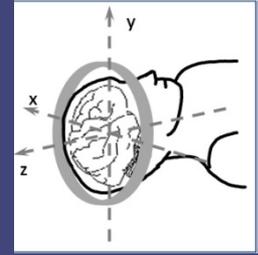
2. La neurochirurgie fonctionnelle

3. La radiochirurgie

4. Réalité virtuelle & robotique en neurochirurgie

Réalité virtuelle & Robotique

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

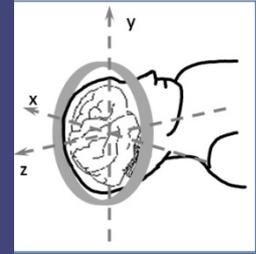
- Domaine en développement
- Nécessite une collaboration neurochirurgiens – ingénieurs biomédicaux
- Définitions
 - Réalité virtuelle = création d'un environnement tridimensionnel au sein duquel certaines capacités sensorielles sont amplifiées, donnant la sensation d'être présent dans cet espace virtuel
 - Neuro-robotique = assistance mécanique aux tâches neurochirurgicales



ULB

Réalité virtuelle & Robotique

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

- Sources de développement
 - Industrie du jeu (Wii, X-Box Kinect...)
 - Domaine militaire (GPS, Brain-Machine Interface...)
 - Aéronautique & aérospatial (simulateurs de vol...)
 - Industrie cinéma (images 3D...)

- Domaines d'utilisation
 - Enseignement
 - Simulation pré-opératoire
 - Aide per-opératoire



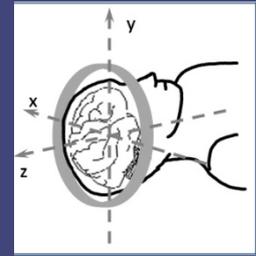
ULB

Réalité virtuelle & Robotique

○ Types d'application

1. Réalité virtuelle

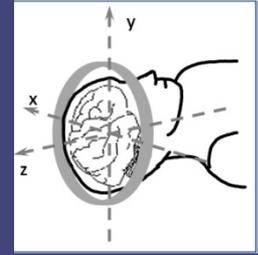
- Planificateurs 3D
- Simulateurs 3D avec feedback sensitif
- Endoscopie virtuelle
- Réalité augmentée



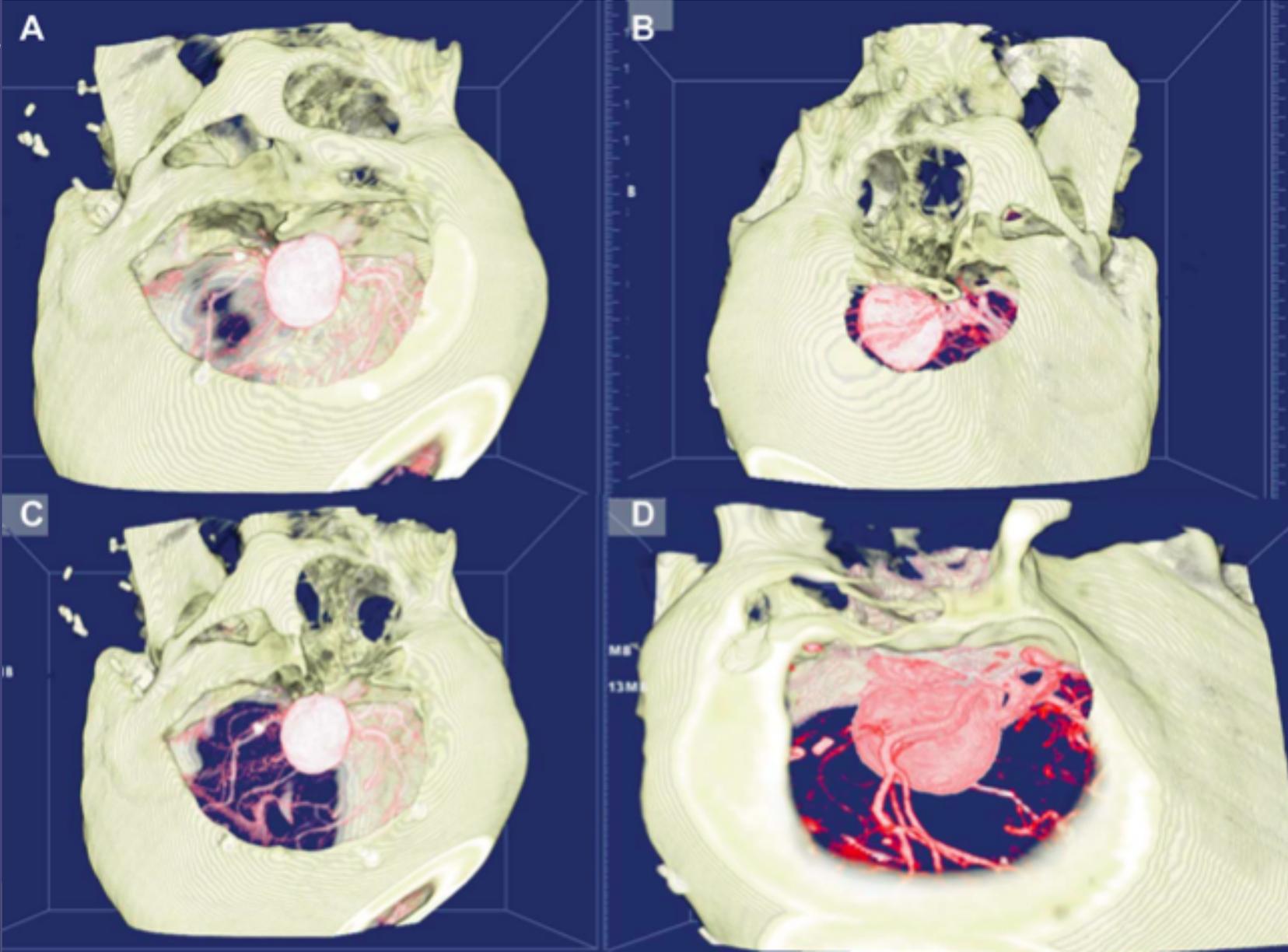
Réalité virtuelle & Robotique

- Planificateurs 3D (ex: Dextroscope)

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

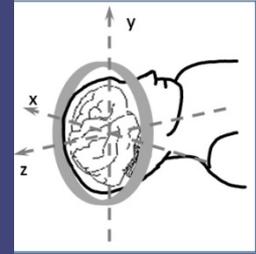


ULB

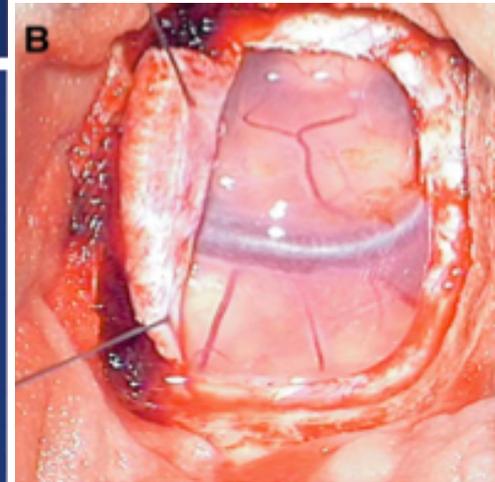
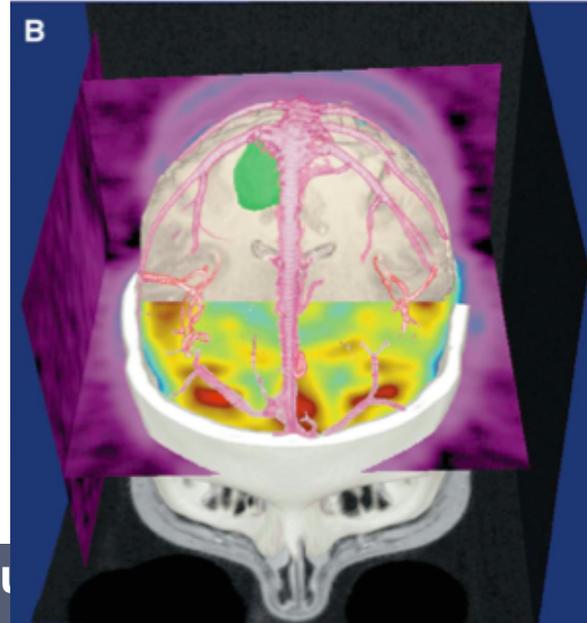
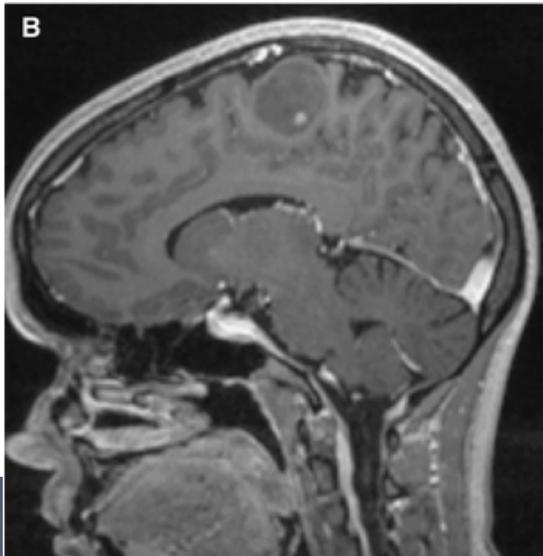
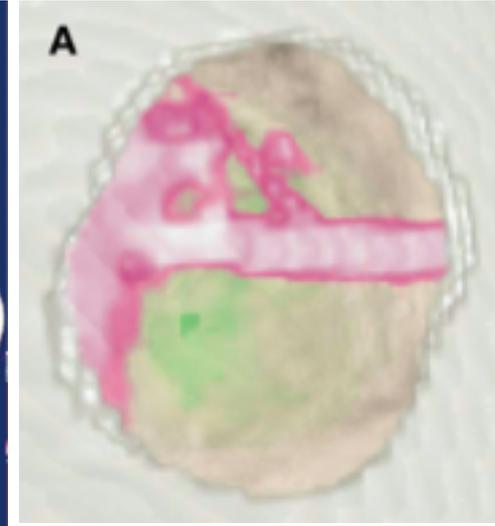
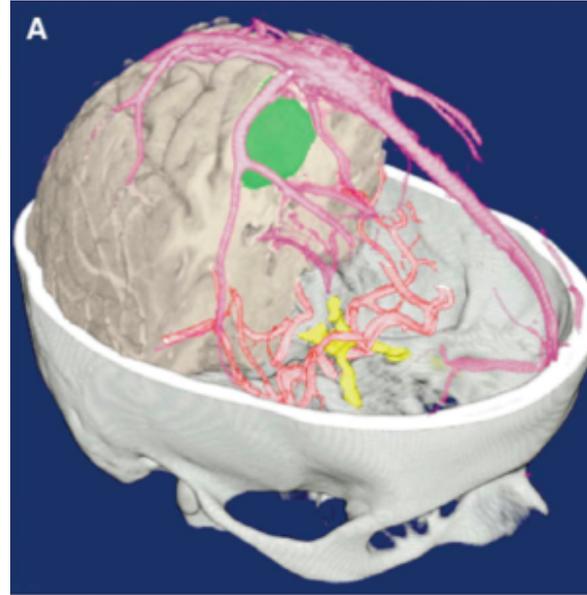
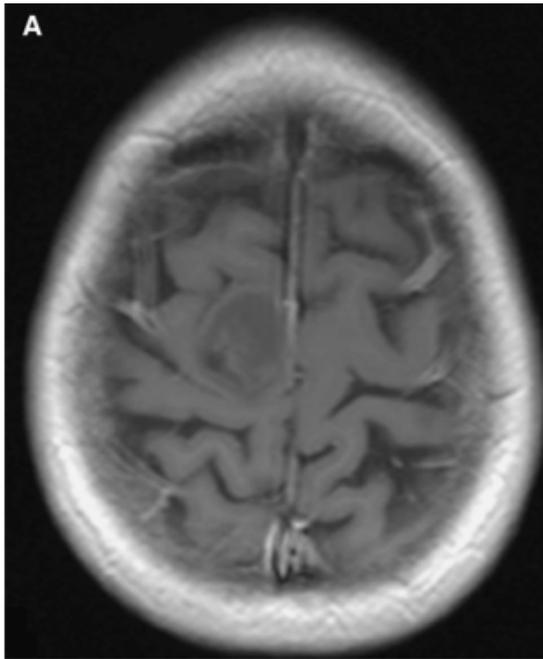
Réalité virtuelle & Robotique

- Planificateurs 3D (ex: Dextroscope)

Service de Neurochirurgie



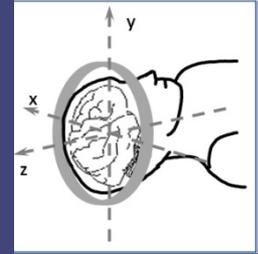
Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



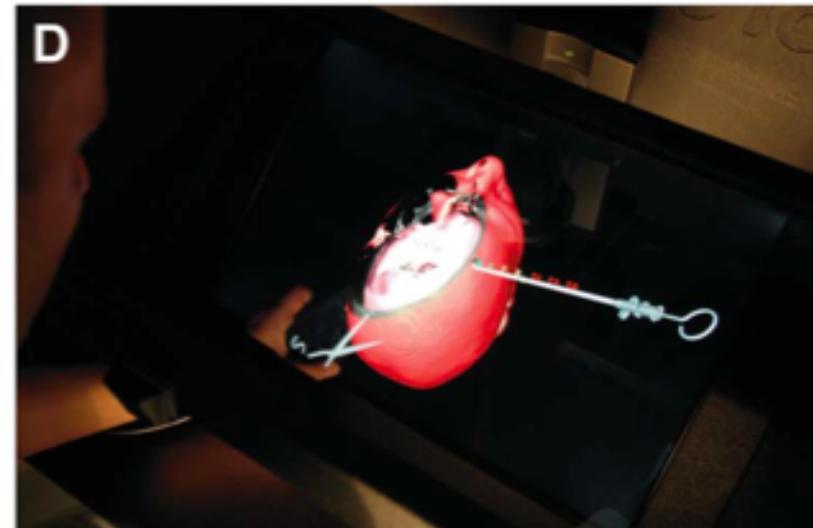
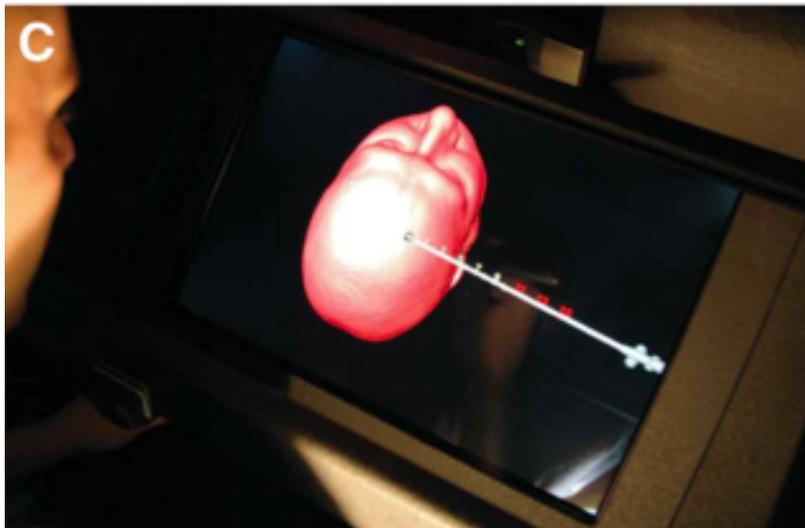
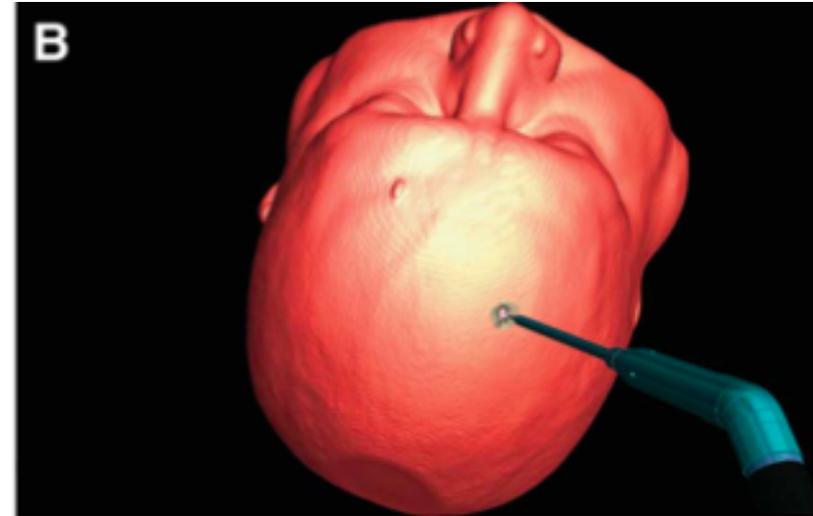
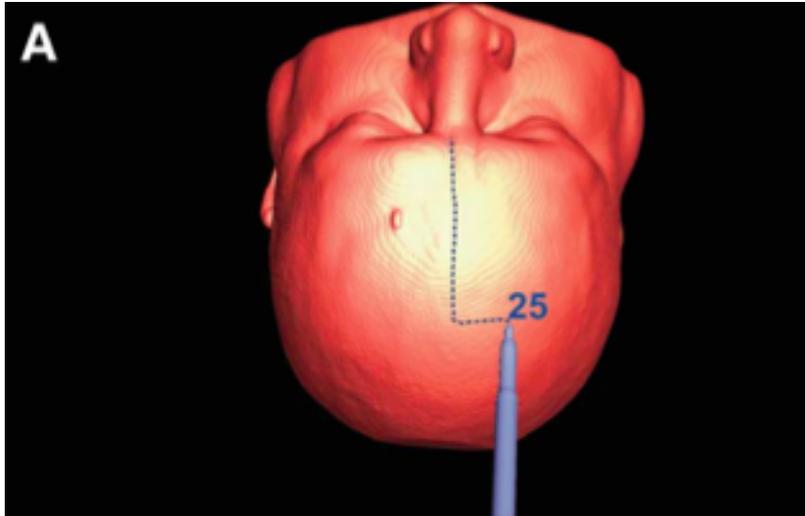
Réalité virtuelle & Robotique

- Simulateurs 3D avec feedback sensitif

Service de Neurochirurgie

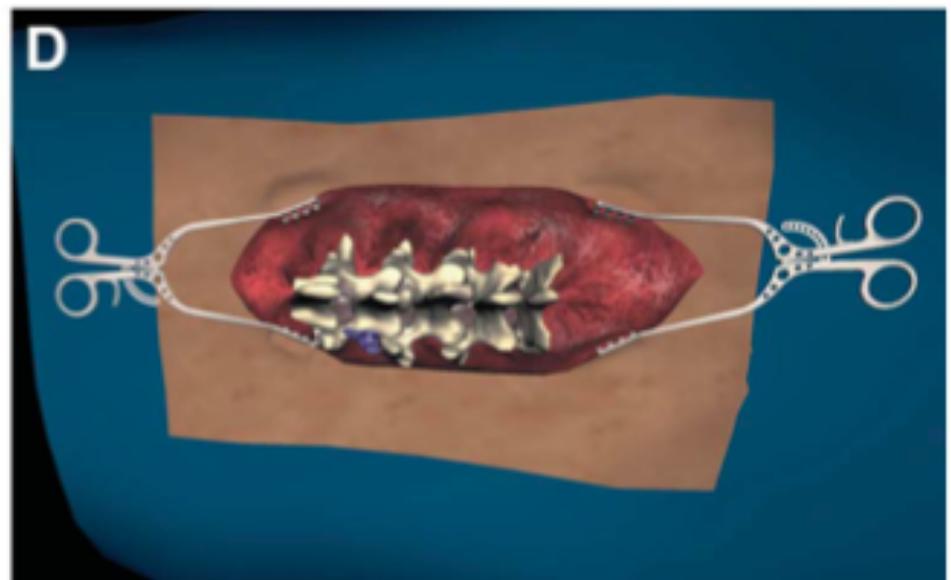
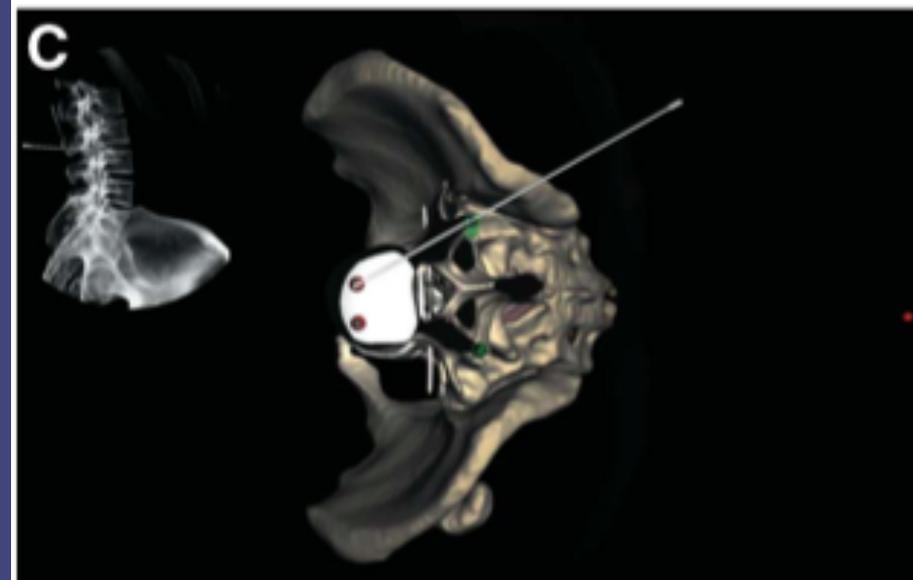
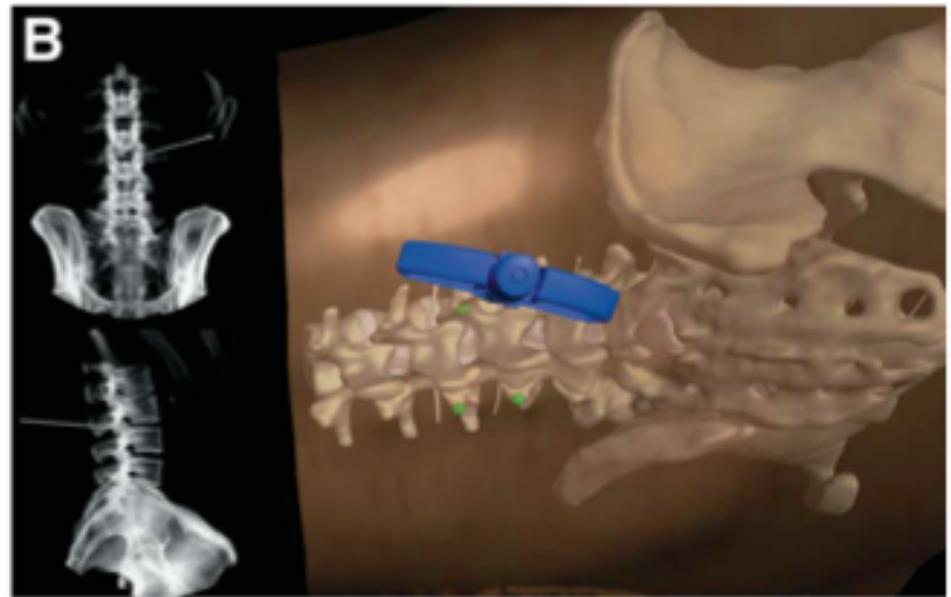
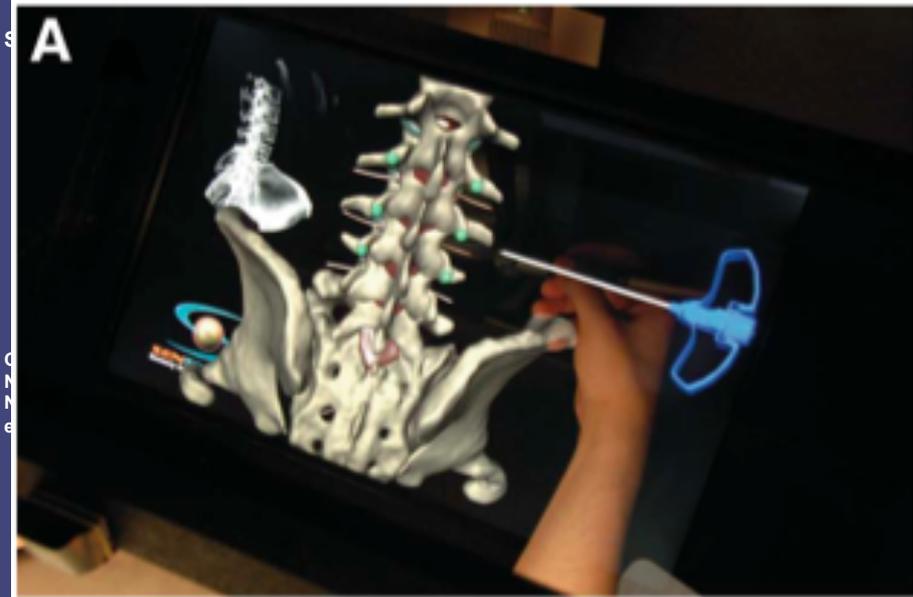


Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



Réalité virtuelle & Robotique

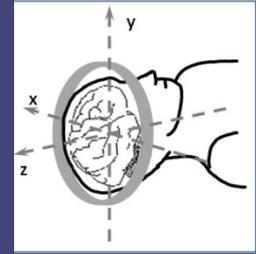
- Simulateurs 3D avec feedback sensitif



Réalité virtuelle & Robotique

- Réalité augmentée

Service de Neurochirurgie

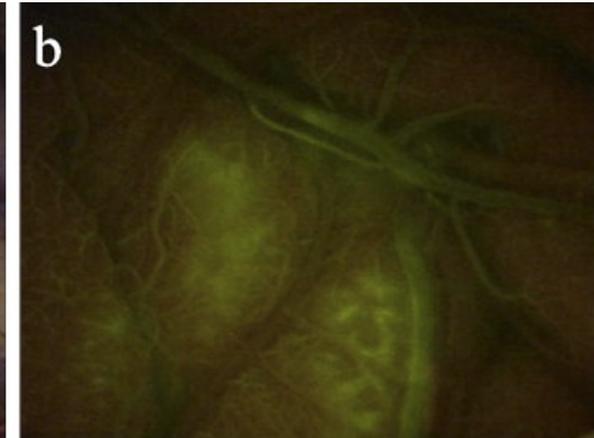
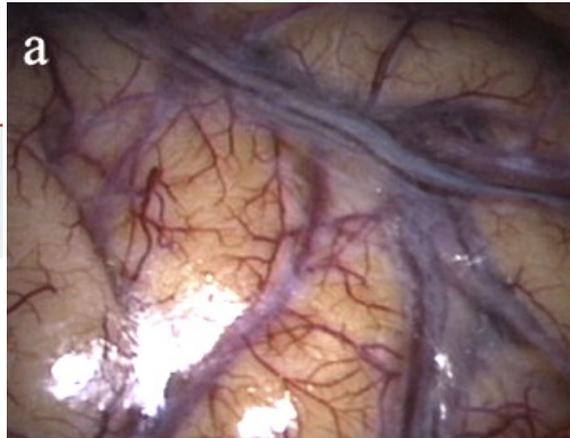


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



FIGURE 5. Night vision is an example of augmented reality being used in aviation. Night vision enhances what one sees in low- or no-light conditions and allows an image to be seen by amplifying even the slightest amount of ambient light. Augmented reality can provide similar advantages in endovascular neurosurgery by making structures that are difficult to identify more apparent to the interventionalist or trainees, thereby reducing procedural risk.

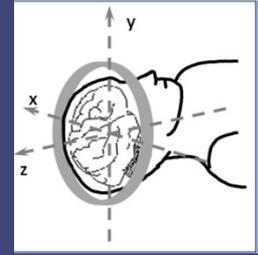
Fluoroscopie peropératoire (gliome cérébral infiltrant)



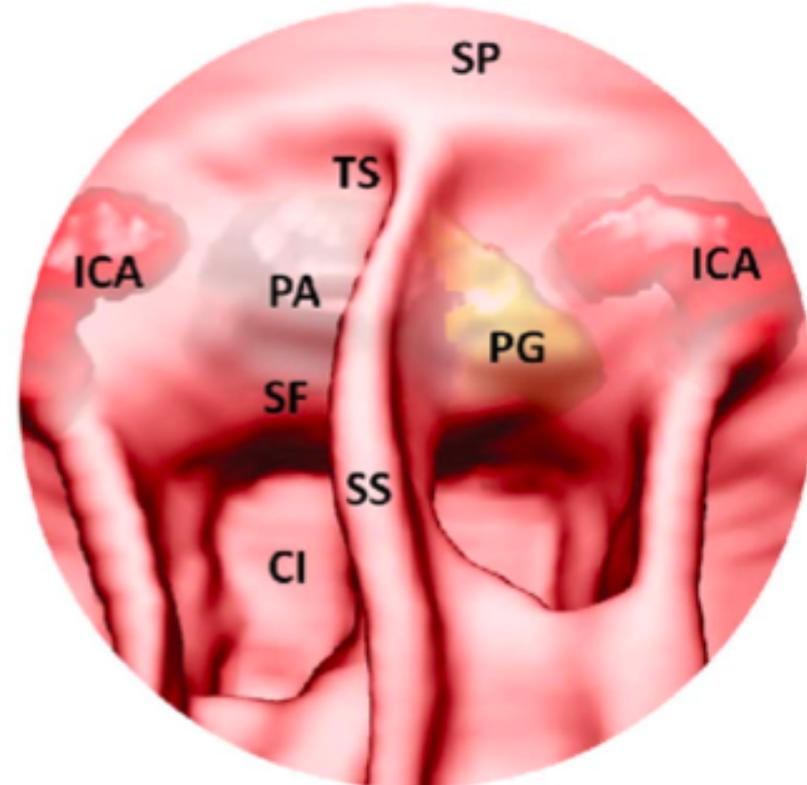
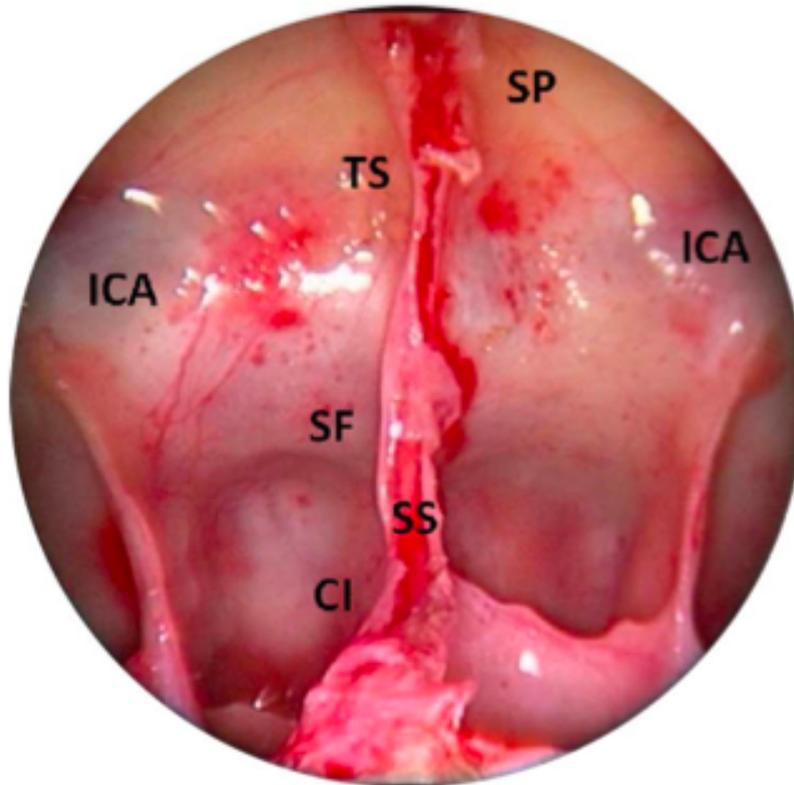
Réalité virtuelle & Robotique

- Assistance perop 3D (ex: Neurotouch endo)

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



ULB

Réalité virtuelle & Robotique

○ Types d'application

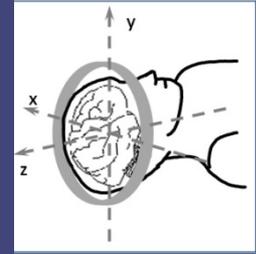
1. Réalité virtuelle

- Planificateurs 3D (ex: Dextroscope)
- Simulateurs 3D avec feedback sensitif
- Endoscopie virtuelle
- Réalité augmentée

2. Neuro-robotique

- Augmentation des performances neurochirurgicales (ex: EXPERT)
- Robotique en radiochirurgie (ex: Gamma Knife)
- Robotique en chirurgie intracrânienne (ex: NeuroArm, ROSA)
- Robotique en chirurgie spinale (ex: SpineAssist)
- Brain-Computer interface

Service de Neurochirurgie



Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

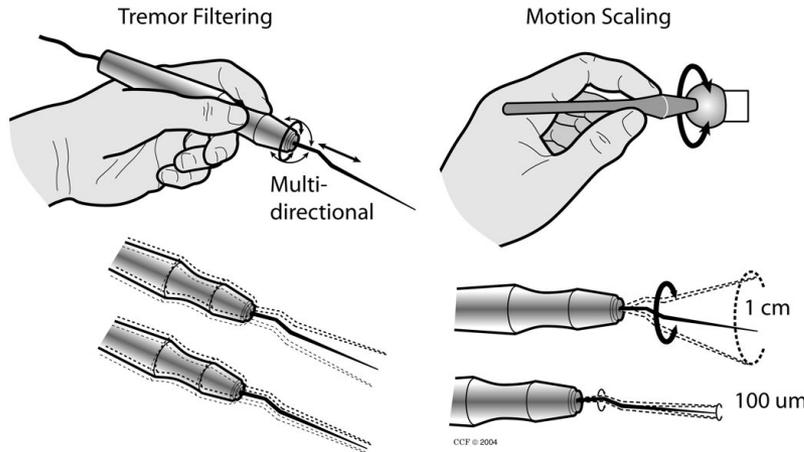


ULB

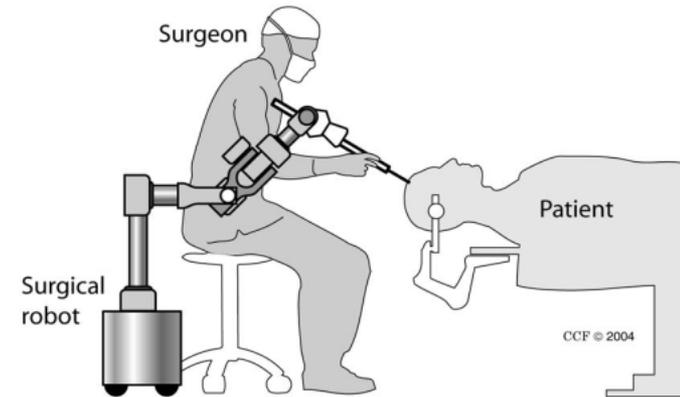
Réalité virtuelle & Robotique

- Augmentation des performances neurochirurgicales (ex: EXPERT)

Dexterity Enhancement

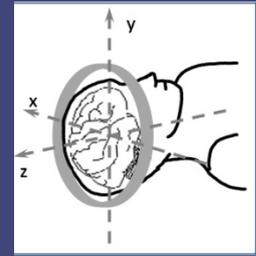


Shared Control System



Robot and surgeon remains jointly in control. The surgeon remains in control of the procedure while the robot provides steady-hand manipulation of the instrument.

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

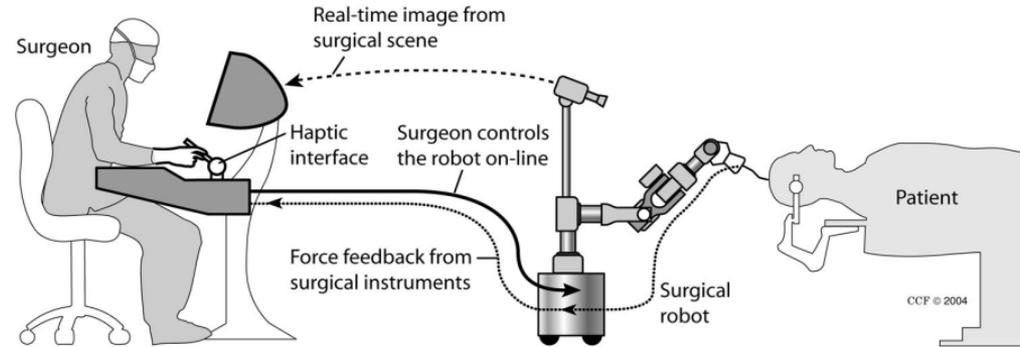


ULB

Réalité virtuelle & Robotique

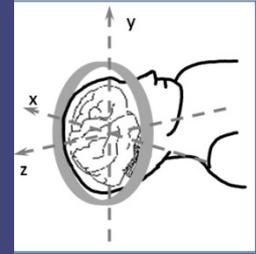
- Robotique en chirurgie intracrânienne (ex: NeuroArm, ROSA)

Robotic Telesurgical System

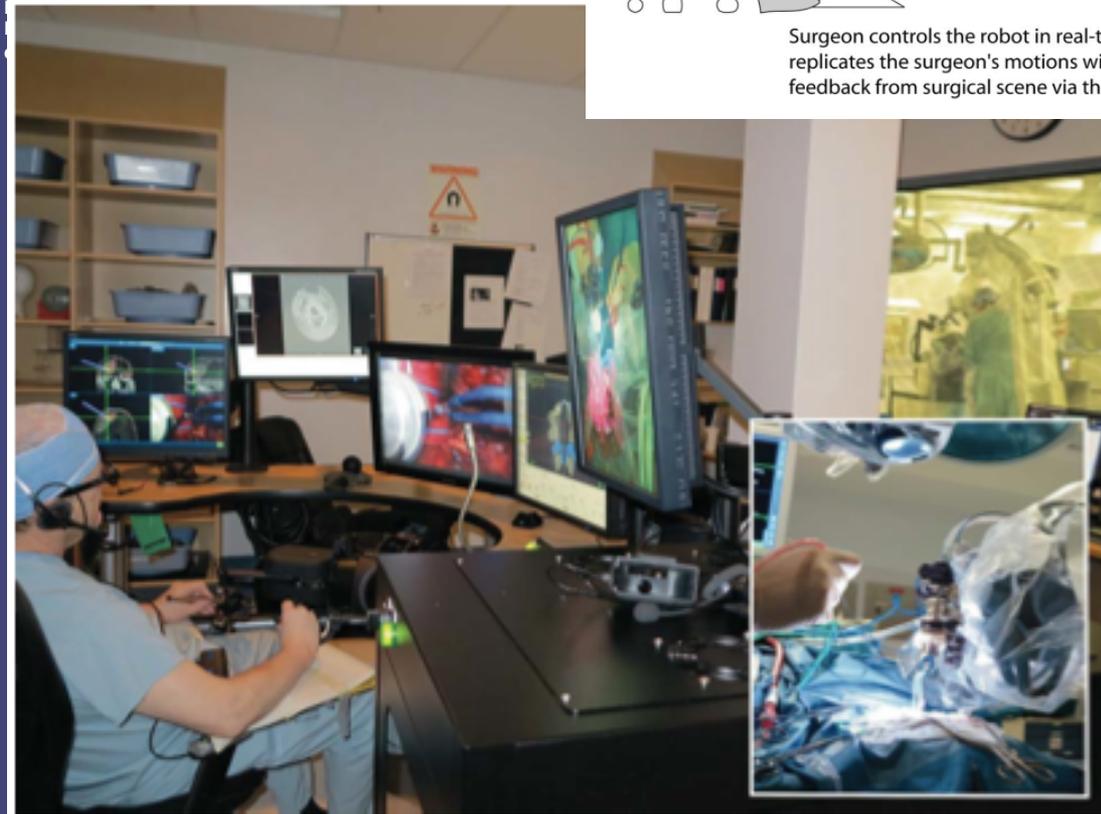


Surgeon controls the robot in real-time through the haptic interface. Robot faithfully replicates the surgeon's motions with the interface. Master-slave surgeon gets real-time feedback from surgical scene via the camera and the force feedback from the instruments.

Service de Neurochirurgie



Clinique de

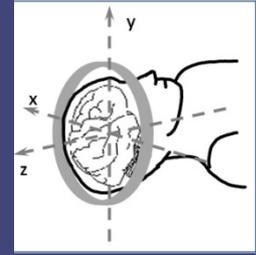


chirurgie ULB

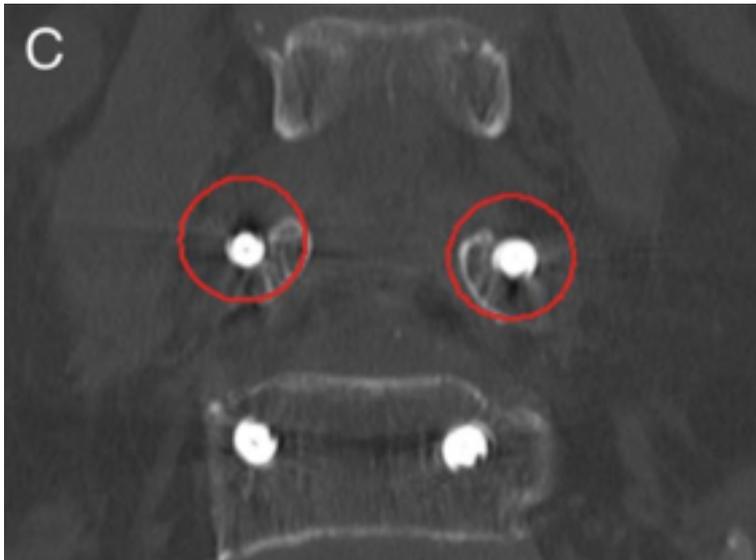
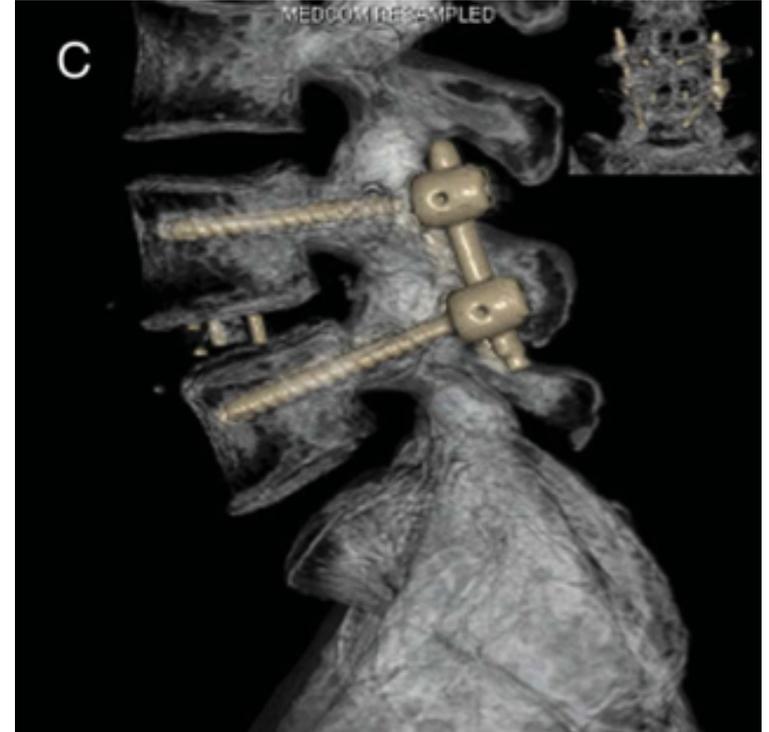
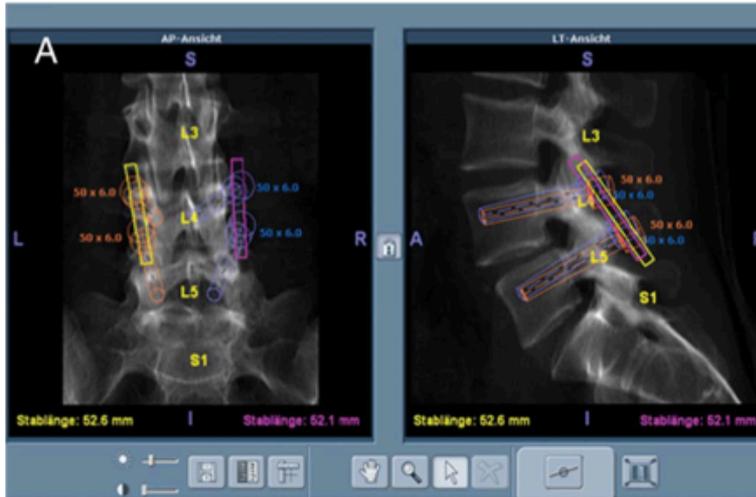
Réalité virtuelle & Robotique

- Robotique en chirurgie spinale (ex: SpineAssist)

Service de Neurochirurgie

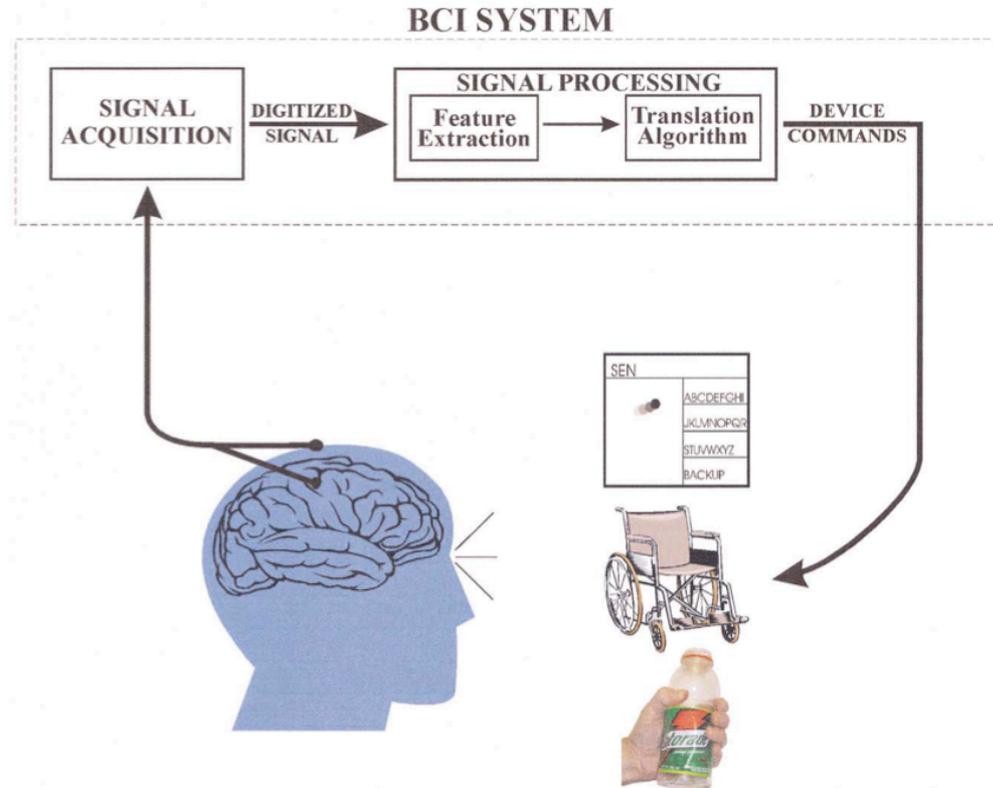


Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie

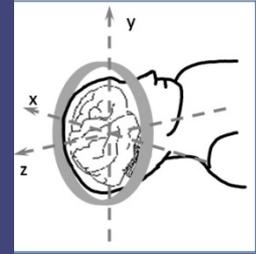


Réalité virtuelle & Robotique

- Brain-Computer interface



Service de Neurochirurgie



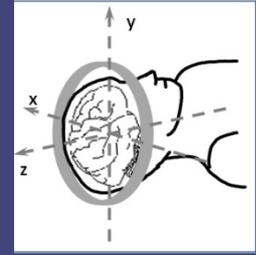
Clinique de
Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie



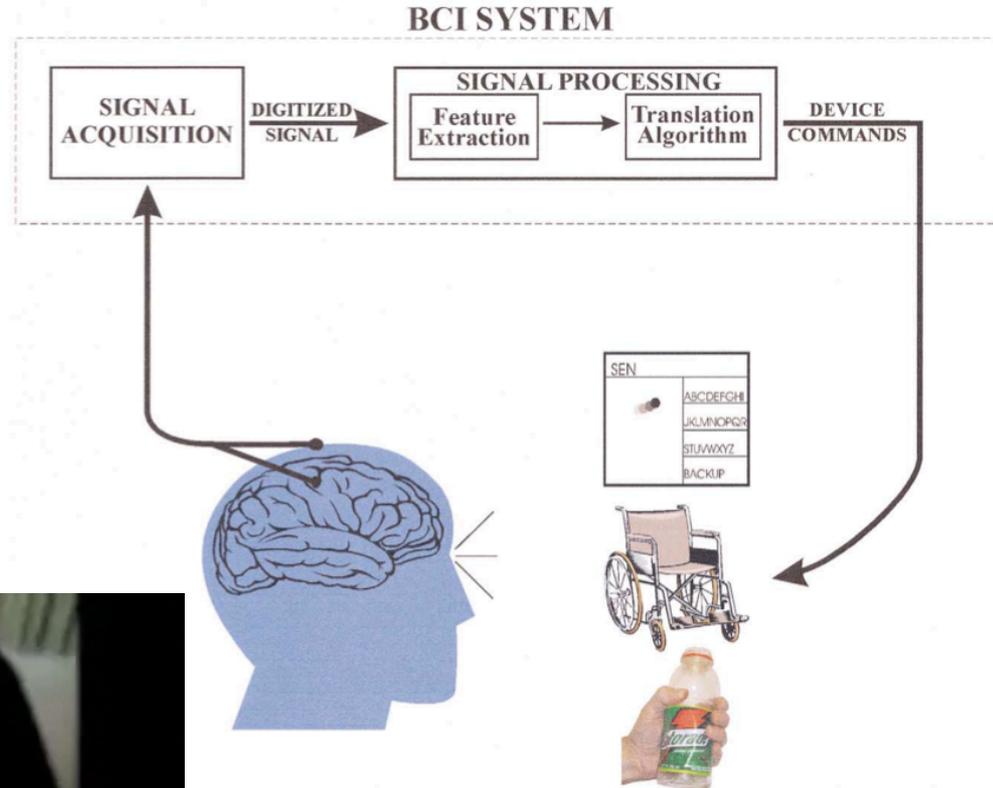
Réalité virtuelle & Robotique

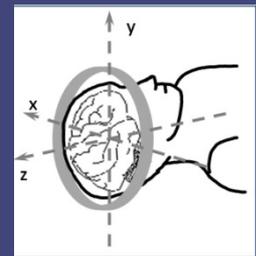
- Brain-Computer interface

Service de Neurochirurgie



Clinique de Neurochirurgie stéréotaxique
Neurochirurgie fonctionnelle
et Radiochirurgie





La neurochirurgie stéréotaxique

La neurochirurgie fonctionnelle

La radiochirurgie

Réalité virtuelle et robotique en neurochirurgie

Pr N. Massager

Présentation téléchargeable sur le site www.stereotaxie.be