

SAMEDI  
4 DÉCEMBRE  
2021

PALAIS DES CONGRÈS  
DE DIGNE-LES-BAINS

# 2021 : ÉVOLUTION DE LA CANCÉROLOGIE

15<sup>E</sup> FORUM  
DE LA FÉDÉRATION  
DE CANCÉROLOGIE  
DES PAYS D'AIX, MANOSQUE  
& SALON

Radiothérapie Stéréotaxique Robotisée: le cyberknife

Pr Didier Cowen

# Radiothérapie stéréotaxique

## Définition

La radiothérapie stéréotaxique est une technique de **radiothérapie guidée par l'image (IGRT)** de très haute précision qui permet :

- de délivrer de très fortes doses de radiothérapie dans de petits volumes.
- de réaliser des traitements dits "radio-ablatifs", qui détruisent la tumeur.
- d'épargner les organes sains avoisinants

Sa grande précision permet de réaliser des traitements **hypofractionnés**: **fortes doses** par séance (>5Gy) et faible nombre de séances (1 à 5)

Elle peut être réalisée par divers appareils de radiothérapie, dont le Cyberknife

Le Cyberknife apporte une **4<sup>ème</sup> Dimension** à la stéréotaxie: le vrai tracking

# Rationnel

- Intérêt majeur pour la maladie oligométastatique
  - SABR-COMET Phase II Randomisé\*: avantage en survie 17% vs 43% pour TRT agressif
- Intérêt pour le traitement local de patients CI à l'anesthésie
- Possibilité de traitements itératifs
- Amélioration de l'index thérapeutique:
  - Amélioration du contrôle local par augmentation de la dose/fraction
  - Disparition des effets secondaires par meilleure balistique

\* *Stereotactic Ablative Radiotherapy for the Comprehensive Treatment of Oligometastatic Cancers: Long-Term Results of the SABR-COMET Phase II Randomized Trial.*  
Palma DA et al. *J Clin Oncol.* 2020;38(25):2830

SYSTEME  
D'IMAGERIE

Sources rayons X

SYSTEME  
ROBOTISE

Accelérateur lineaire

Table Xchange

Couchette  
Robotisée

Détecteurs d'images

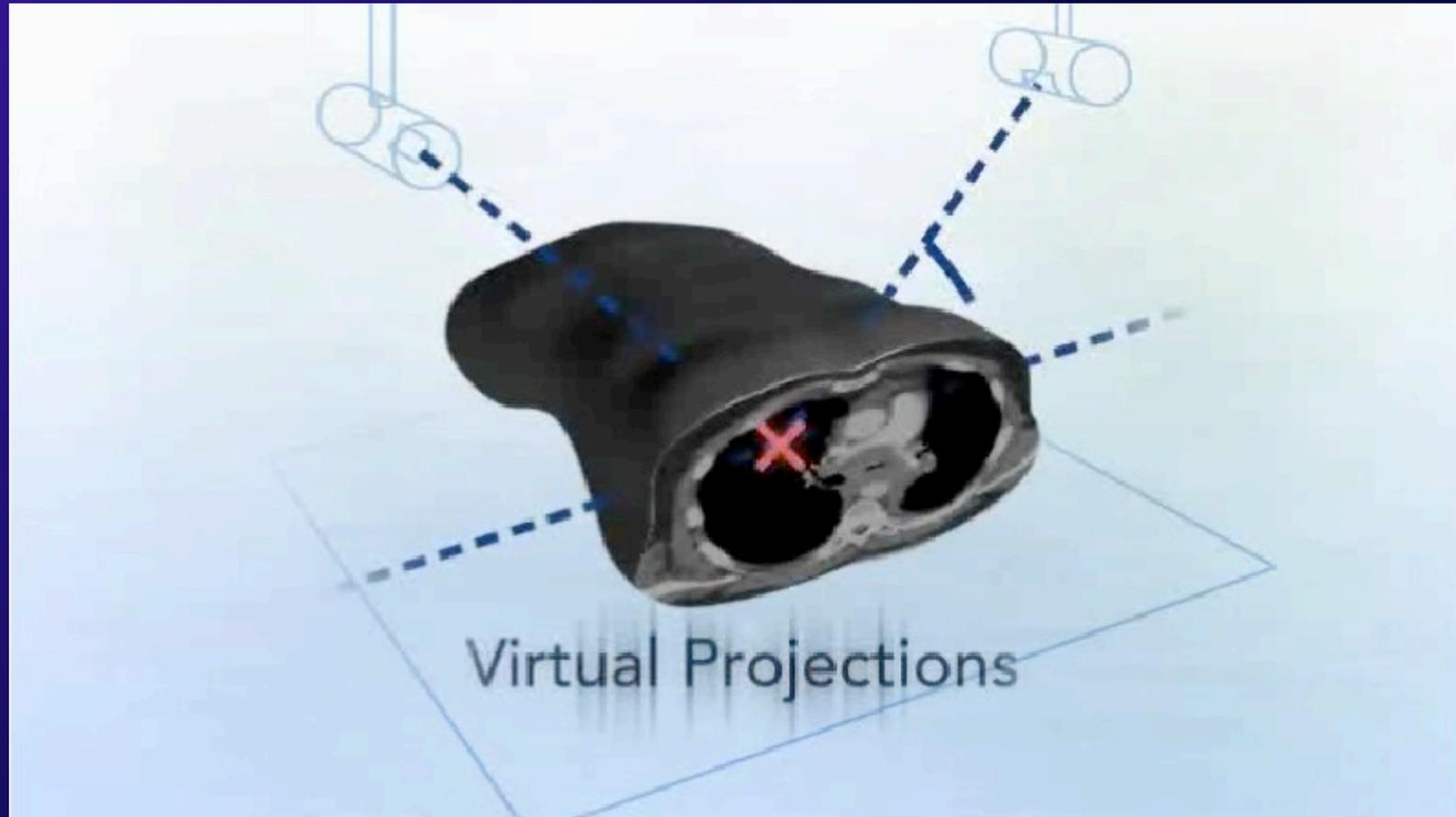


# Système d'imagerie

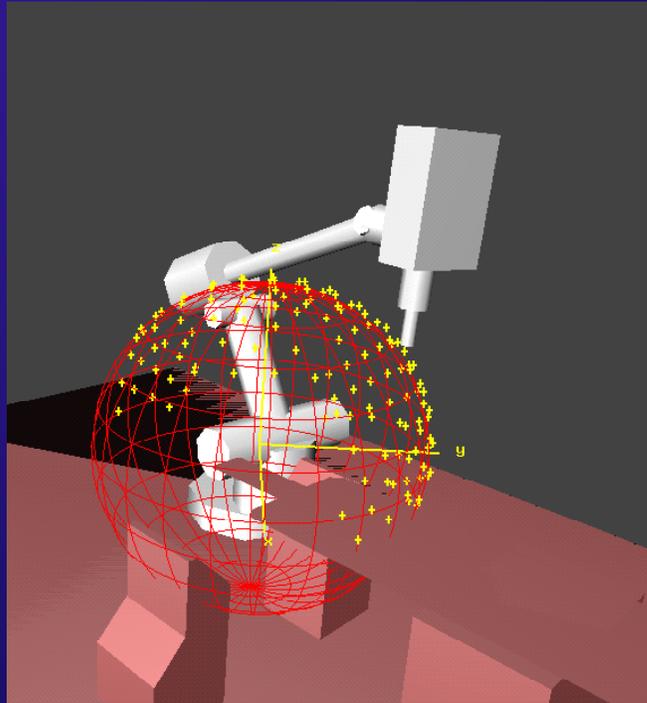
- Système d'imagerie rayon X CyberKnife permet de contrôler le positionnement de la cible avant et pendant le traitement.
- 2 imageurs placés à 45° verticale.
- 2 détecteurs en silicone amorphe installés dans le sol forment un champ de 40 x 40 cm<sup>2</sup> (taille de pixel 0,4mm)



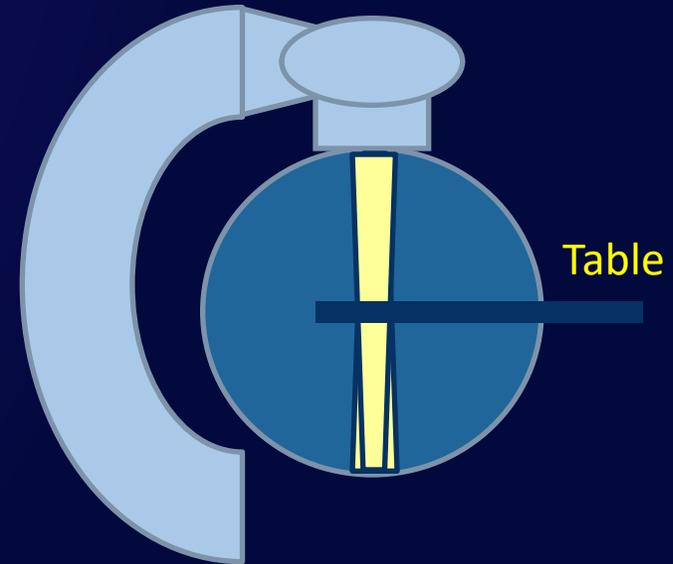
# Une précision sans précédent



# CyberKnife vs Machines "hybrides"



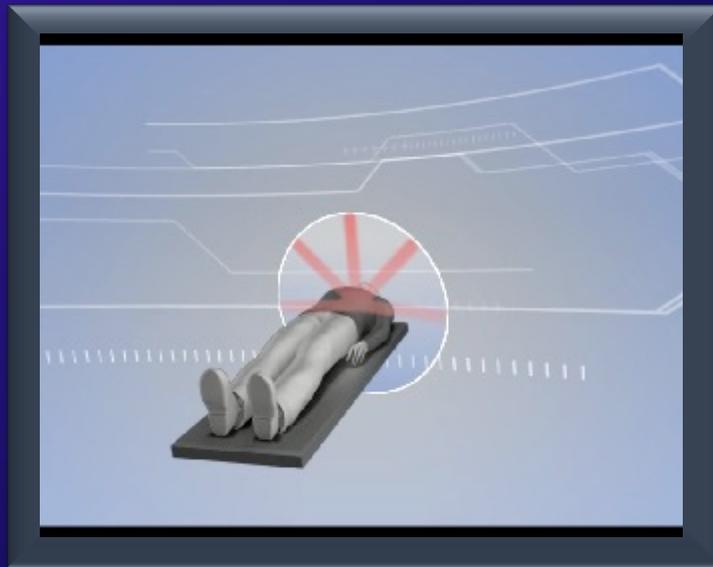
Presque toutes les  
angulations sont  
accessibles



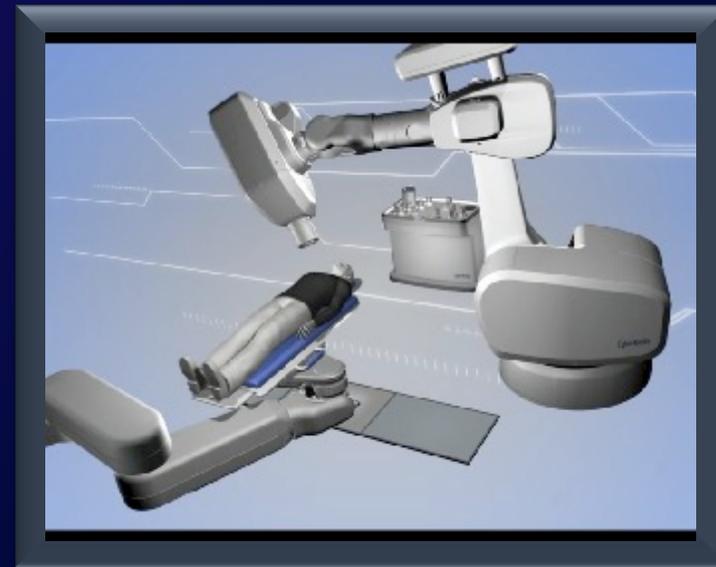
Certains angles ne sont pas  
accessibles sans rotation de  
la table

# Traitements sans contraintes

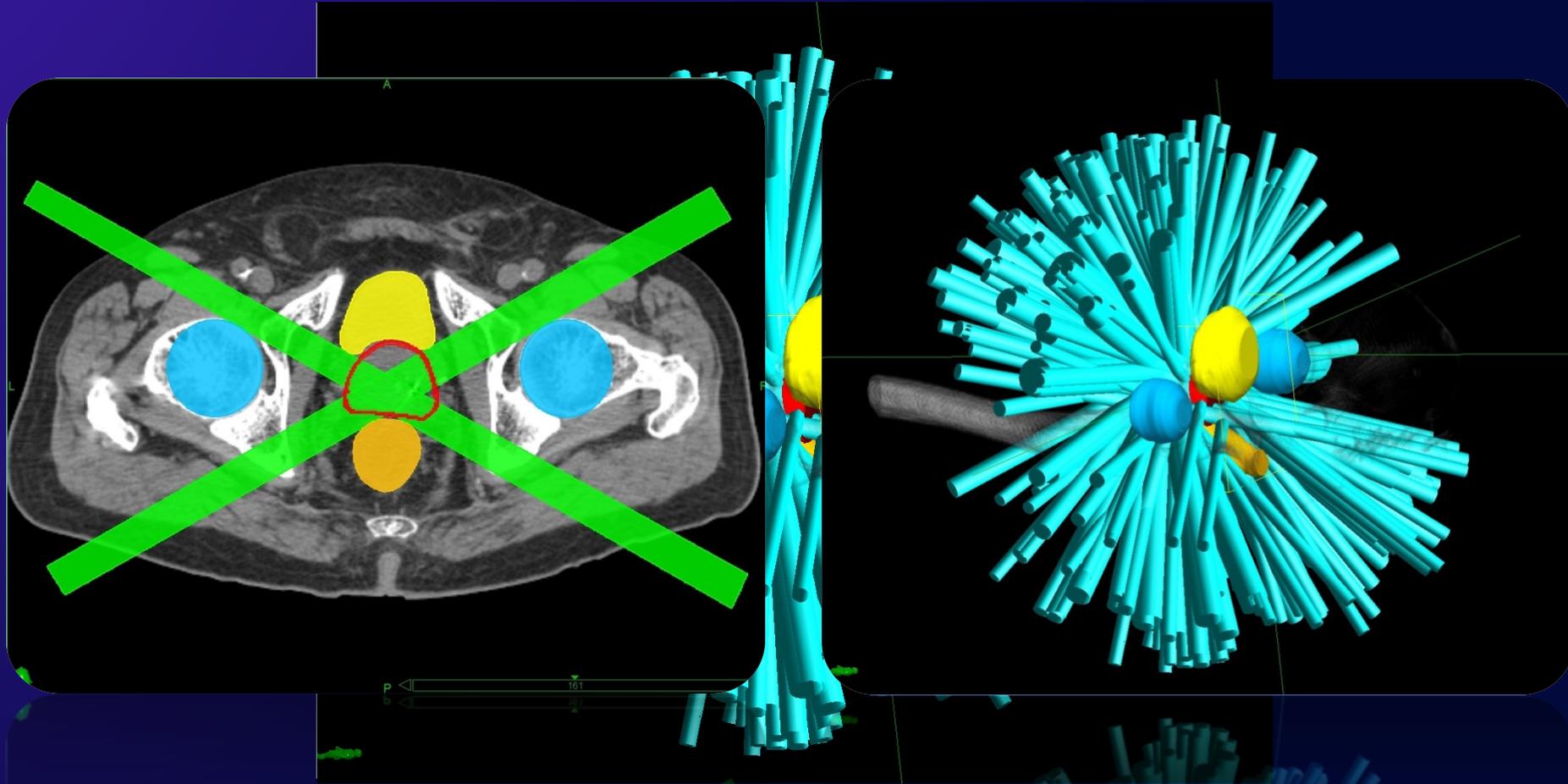
Accélérateur classique



CyberKnife



# 2D versus 3D vrai

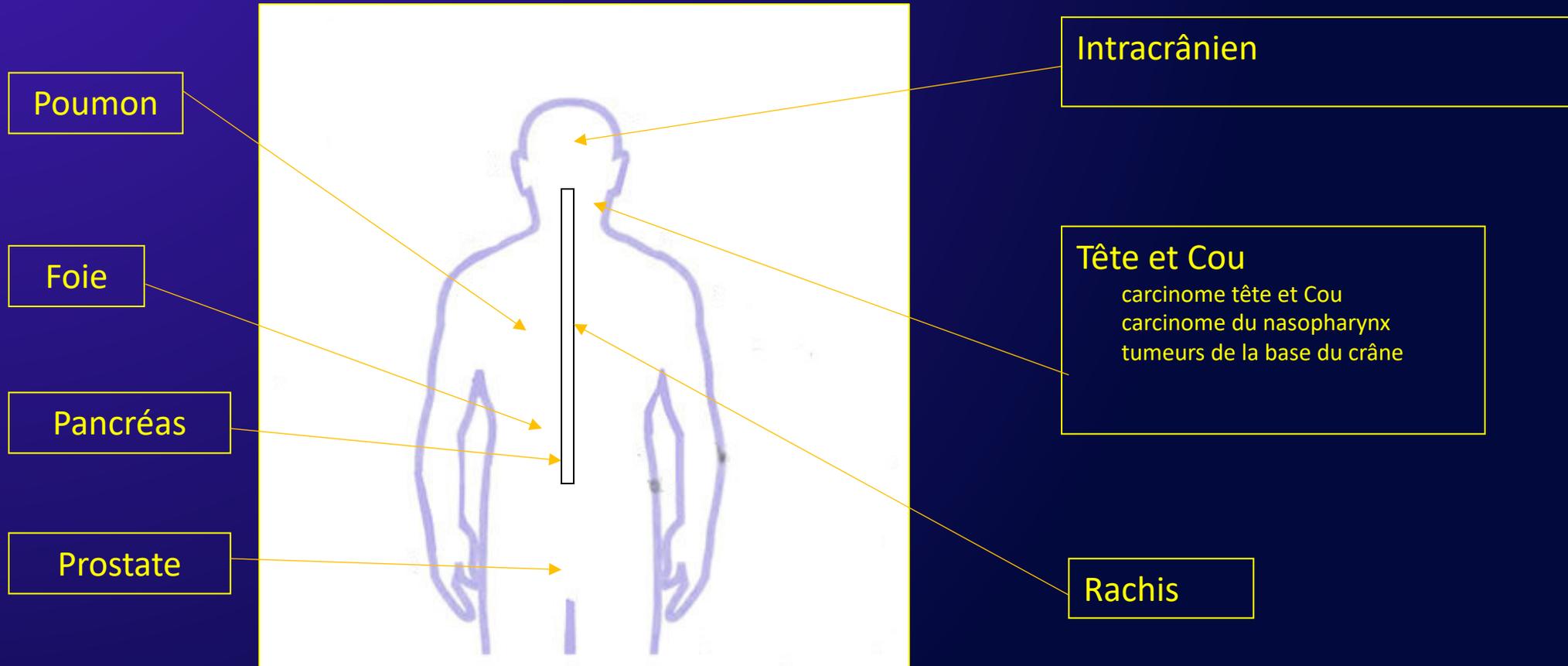


# Une précision sans équivalent

- Précision mécanique
  - 0.06 millimètre\*
- Précision clinique totale 'end-to-end'
  - $< 0.9 \text{ mm}^{**}$  sur cibles fixes et  $< 1,5 \text{ mm}$  mobiles (Xsight® Spine Specification)
  - $0.49 \pm 0.22 \text{ mm}$  (Ho et. al. 2008)
  - $0.4 \pm 0.2 \text{ mm}$  (Antypas et Pantelis 2008)
  - $0.47 \pm 0.24 \text{ mm}$  (Drexler et Furweger 2009)
- Synchrony® Respiratory Tracking System specification
  - $0.70 \pm 0.33 \text{ mm}$  (Dieterich et. Al. 2004)
  - $0.47 \pm 0.24 \text{ mm}$  (Drexler et Furweger 2009)



# CyberKnife : Applications cliniques



Intracrânien

Poumon

Foie

Pancréas

Prostate

Tête et Cou  
carcinome tête et Cou  
carcinome du nasopharynx  
tumeurs de la base du crâne

Rachis

Autres indications: sein, reins, col de l'utérus

# Tumeurs intracrâniennes

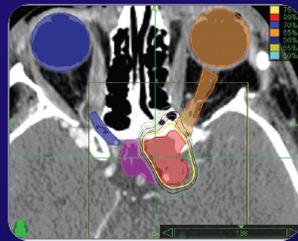
- Pas besoin de cadre de fixation
- 6D Skull Tracking: suivi par imagerie (avant et pendant le traitement).  
Ciblage à partir de l'os de la boîte crânienne  
-> précision moyenne  $\sim 0.5 \text{ mm}^{1-4}$
- Centaine de faisceaux délivrés en mode isocentriques ou non-coplanaire



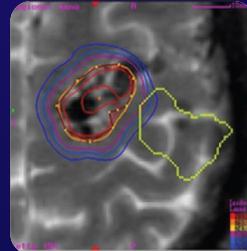
# Indications Intracrâniennes

## Intracrânien

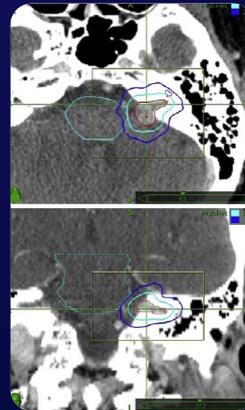
- **Métastases**
- Tumeurs primitives
  - Bénignes: méningiome, adénome hypophysaire, neurinome de l'acoustique, etc.
  - **Malignes: gliome, astrocytomes, etc.**
- Malformations artério-veineuses, névralgie du nerf trijumeau



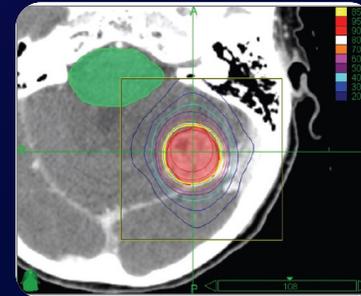
MENINGIOMES



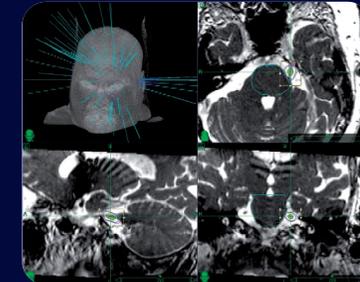
MAVs



NEURINOMES DE  
L'ACCOUSTIQUE



METASTASES

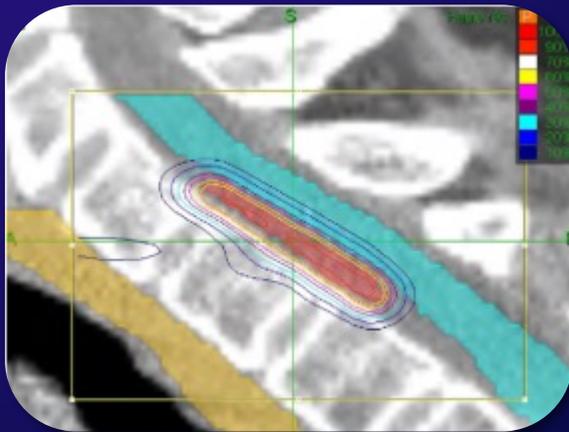


NEURALGIE  
TRIJUMEAU

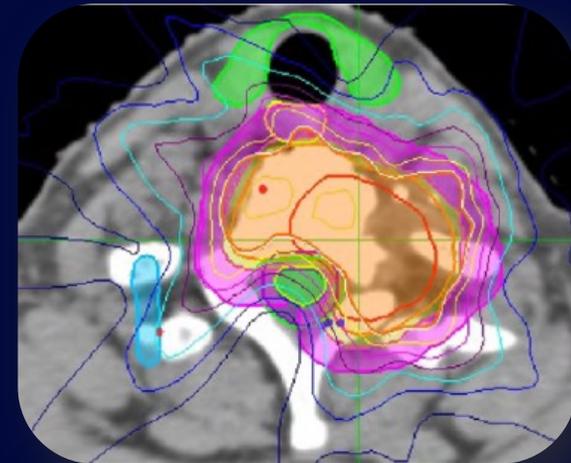
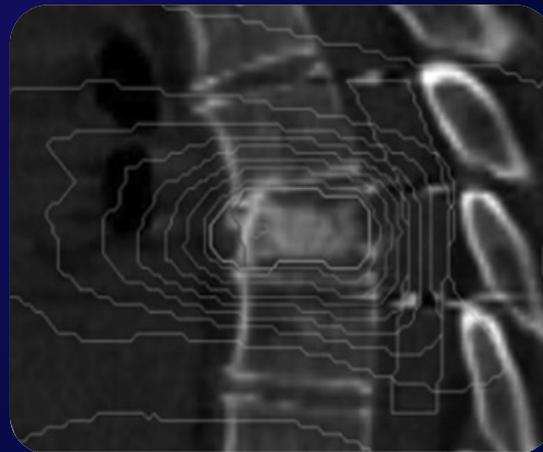
# Indications du Rachis

## Rachis

- **Métastases vertébrales**
- Tumeurs bénignes
- **Tumeurs malignes**
- MAV rachidiennes
- **Récidives**



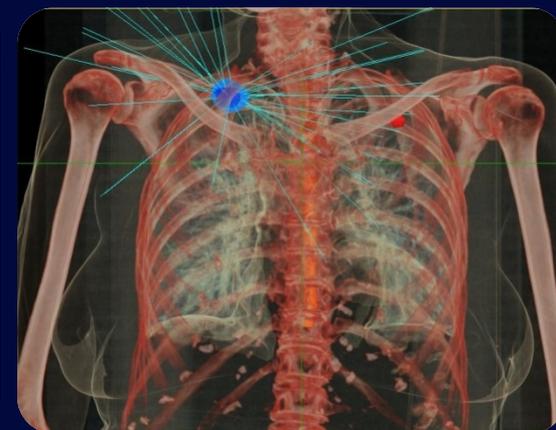
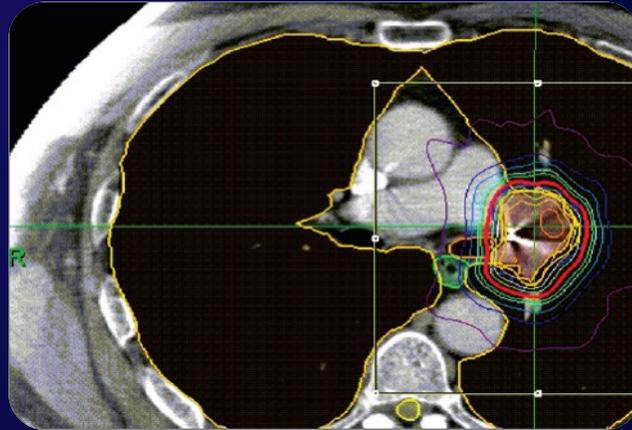
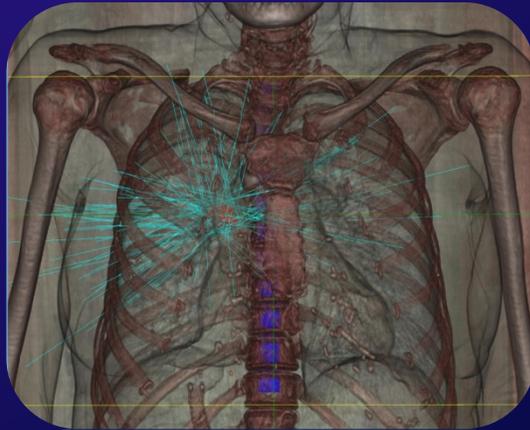
Meningiome intracanalairé traité avec 5x5Gy



# Tumeurs du Poumon

## Poumon

- Cancer du poumon (stade précoce)
- Métastases
- Re-irradiation





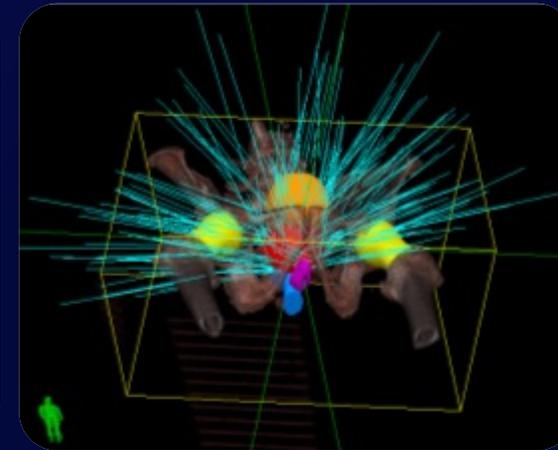
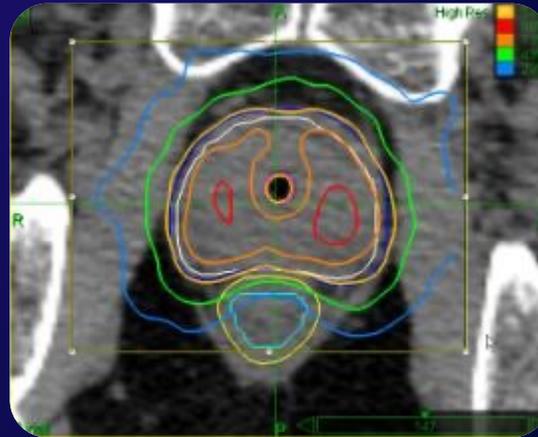
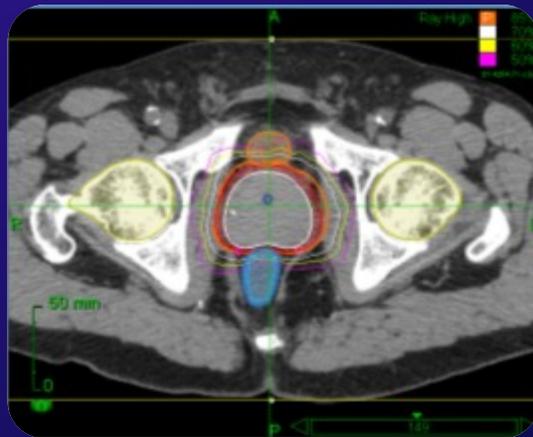
**CYBERKNIFE®**  
**M6™ SYSTEM**

The logo features the text "CYBERKNIFE®" and "M6™ SYSTEM" in a bold, white, sans-serif font. The text is set against a dark blue background with glowing blue lines and a hand icon. The lines are composed of multiple parallel paths, creating a sense of motion and depth. The hand icon is a simple, wireframe-style representation of a hand, positioned to the right of the text. The overall aesthetic is futuristic and high-tech.

# Indications de la Prostate

## Prostate

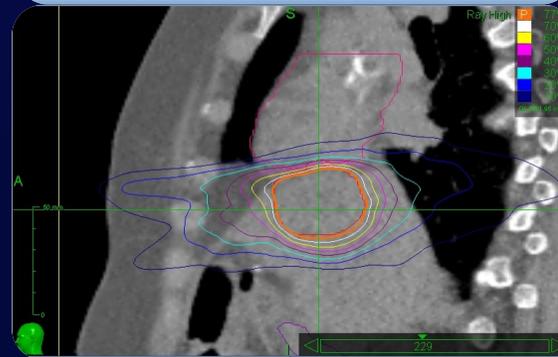
- Cancer de la prostate à faible risque et à risque intermédiaire
- Ré-irradiations
- Boost



# Indications du Foie

## Foie

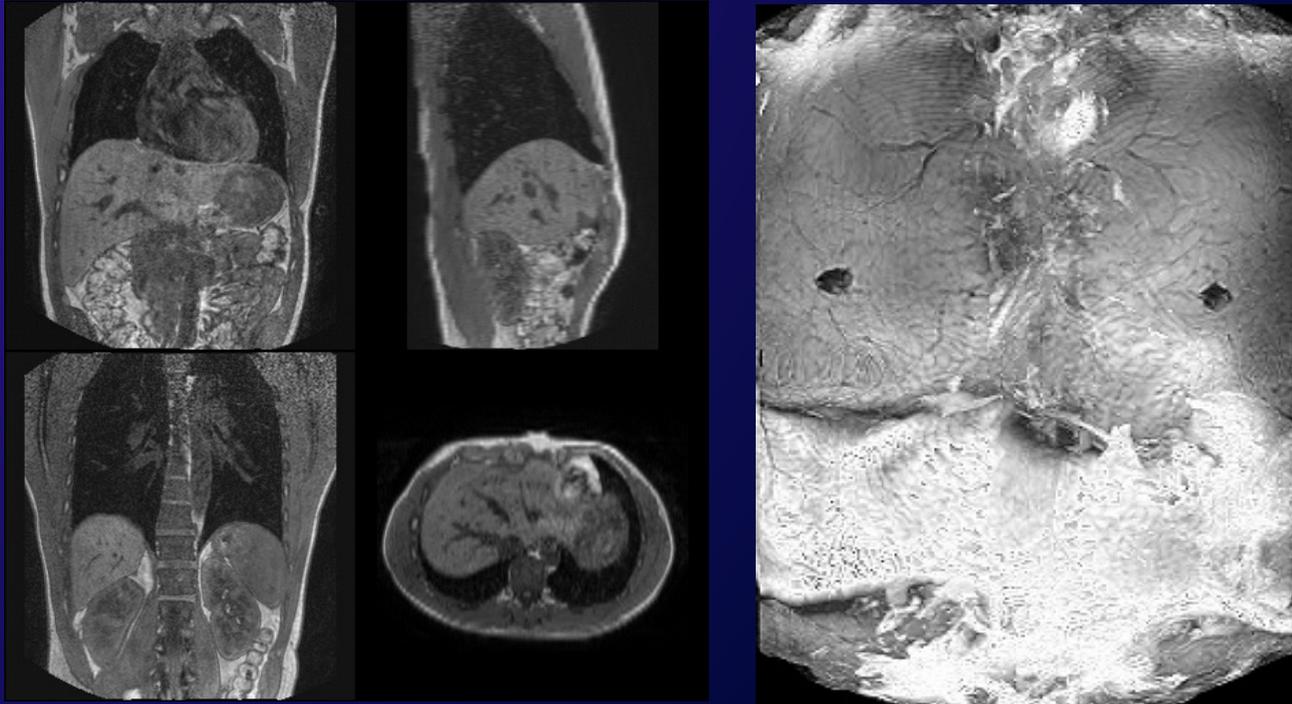
- Carcinome hépatocellulaire non opérable
- Métastases hépatique (unique ou oligométastatiques)



# Challenge

Le foie est très difficile à traiter

Le foie se déplace et se déforme avec les mouvements respiratoires

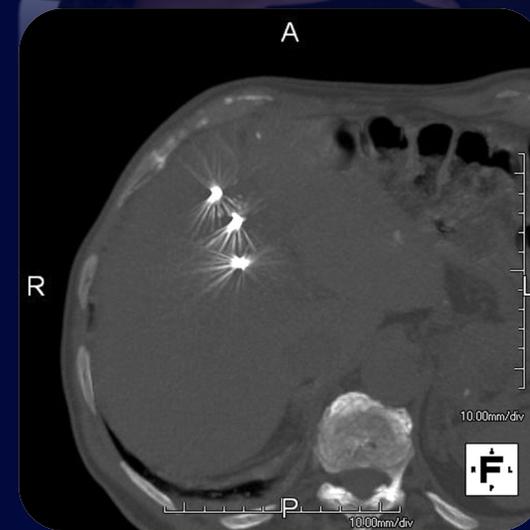


Le traitement du foie nécessite un suivi des changements de positionnement en continu pendant l'irradiation

# Applications cliniques: Foie

## La lésion bouge, le faisceau suit

- système de détection automatique des mouvements de la cible pendant le traitement
- correction automatique par le robot
- Suivi par les fiduciaires



# Tumeurs broncho-pulmonaires : primitifs ou métastases pulmonaires

	Type d'étude	TNM	Protocole	Toxicité	Contrôle local	Survie globale
RTOG 0236 Timmerman et al (2010)	Etude prospective de phase II	CBPNC Stade I	54 Gy en 3 fractions	Pneumopathie radique 7 patients grade 3 2 grade 4	97% à 3 ans	56% à 3 ans
Nagata et al (2005)	Etude prospective	CBPNC Stade IA et IB	48 Gy en 4 fractions	Absence de toxicité avec un grade > à 3	98% à 3 ans	72% à 3 ans
Okunieff et al (2006)	Etude de phase II	Métastases pulmonaires	50 Gy en 5 fractions	2% de toxicité de grade 3	91% à 3 ans	25% à 3 ans
Silva et al (2010)	Méta-analyse	Oligométastases pulmonaires		3% de toxicité de grade 3	78% à 2 ans	53,7% à 2 ans

# RTE sur Cyberknife a Clairval

- 850 patients par an
- La moitié sur une activité de RTE cérébrale ( lésion secondaire / méningiome / neurinome ré irradiation )
- 20 % lésion pulmonaire primitive ou secondaire
- 20 % lésion vertébrale / médullaire

## RTE sur Hôpital Nord

218 patients la 1ere année  
Essentiellement tumeurs secondaires cerebrales,  
pulmonaires et osseuses

