



institut**Curie**

## Le nouveau Centre de Protonthérapie de l'Institut Curie (Orsay)

Samuel Meyroneinc, Régis Ferrand, Patrick Grig, Sabine Delacroix et Cie  
samuel.meyroneinc@curie.net

SPN-IRFU 15 oct 2010

# Plan

---

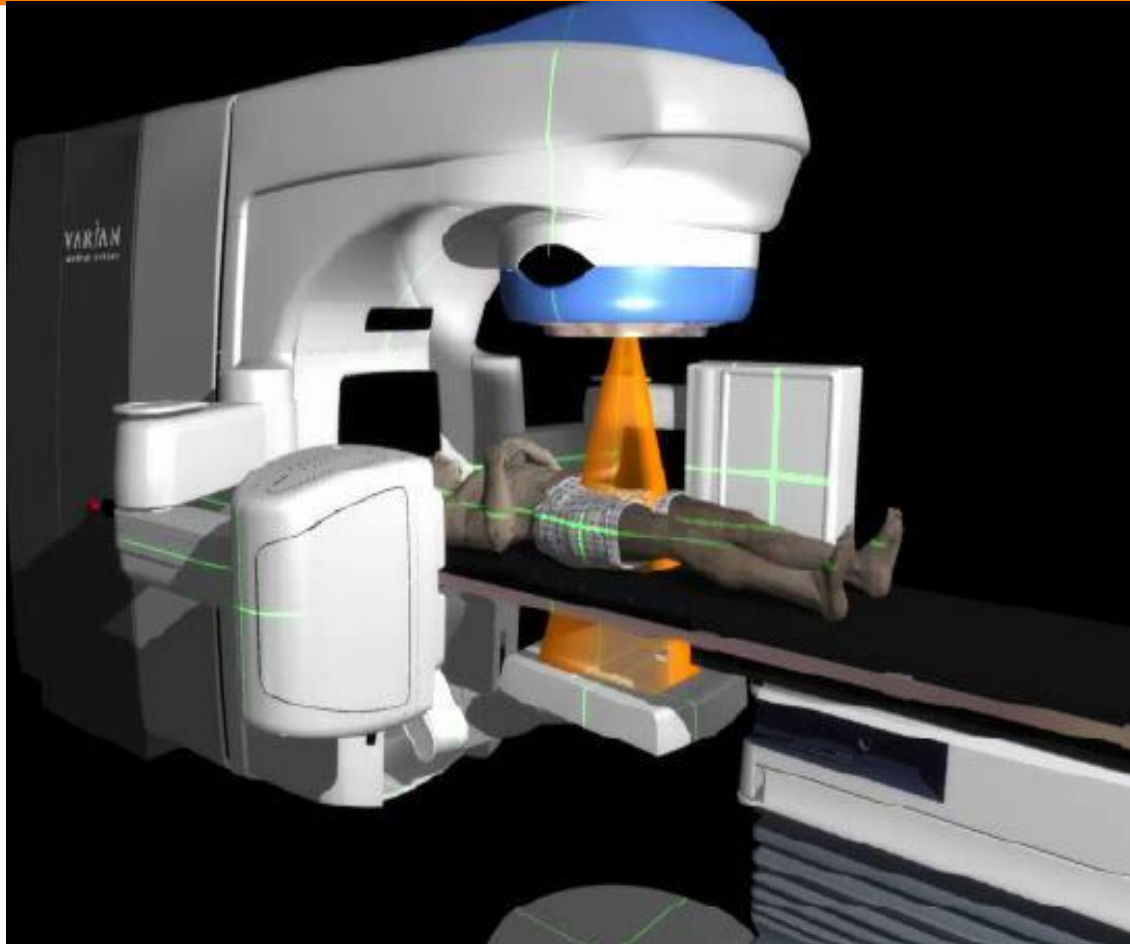
- la discipline
- le CPO- le projet 2006-2010
- le circuit du patient
- enjeux / considérations
- questions / réponses discussions

# La protonthérapie

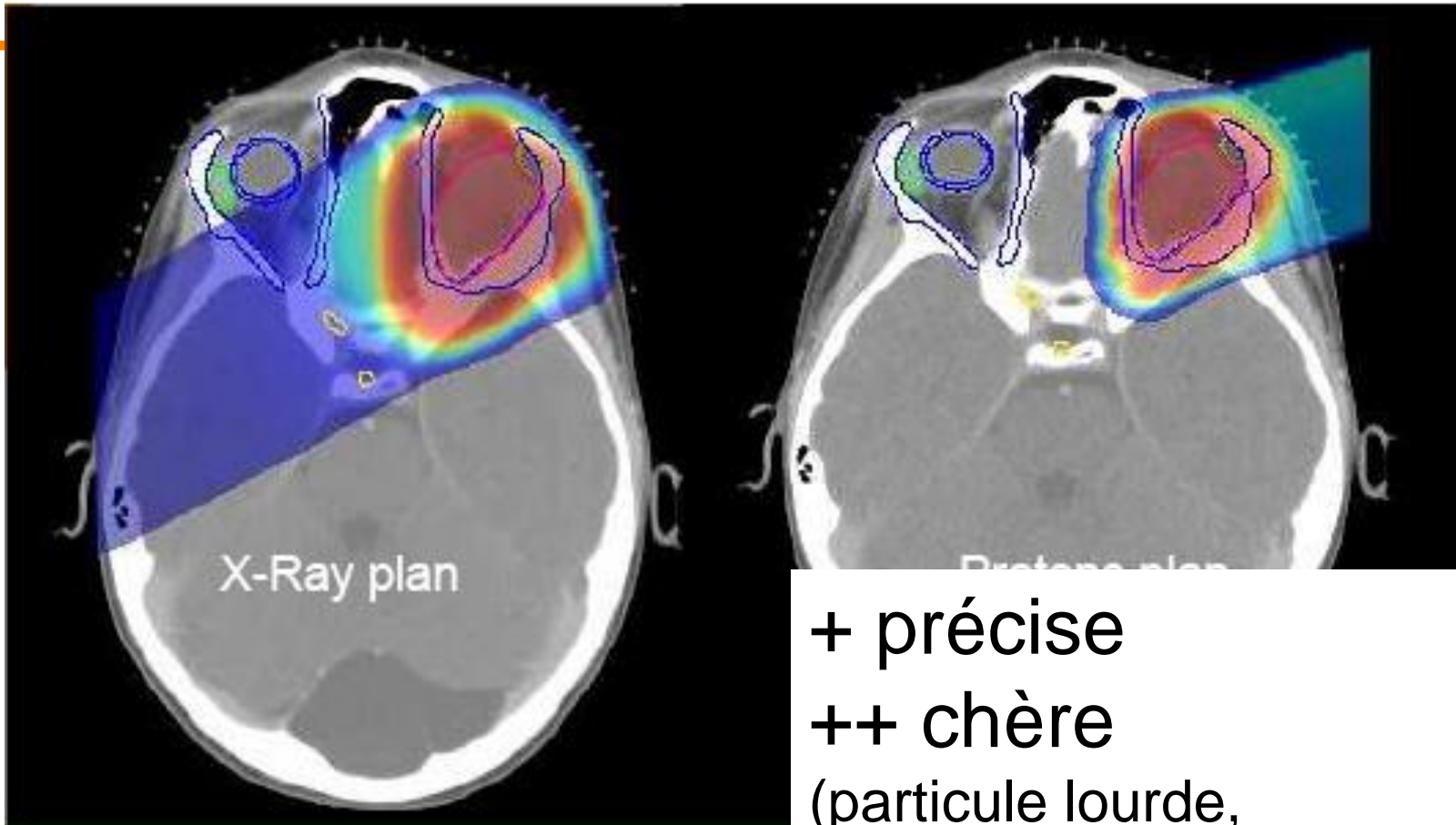


institutCurie

# Radiothérapie conventionnelle (basée sur RX ou $e^-$ 6-20 MeV)



# Radiothérapie par protons

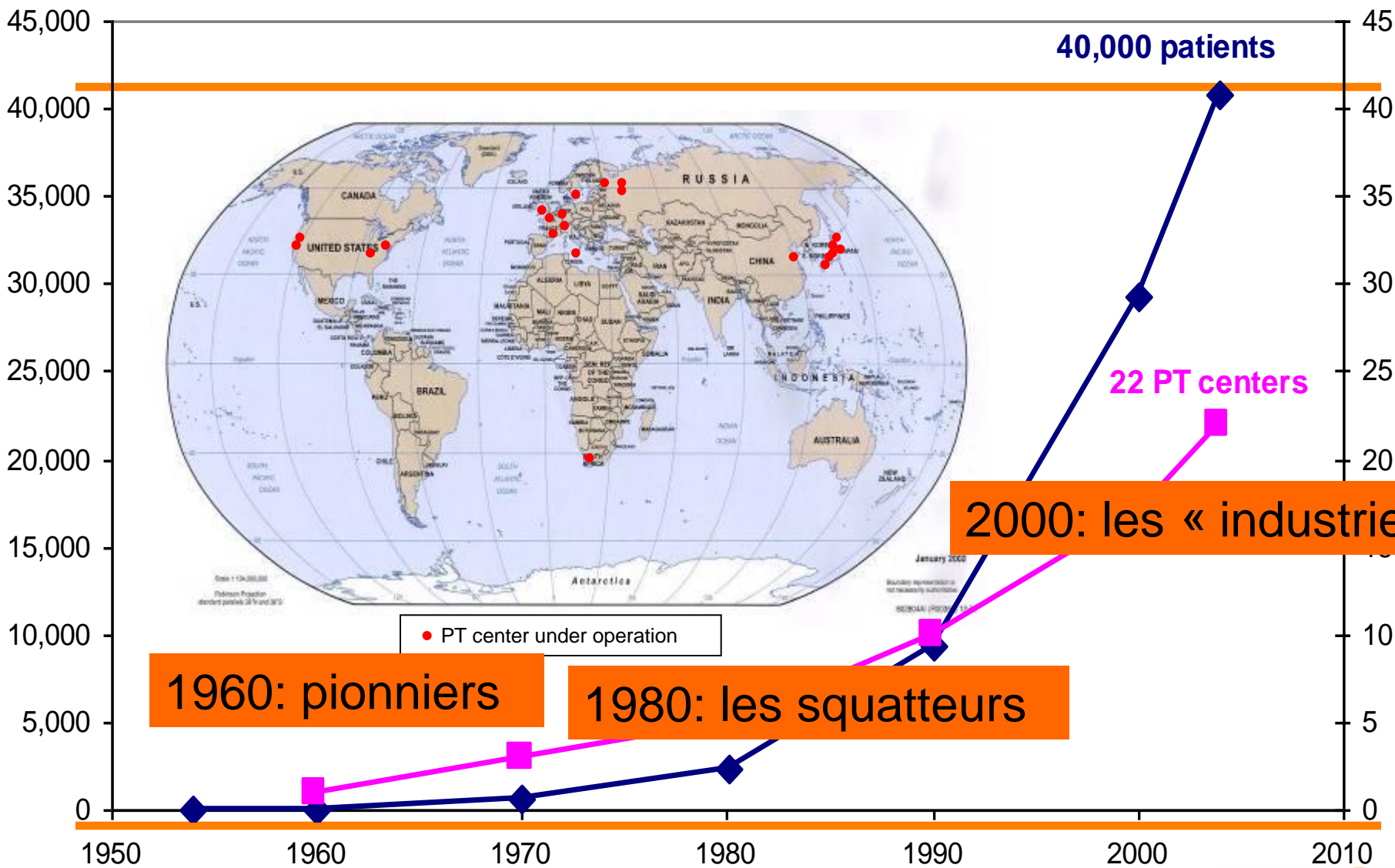


+ précise

++ chère

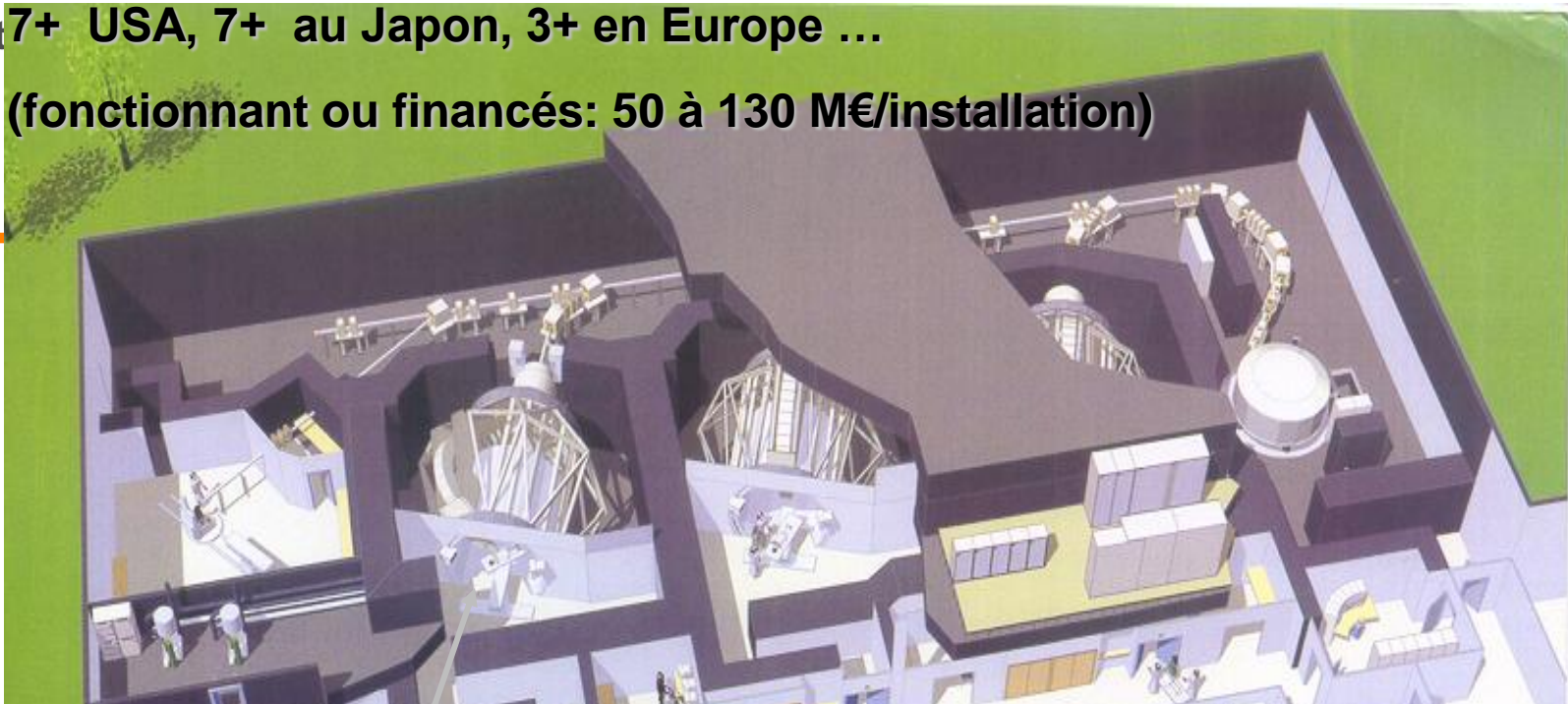
(particule lourde,  
Traitement précis)

# Protontherapie < 1% Radiothérapie



Hospital cent 7+ USA, 7+ au Japon, 3+ en Europe ...

(fonctionnant ou financés: 50 à 130 M€/installation)

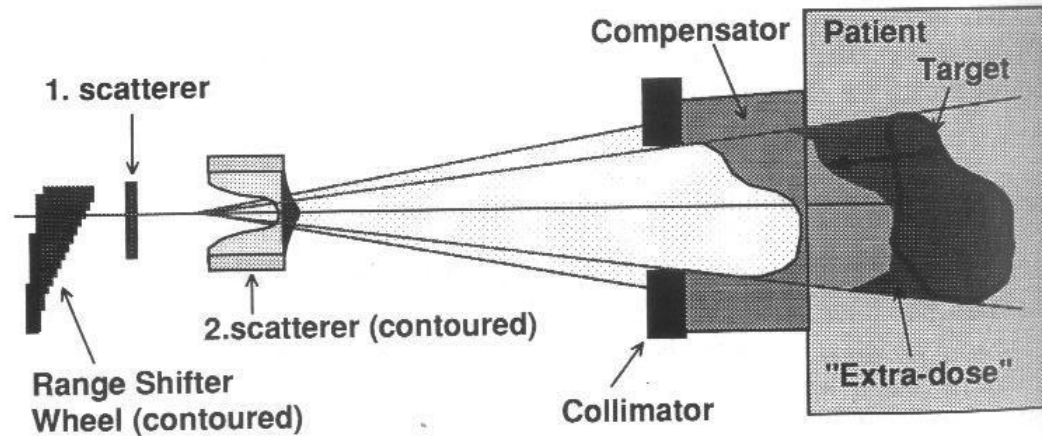


Aussi émergeant:  
« Carbon »-therapy  
+ précis  
+ ? biologie  
+++ chère

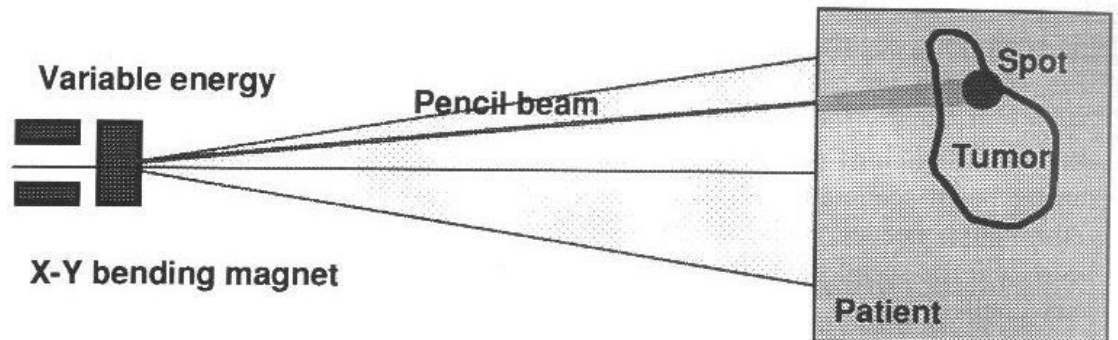
6 companies offer turn-key centres

# Beam shaping

## Passive scattering

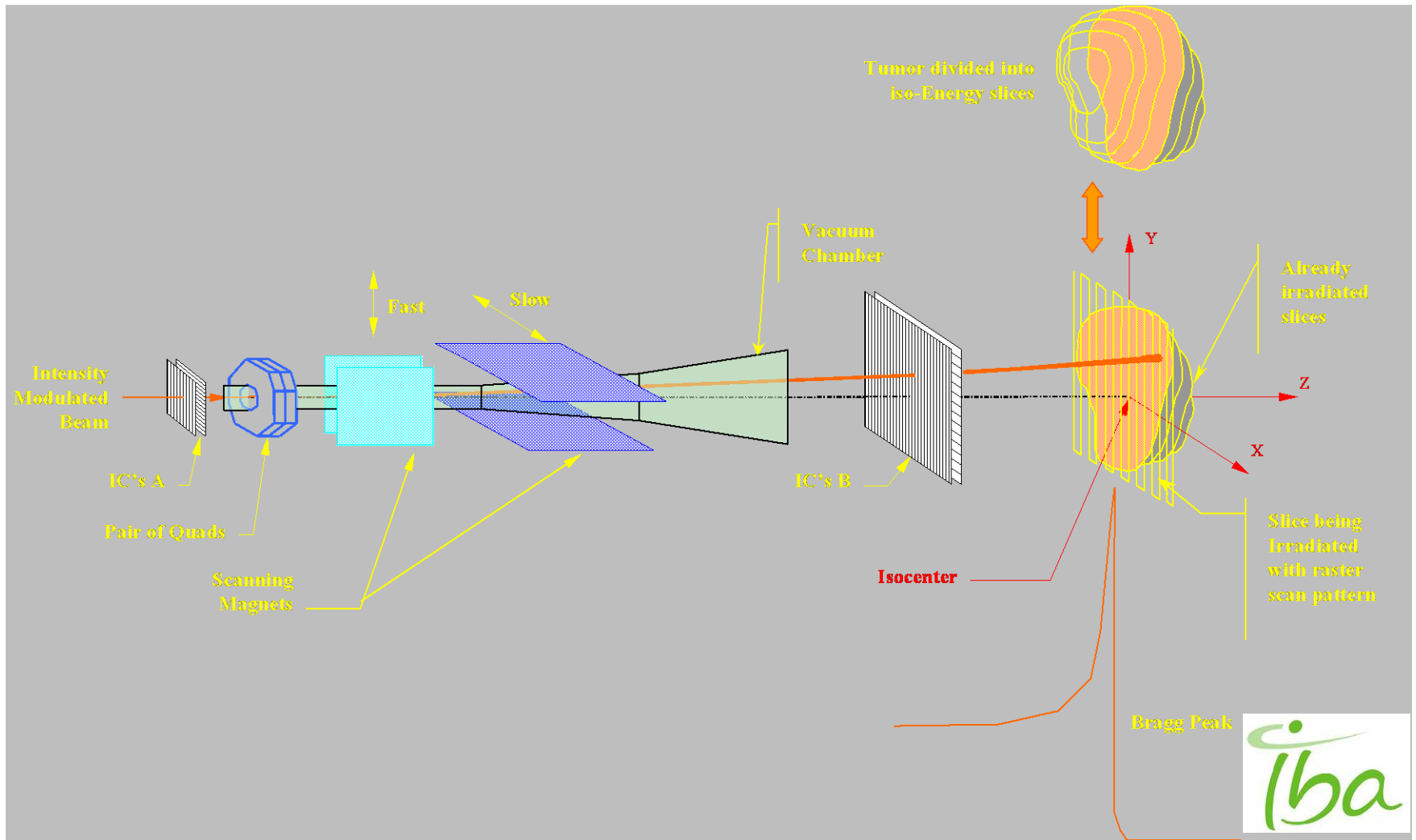


## Active beam scanning





# Techniques of scanning



# Le Centre de Protonthérapie d'Orsay

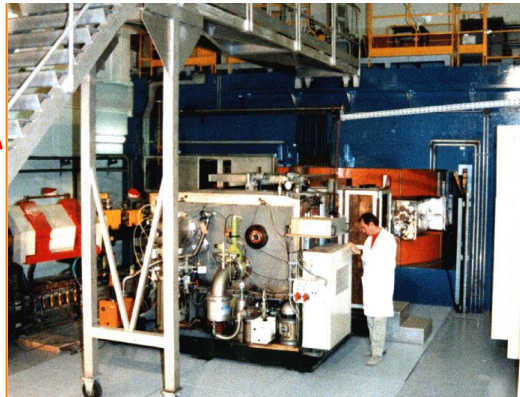
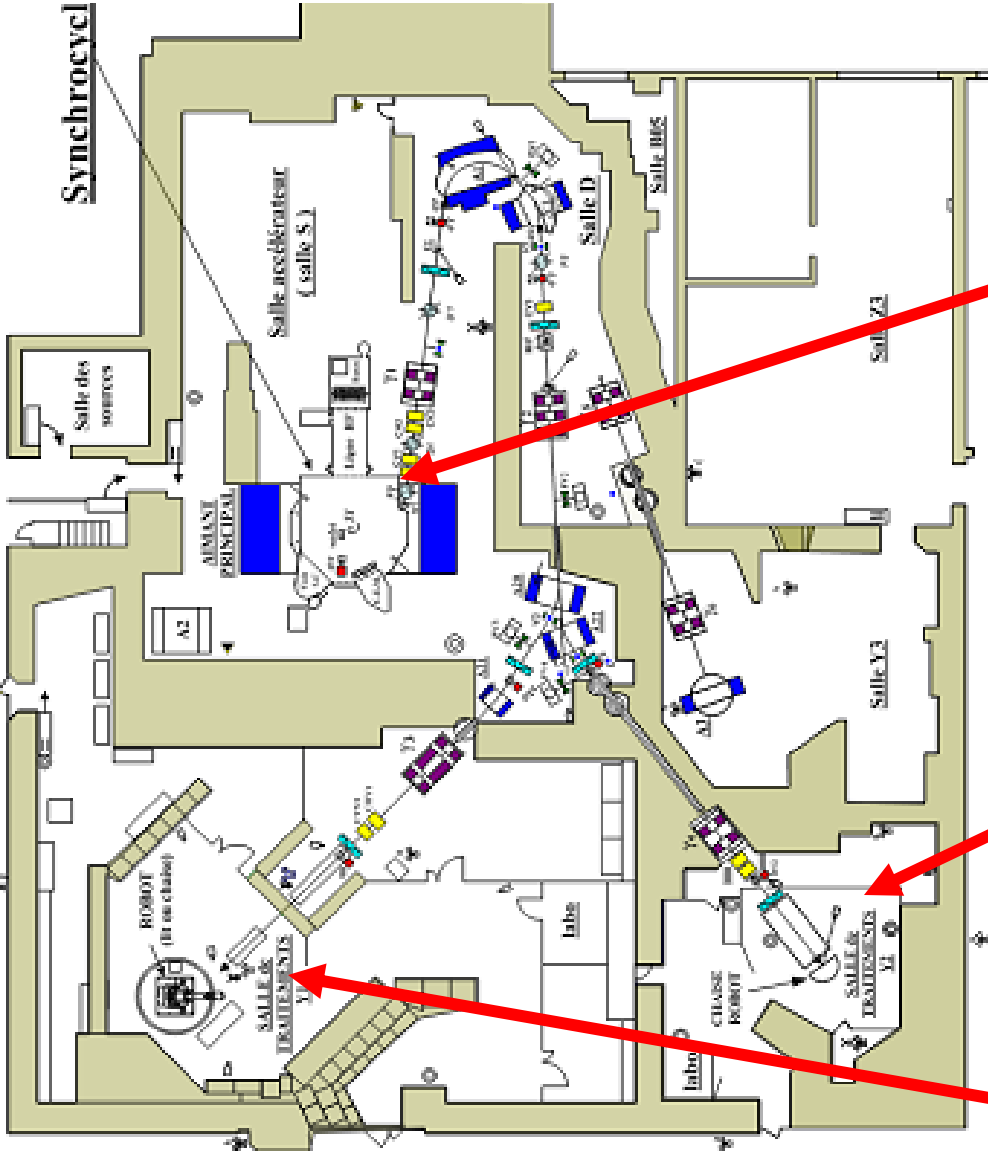


institutCurie

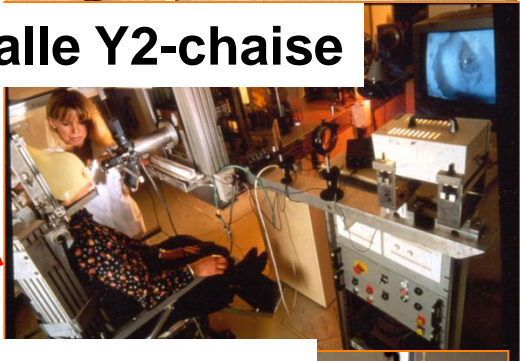
# Centre de protonthérapie – Orsay ( 40 personnes)

depuis 1991. 5000 patients traités: 4000 ophtalmo + 1000 intracraniens

## Synchrocyclotron 200MeV (IPNC)



Salle Y2-chaise

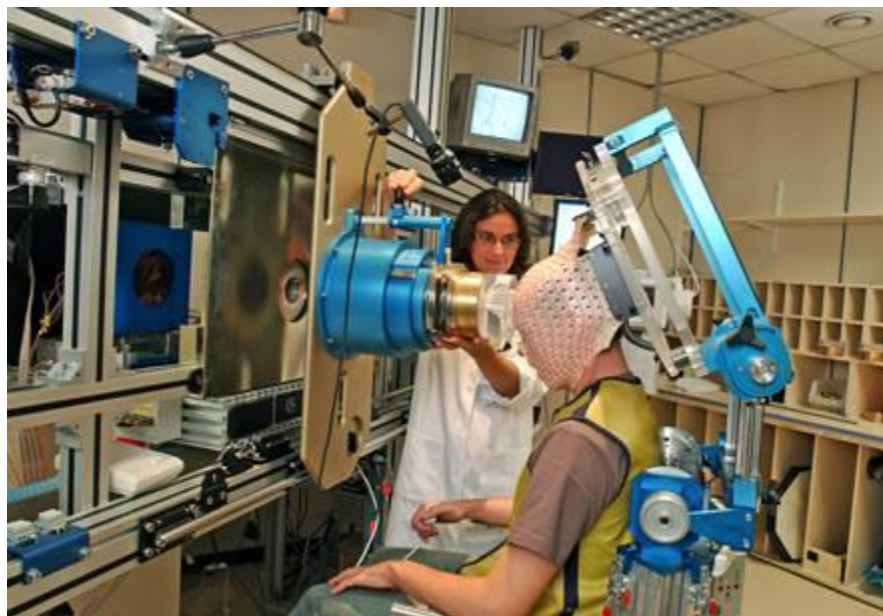


Salle Y1-table



## 2 salles de traitement

---



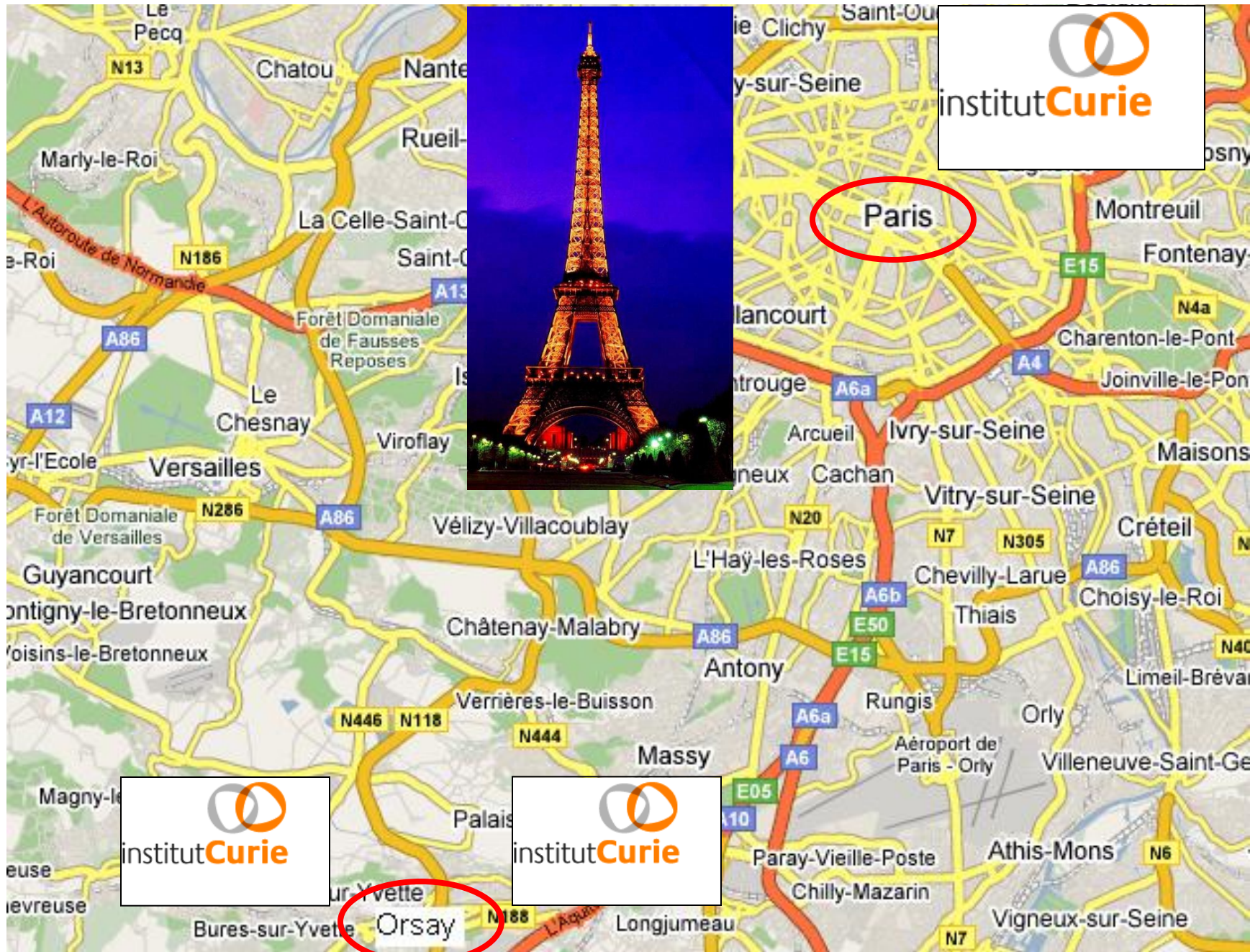
# Salle de contrôle

---



# Principes du projet d'extension et de modernisation





Paris



Orsay

# Bases et Objectifs du Projet

---

- ❖ **Continuité de la protonthérapie**

- ❖ à Orsay
- ❖ Perturbation minimale



**Extension du bâtiment existant**  
**Nouvel accélérateur**  
**Salles et équipe existantes**  
**Interfaces**

- ❖ **Nouvelles indications et techniques dont pédiatrie**



**Bras isocentrique**

- ❖ **Optimisation de l'installation**

- ❖ 350 → 650 patients/an
- ❖ Séances 4000 → 8000/an
- ❖ Personnel 35 → 60-70 personnes



**Nouvelle Aile Médicale**

**Premier Patient : 2010      Budget = 50 M€**

---



# Les spécifications médicales (2003)

---

	<b>2003</b> <b>(ligne fixe)</b>	<b>2010</b> <b>(bras isocentrique)</b>
<b>Ophtalmologie</b>	<b>240</b>	<b>240 – 300</b>
<b>Base du crâne</b>	<b>90</b>	<b>160 – 200</b>
<b>Enfants</b>	<b>10</b>	<b>100 – 130</b>
<b>Autres</b>	<b>-</b>	<b>80 – 100</b>
<b>TOTAL</b>	<b>340</b>	<b>580 – 730</b>

---

# Contrat

---

- Signature Décembre 2006

1 groupement « équipement + bâtiment »

Marché conception – réalisation

Livraison clé en mains

nez universel (incluant balayage)

Solution robotique



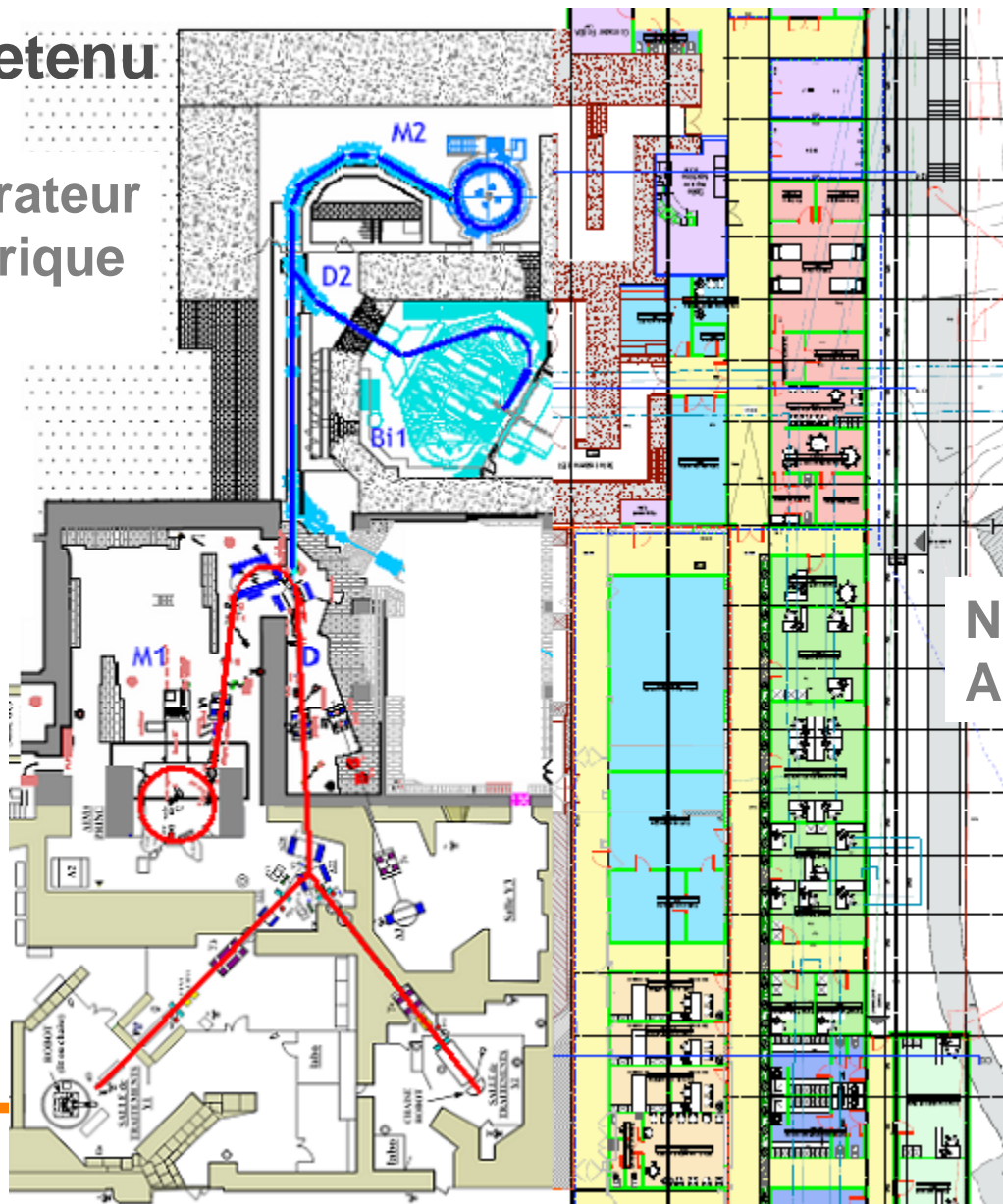
Contrat de maintenance partagée de 1+7 ans

---

# Le projet retenu

Nouvel accélérateur  
+ bras isocentrique  
+ ligne

Installation  
existante



Nouvelle  
Aile médicale

# Le cyclotron (1)

---

**Energie: 230 MeV**  
**Courant max: 500 nA**  
**Minimum: 0,1 nA**  
**Emittance: 12 pi.mm.mrad**  
**Diamètre extérieur magnétique: 434 cm**  
**Hauteur totale magnétique: 210 cm**  
**Poids total aimant: 220 tonnes**  
**Consommation électrique: 446 KW**

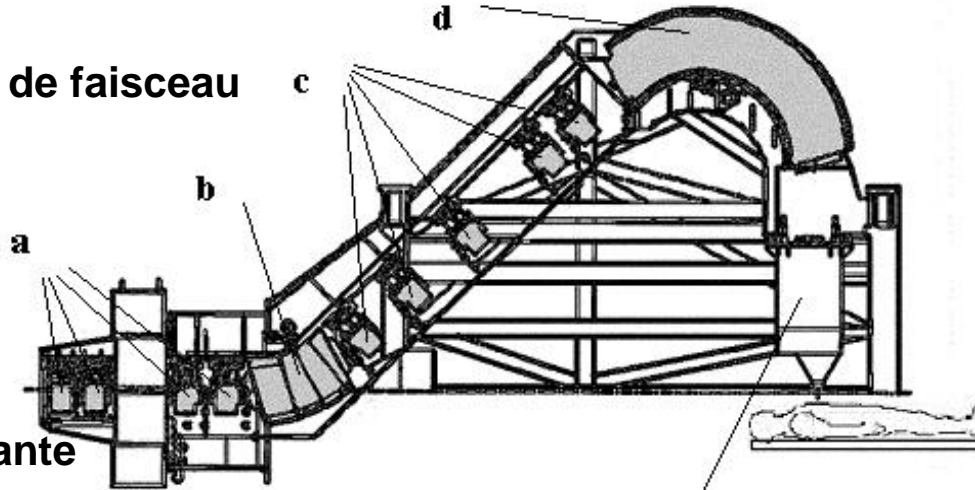
**Mode harmonique: 4**  
**Fréquence: 106,1 Mhz**  
**Tension Dee (extraction) 130 kV peak**

---

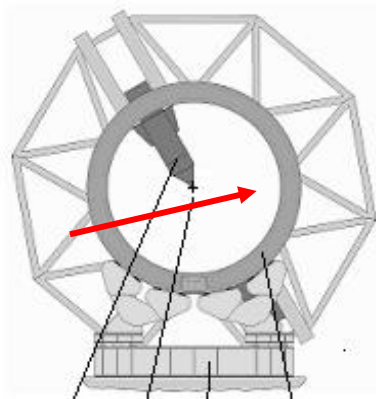


# L'Équipement – le bras isocentrique (120 tonnes, D = 10,5m)

Transport de faisceau



Structure tournante



# Centres IBA – 5 livrables en 2010

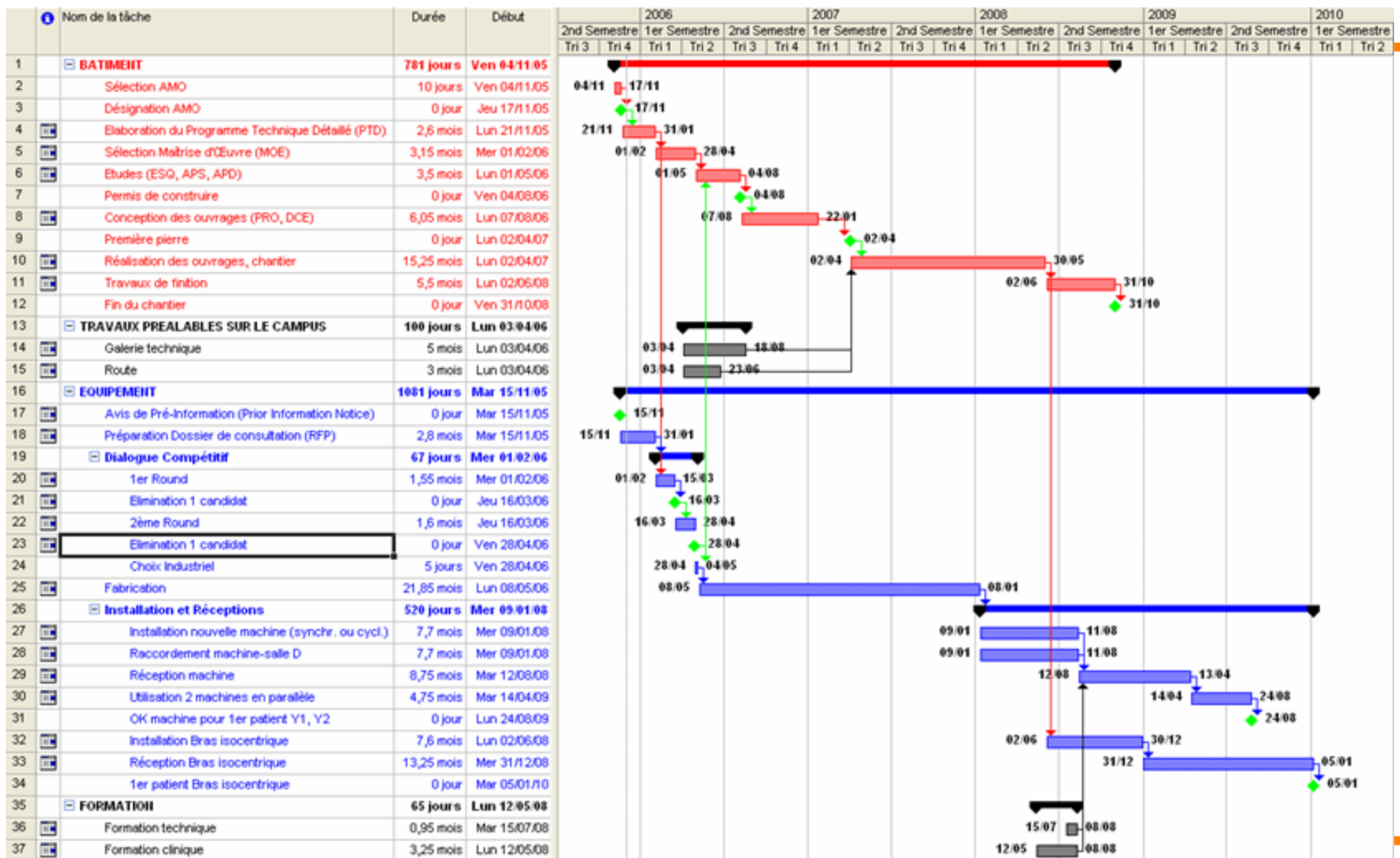


# La réalisation



institutCurie

# Planning





# Vision architecturale ...

---



... aujourd'hui réalisée

---



# Architecture intérieure

---



# Salle d'anesthésie

---



# Groupes froid

---



---

V. Delivet L. Fugeray

# Ligne de faisceau (30 m)

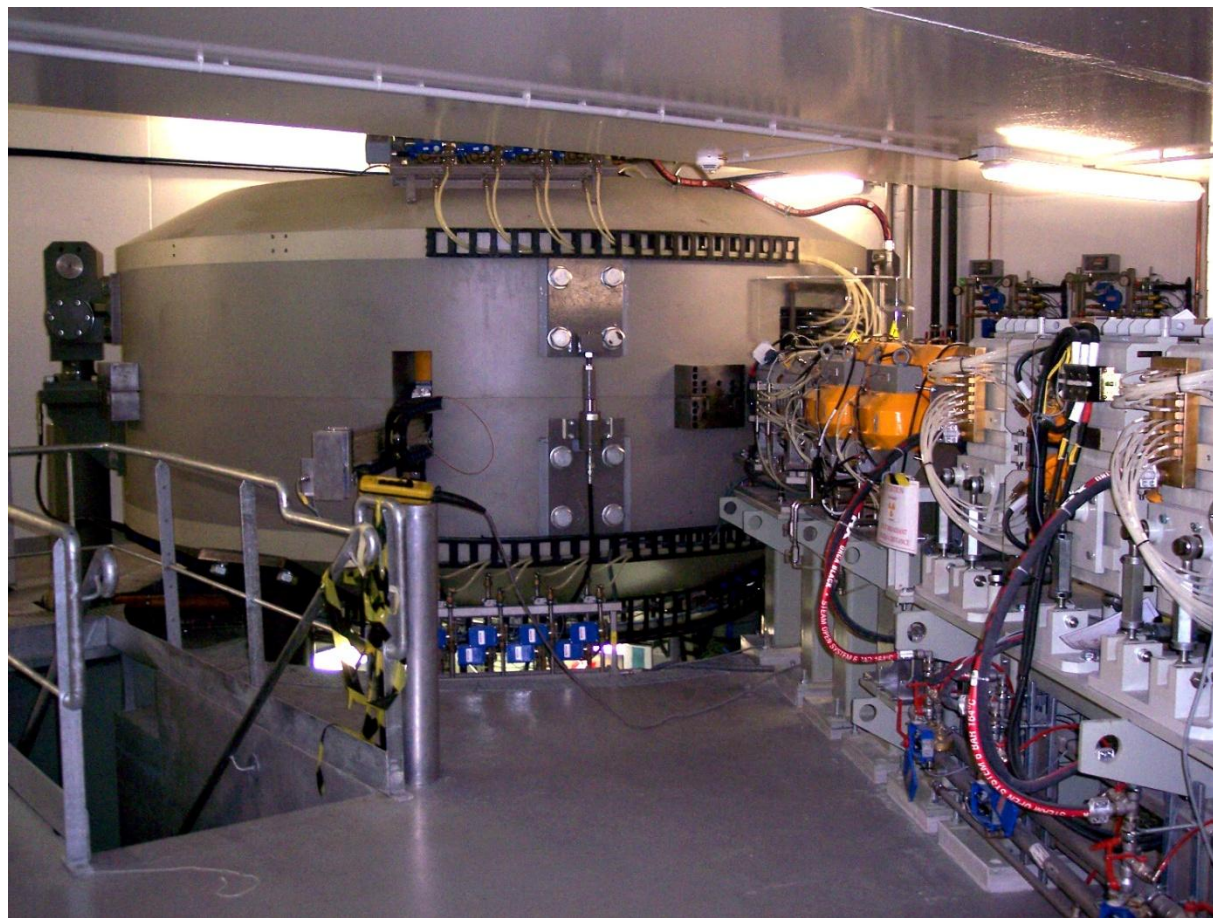
---



## Equipement : cyclotron (2 x 110 t) arrivée oct08



# Cyclotron monté: 1er faisceau début 2009



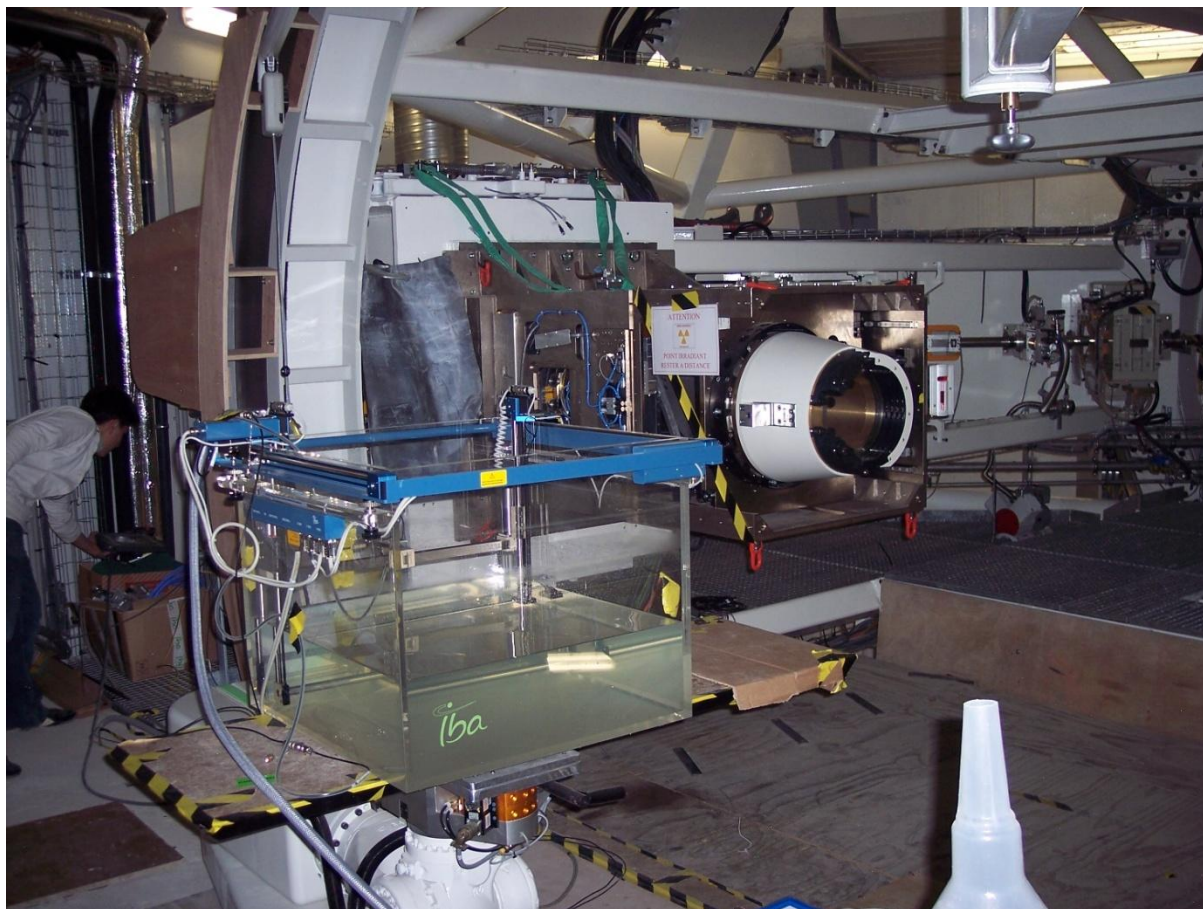


# Equipement : bras isocentrique (10 m, 120 t)

---

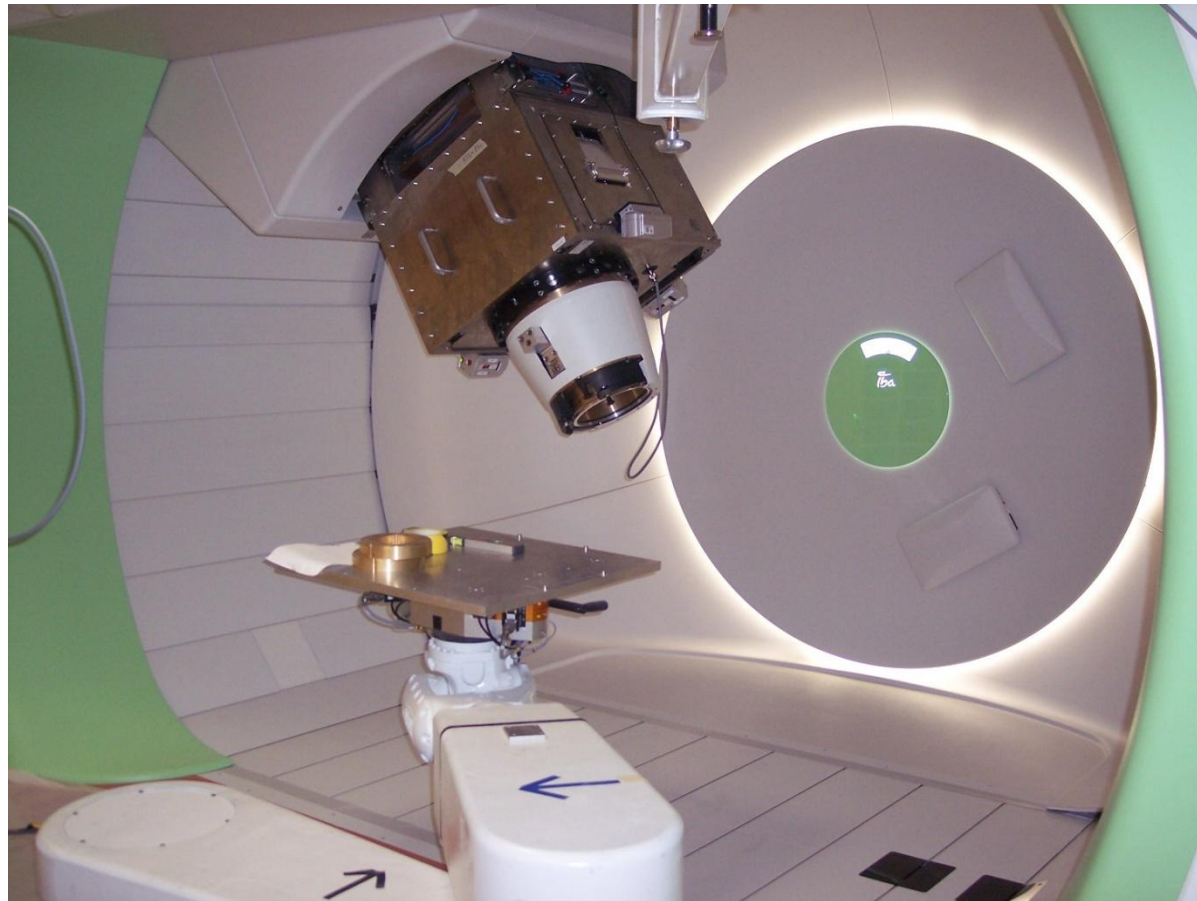


# Cuve dans bras (1er faisceau mai 2009)



# Gantry rolling floor (accès intégral – sept 2009)

---



Radioprotection (SENAC- Dumas, Bringer, Bouvet, ...)

- caractérisation pour démantèlement anciennes pièces

- dossier ICPE

- calcul de blindage (mur bétons)

- Modélisation faisceau dans ligne de faisceau salle fixe

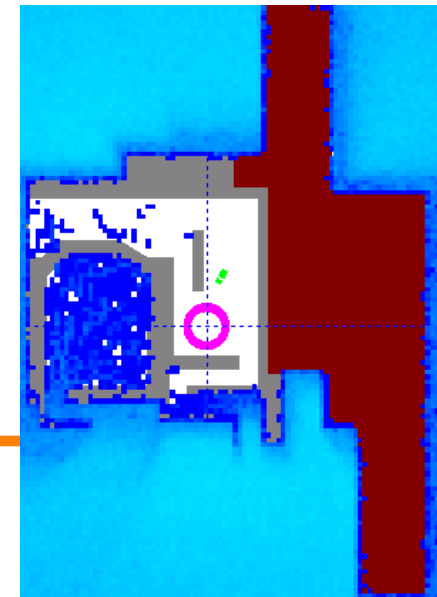
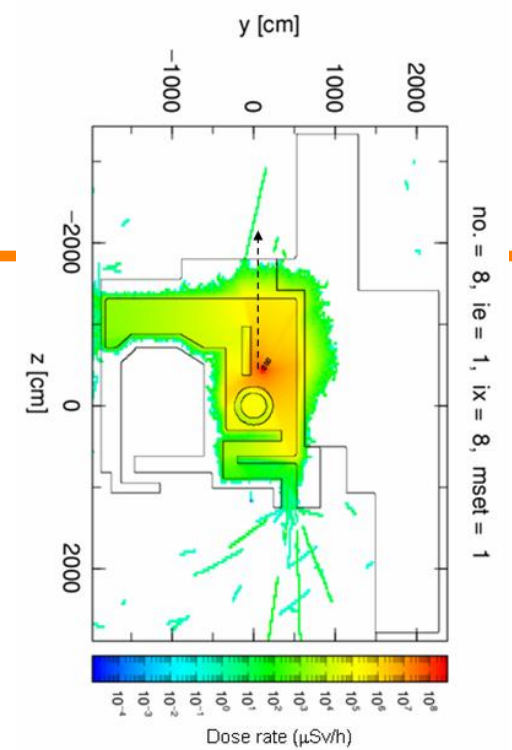
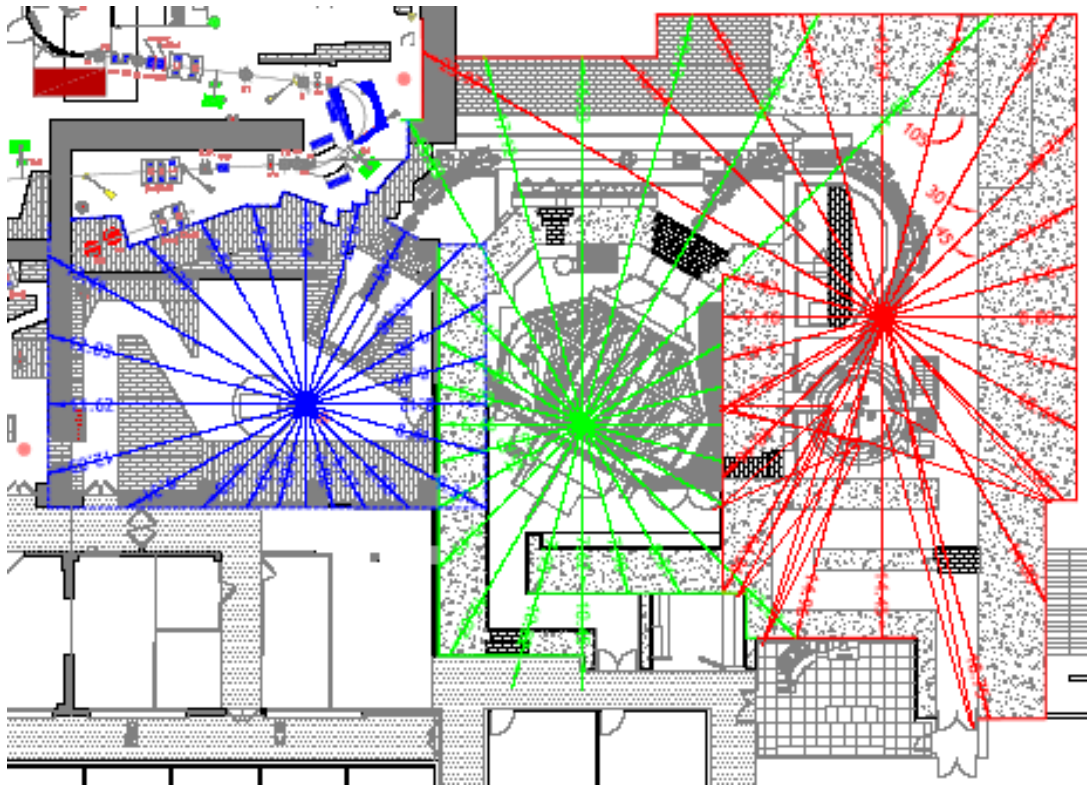
- (A Stankovskiy, S Kerhoas-Cavata )

- 2010 - Projet Prouesse –modélisation Monte-Carlo (TPS)

---

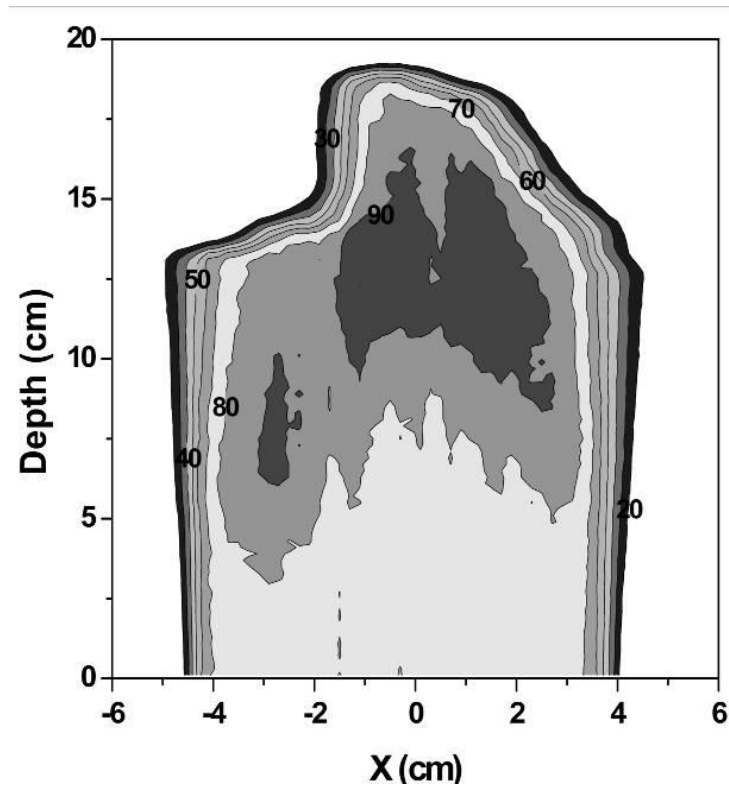
# Radioprotection - Calcul du blindage

(SENAC- Dumas, Bringer, Bouvet, ...)



# Modélisation faisceau dans ligne de faisceau salle fixe (A Stankovskiy, S Kerhoas-Cavata )

---



# Les transpirations du projet



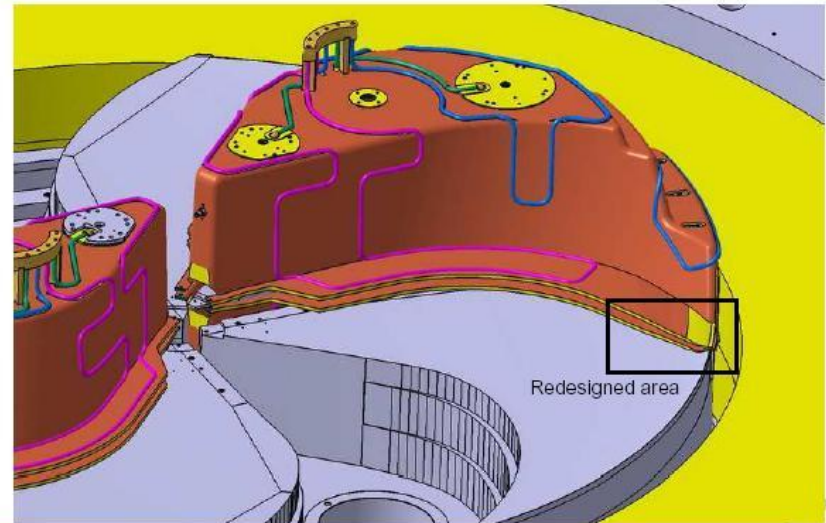
# Modifications du cyclotron (IBA)

- mapping et shimming + pointu
- nouveau défecteur
- Nouvelle cavité (photo)
- contrôle de l'intensité via tension Dee
  1. + contrôle dynamique du faisceau
  2. annulation du courant d'obscurité



## RF cavity redesign

### □ New cavity design



© 2006 28

iba  
Technology  
Group

P. Verbruggen (IBA)



# Problématiques faisceaulogiques

Treatment Room Y1  
Head&Neck 200 MeV

Existing IC - CPO

Compromis émittance / pénombre distale / courant

Distal falloff and momentum slits aperture

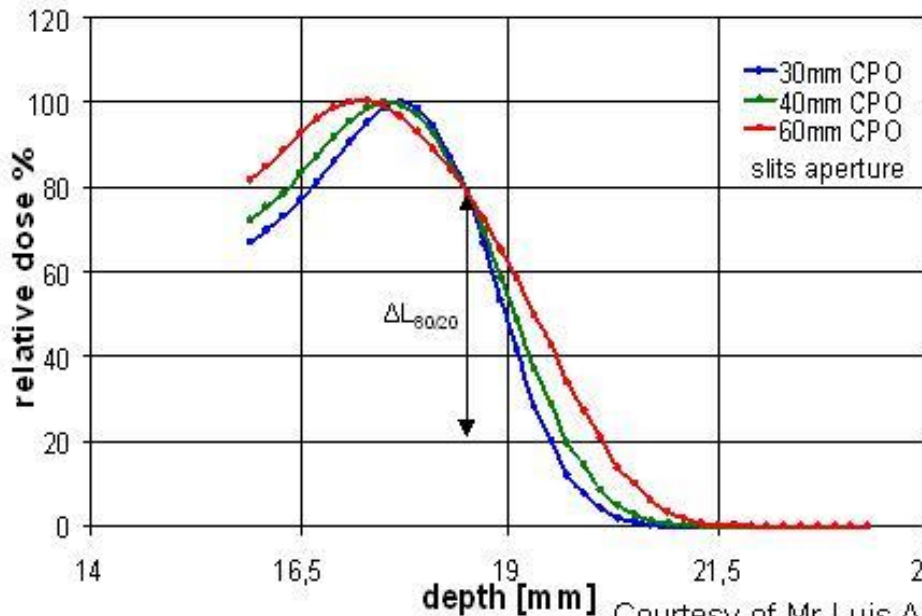


Fig. 1: Extension project

The ESS allows beam energy selection (degrader) and achromatic beam.

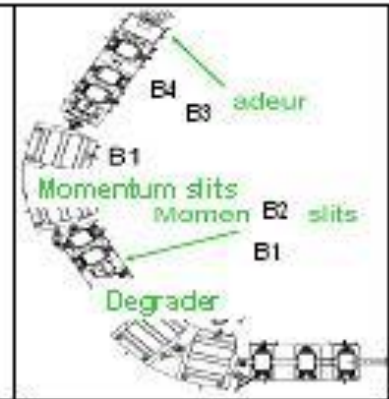
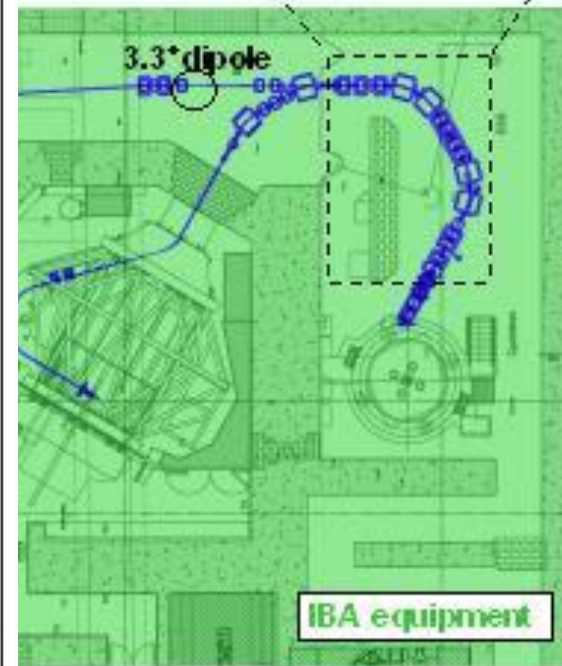


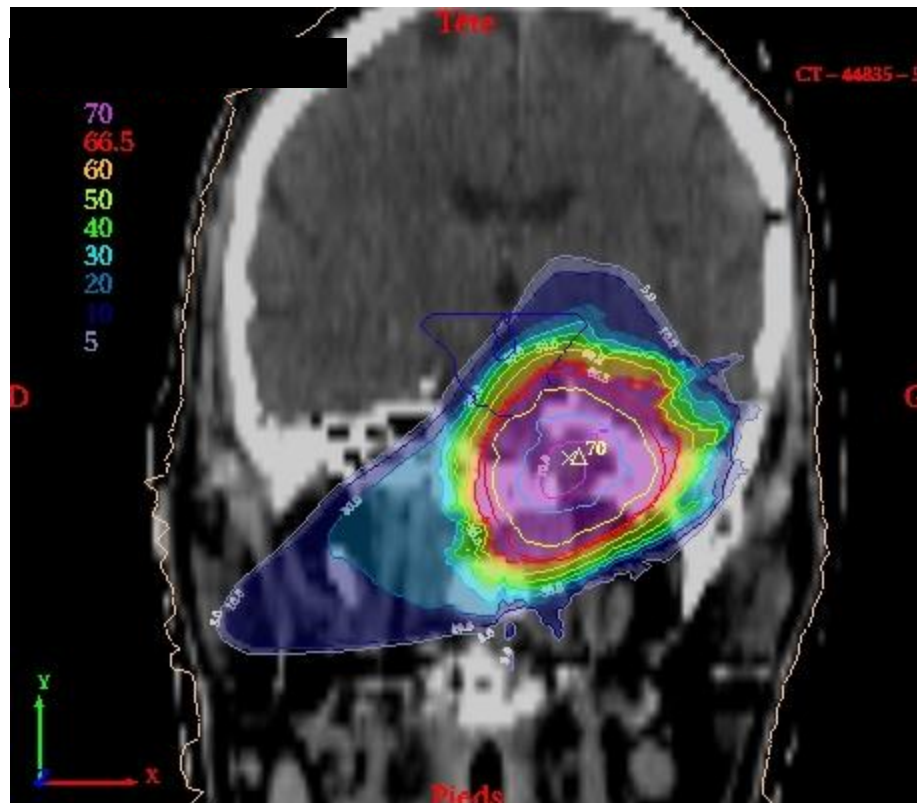
Fig. 2: ESS



A. Patriarca (CPO), B. Laune (IPNO) A. Cruz, G. Chau (IBA)

# Robustesse des plans de traitement (incertitudes physiologiques et biologiques)

---



# Robustesse performances robustesse projet



# Robustesse technique

---

**Interfaces logicielles**

**Interface faisceaulogique et rénovation des lignes actuelles**

**Nouveau robot de positionnement**

**Préparation des logiciels du centre (OIS, TPS)**

**processus de fabrication mécanique**

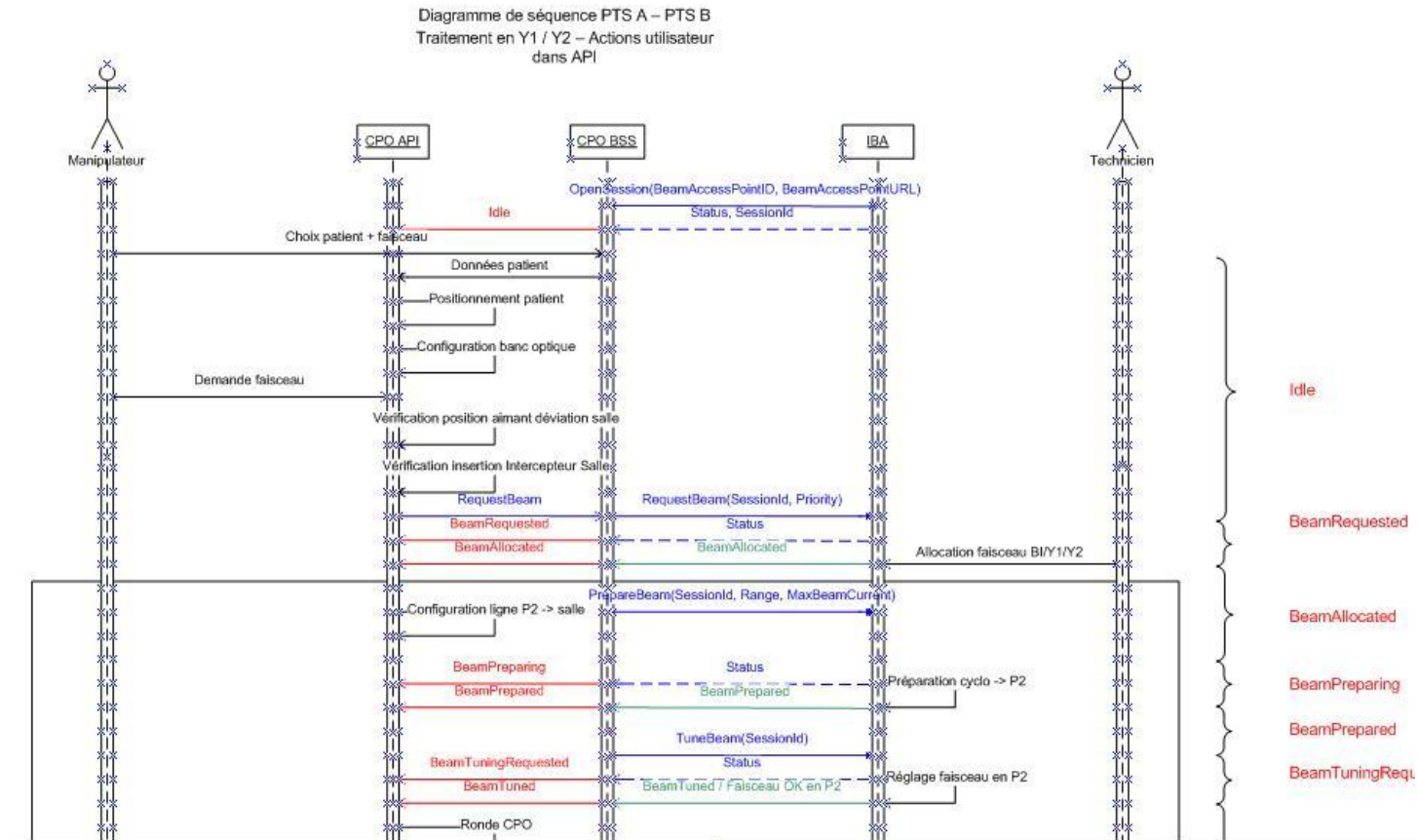
**Imagerie et algorithmes de recalage (très évolutifs)**

**Electricité, refroidissement et autres auxiliaires bâtiment**

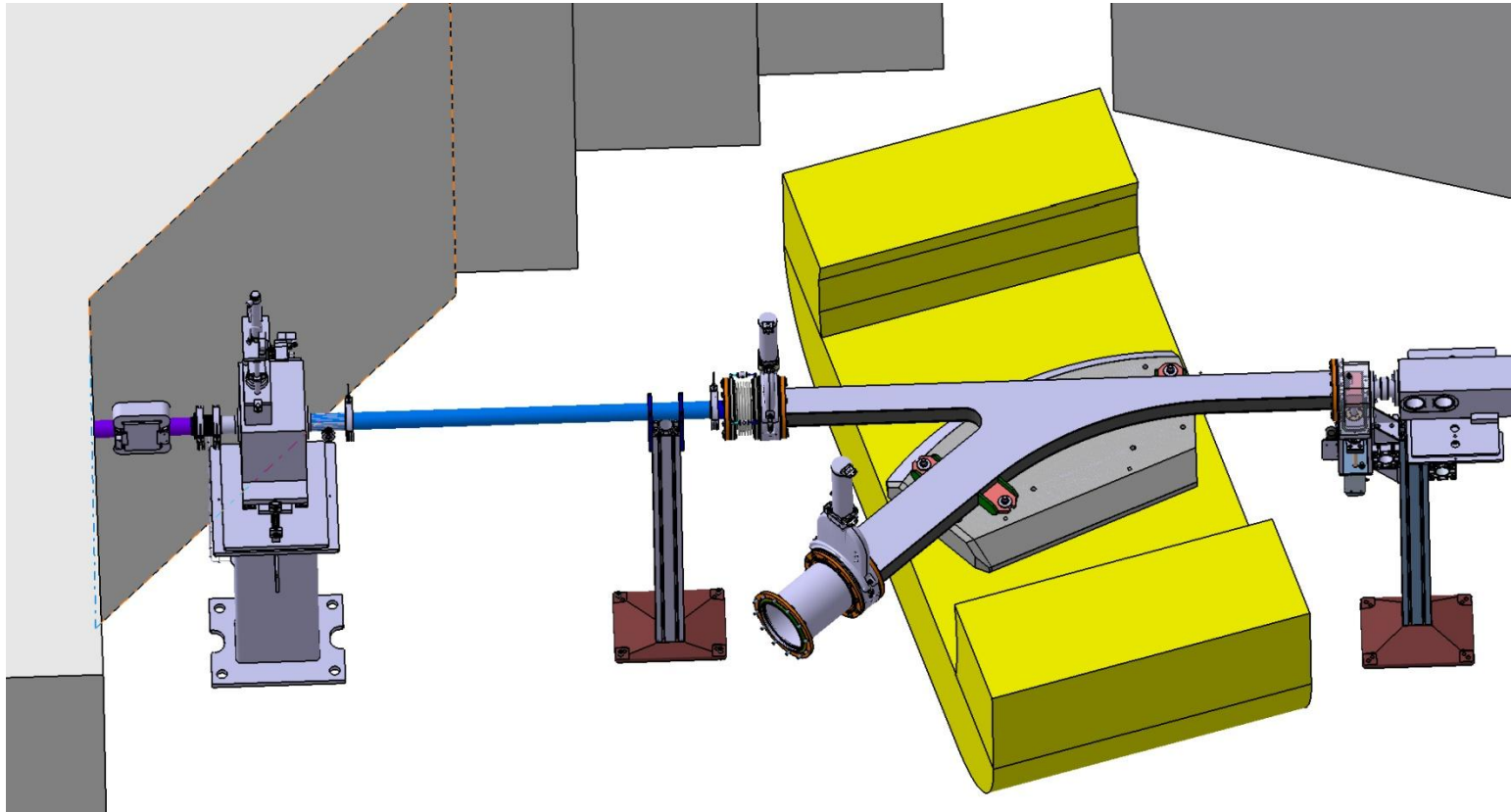
...

---

# Interfaces systèmes (sécurité, appel faisceau, DICOM)



# Interconnexion faisceauologique



D. Reynet, S. Rousselot (IPNO) J.D. Bocquet, E. Hierso, E. Brot, J. Gosnet (CPO)

# Nouveau robot: calibration en août 2009

---



---

R. Ferrand, M. Auger, C. Mabit (CPO) IB, V Limousin (IBA)

# Robustesse projet

---

**Autorisations (ex: ASN, AFSSAPS, IRSN, ICPE, ARH, ...)**

**Gestion des risques (Radioprotection, AMDEC, ...)**

**Formation (utilisation maintenance), linguistique**

**Préparation réseau clinique**

**Relationel fournisseur**

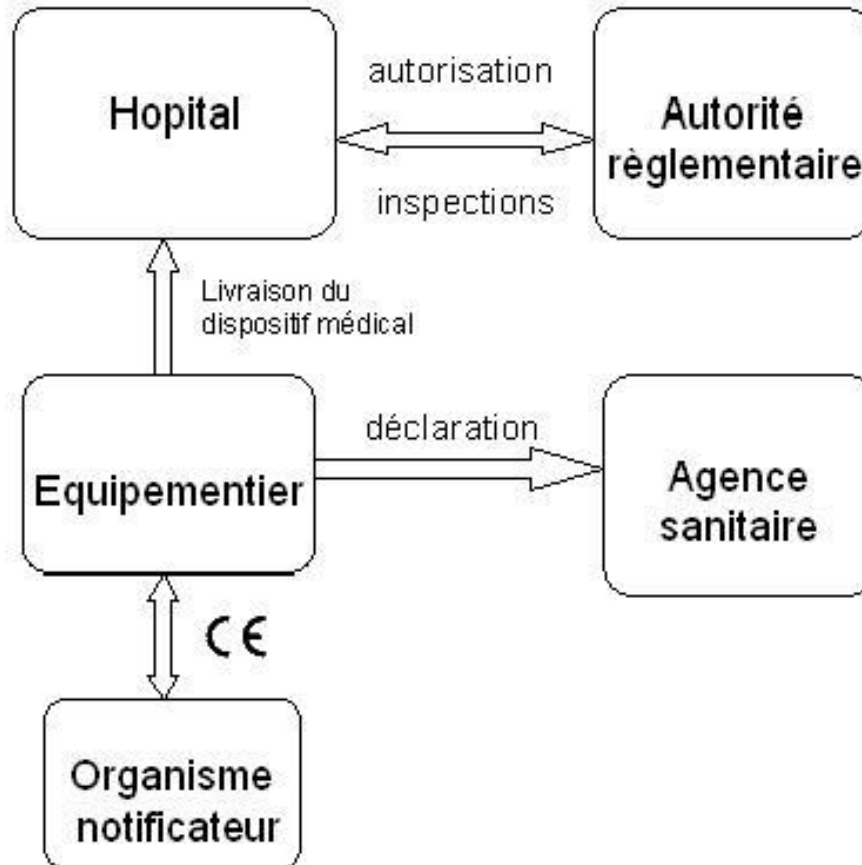
**Environnements technologiques et humains pour la fiabilité**

....

---



## Conformité et autorisation: qui fait quoi



Radiothérapie  
+ radioprotection



Agence française de sécurité sanitaire  
des produits de santé  
Conformité du dispositif  
+ matériovigilance

S. Delacroix S. Meyroneinc

# Robustesse projet

---

**Autorisations (ex: ASN, AFSSAPS, IRSN, ICPE, ARH, ...)**

**Gestion des risques (Radioprotection, AMDEC, ...)**

**Formation (utilisation maintenance), linguistique**

**Préparation réseau clinique**

**Relationel fournisseur**

**Environnements technologiques et humains pour la fiabilité**

....

---

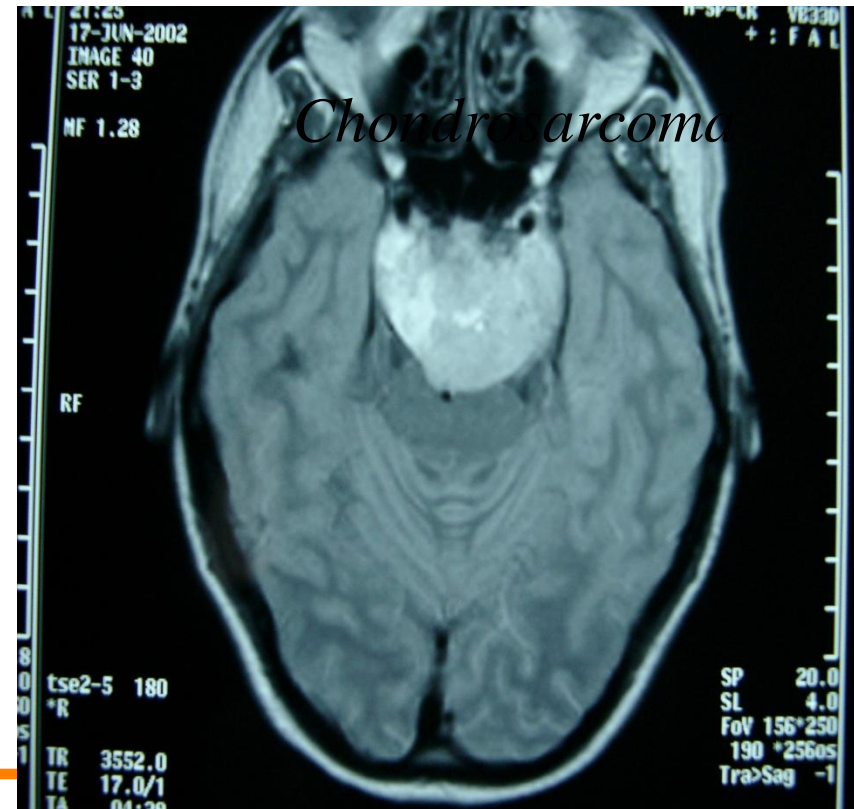
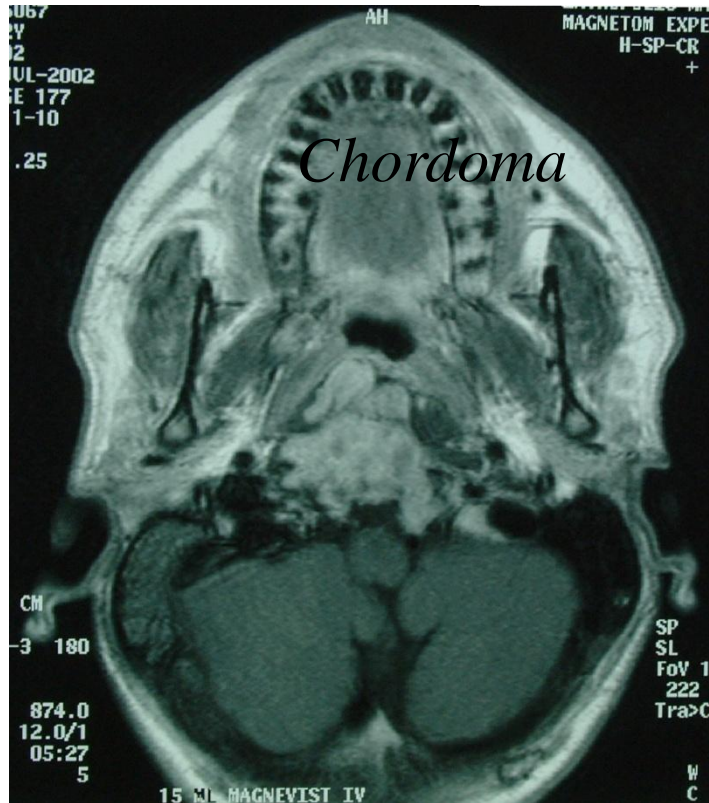
# Le circuit du patient



institutCurie

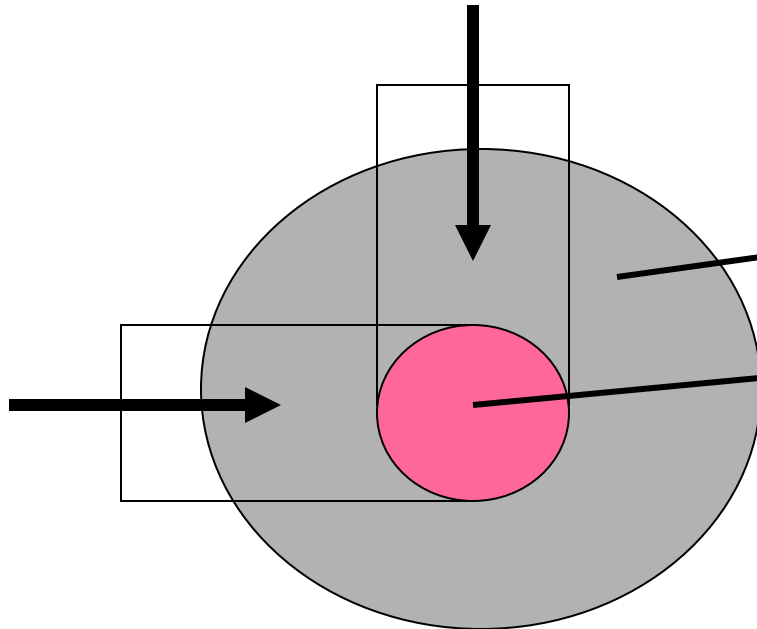
# Example: sarcomas of skull base

---

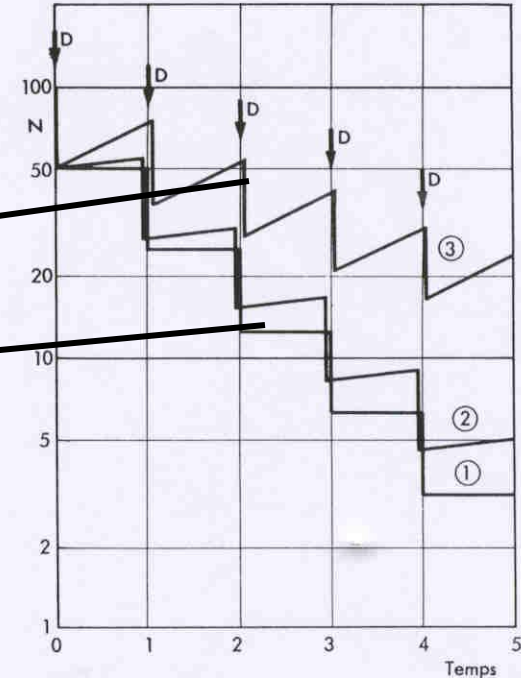


# Basis of radiotherapy

## 1. Multi-porting

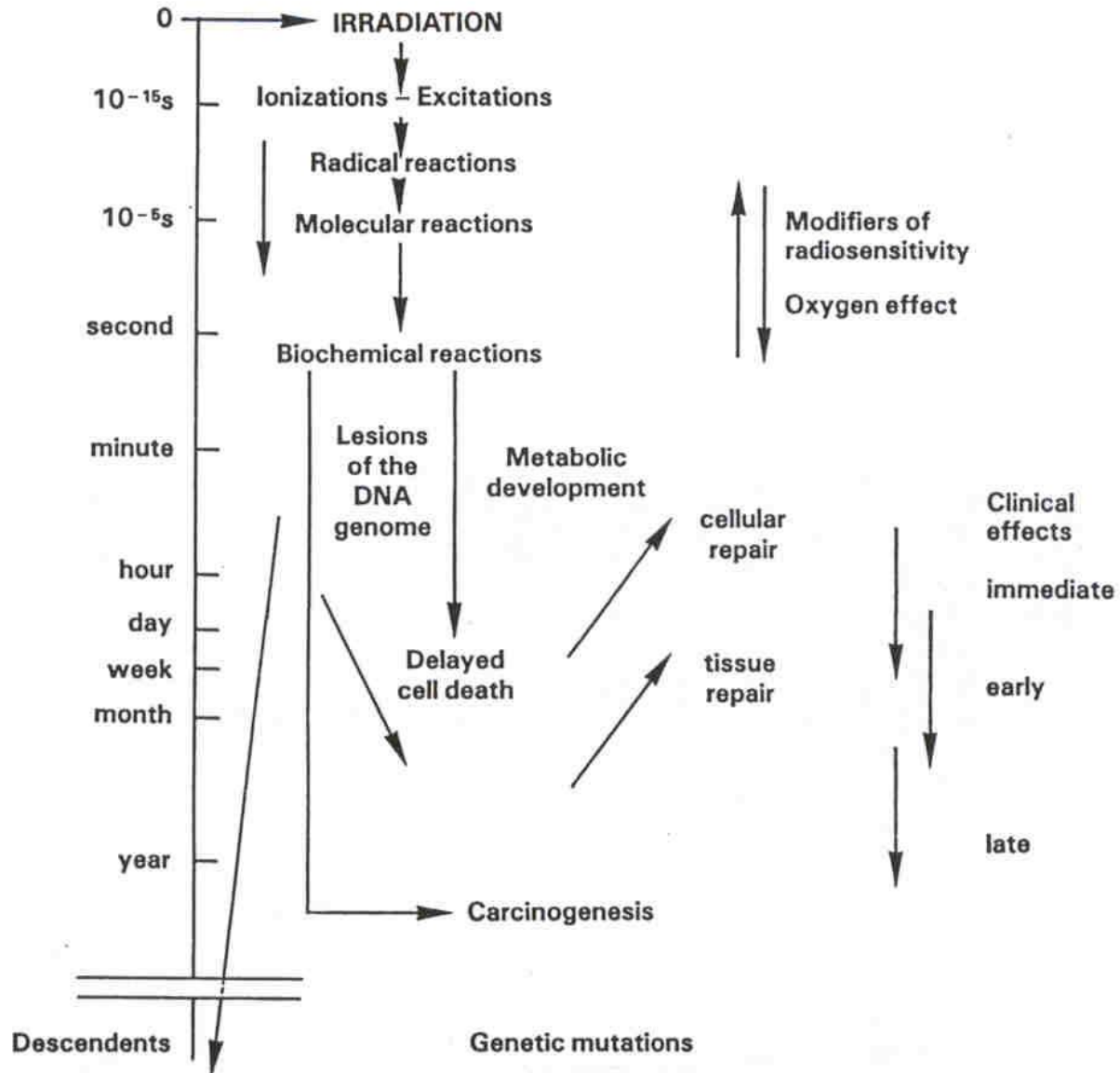


## 2. Fractionation for differential effect (typical: 2 Gy/day)

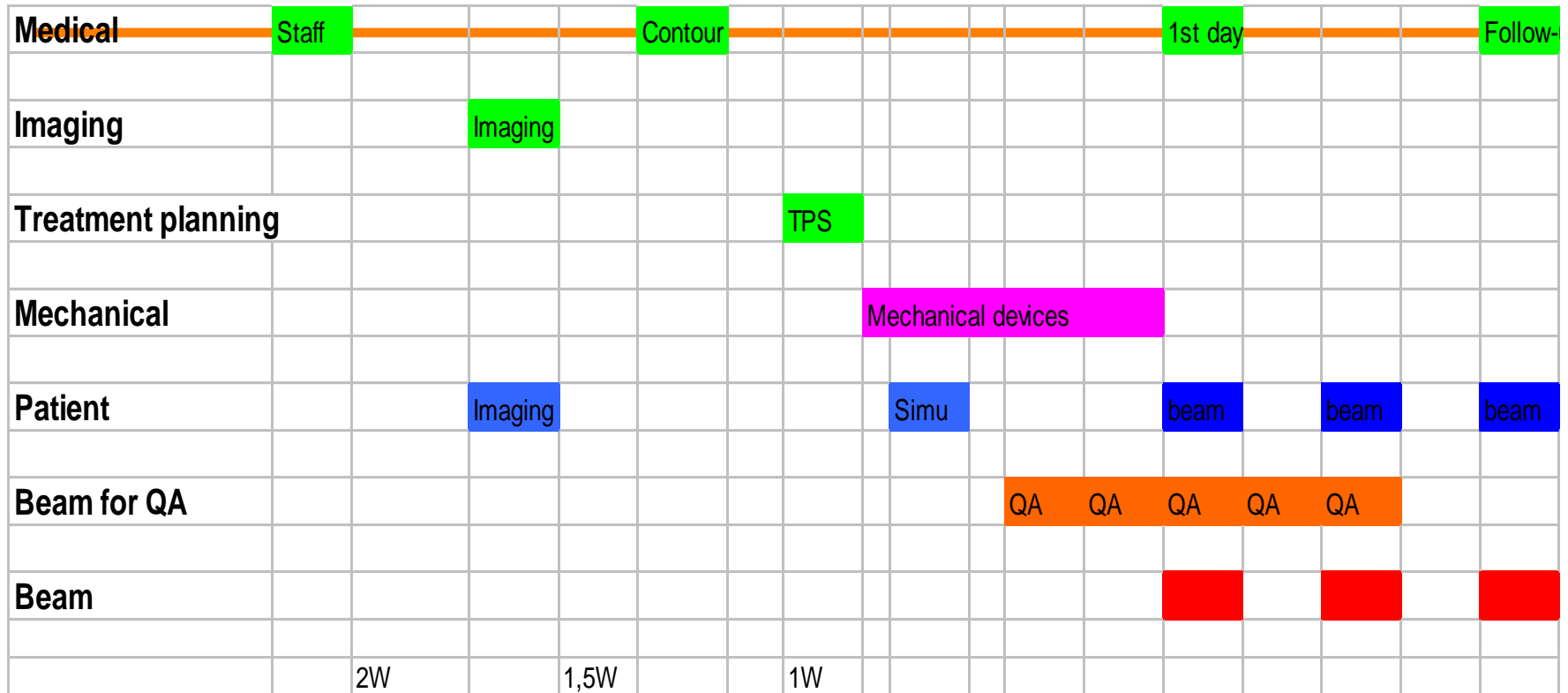


# phenomena occurring after irradiation

(from J. Gueulette- Tubiana)



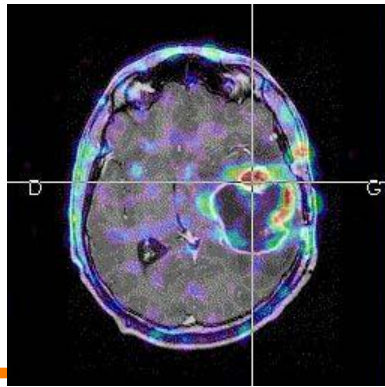
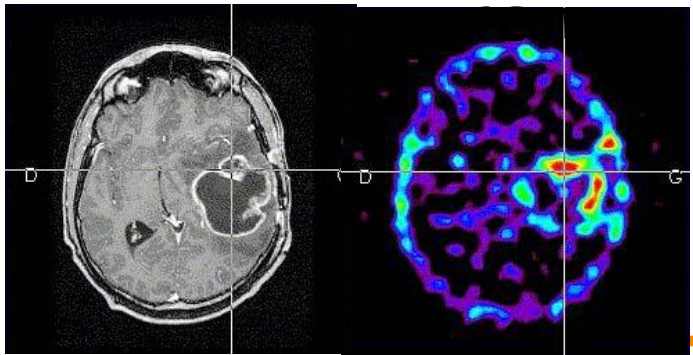
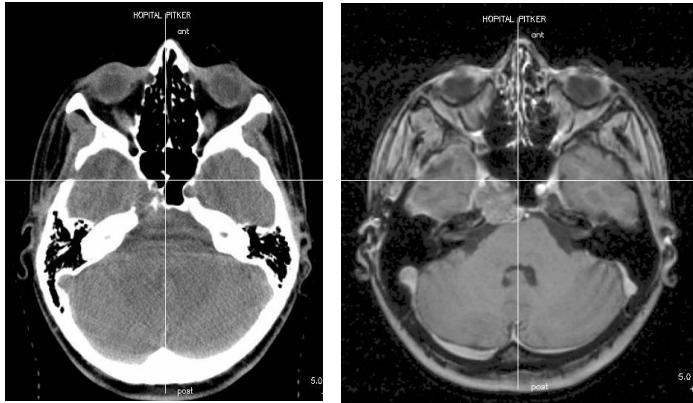
# Preparation and treatment



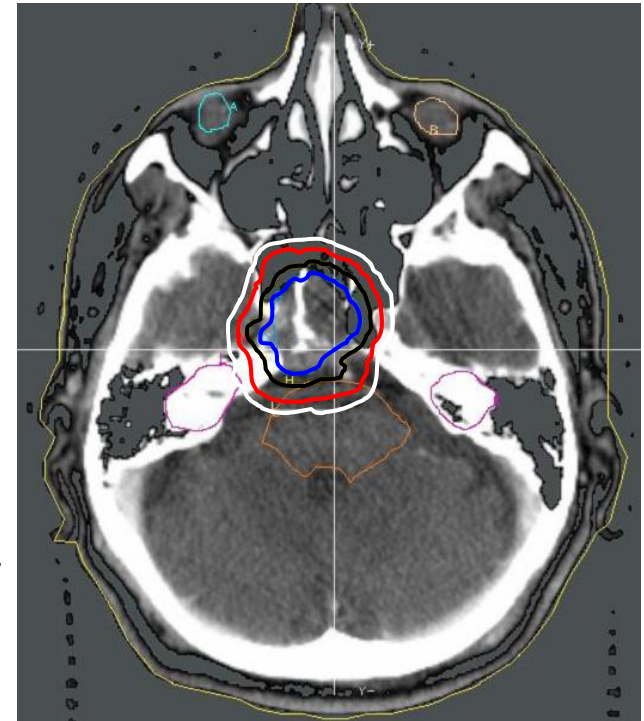
« W » = 1 week

# Imaging and target delineation

Multi-modalities  
imaging

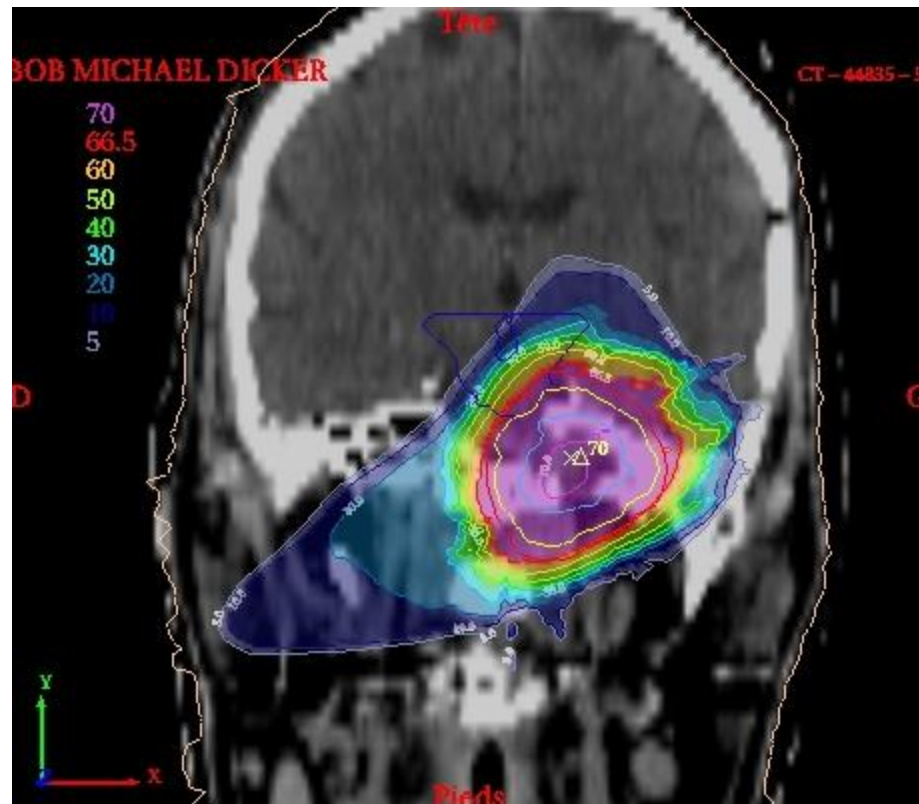


Precise GTV and CTV  
definition





# Treatment planning (ballistics)



# Constraints and principles

## Moelle :

Antérieure : 55 GyECo

Médiane : 48 GyECo

Postérieure: 45 GyECo

## Tronc :

Antérieure : 63 GyECo

Médiane : 55 GyECo

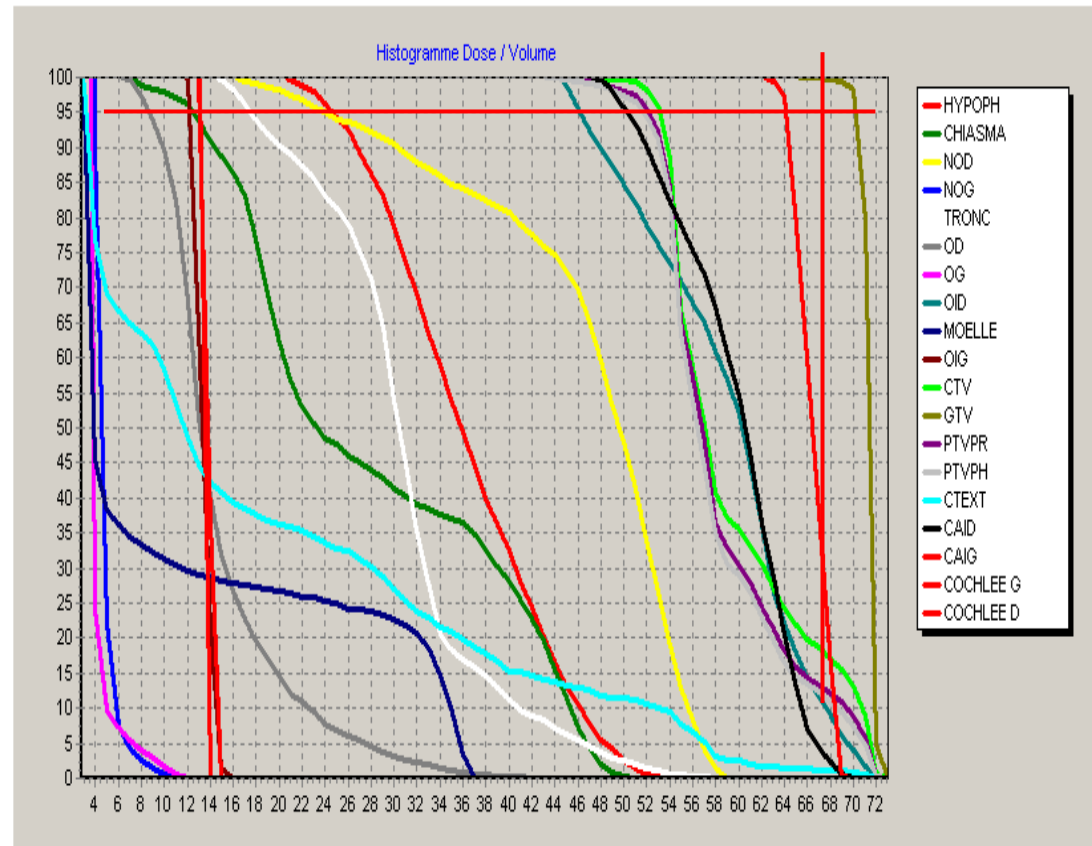
Postérieure: 48 GyECo

**Nerf optique : 56 GyECo**

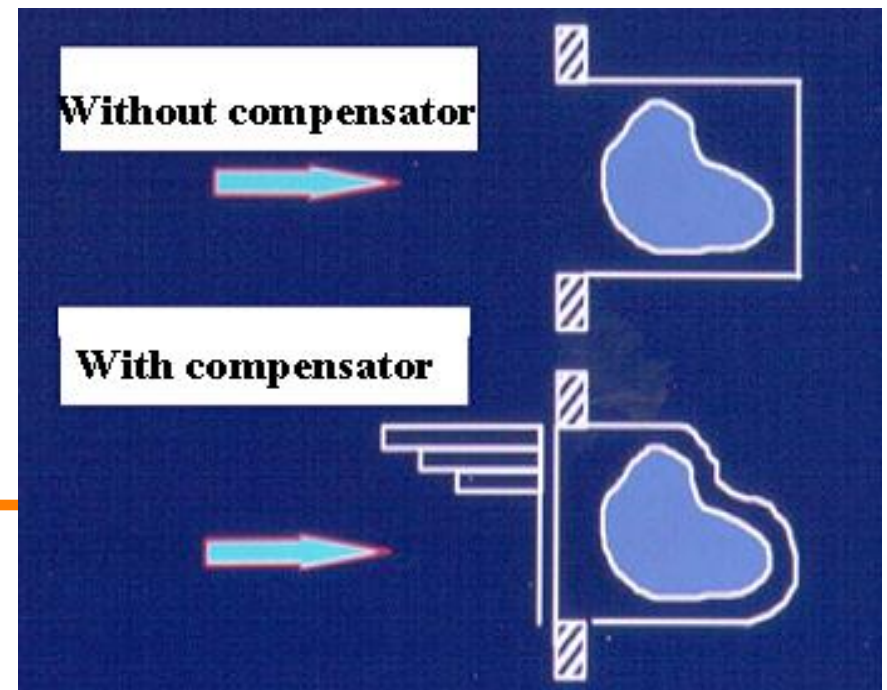
**Chiasma : 56 GyECo**

**Oreille interne : pas de limite**

**Hypophyse : pas de limite**



Beam's « shaping »: *passive double scattering*



# Quality control of specific accessories

Arrivée,  
décodage  
dossiers

Contours  
volumes,  
organes

Dosimétrie  
protons

Préparation  
simulation

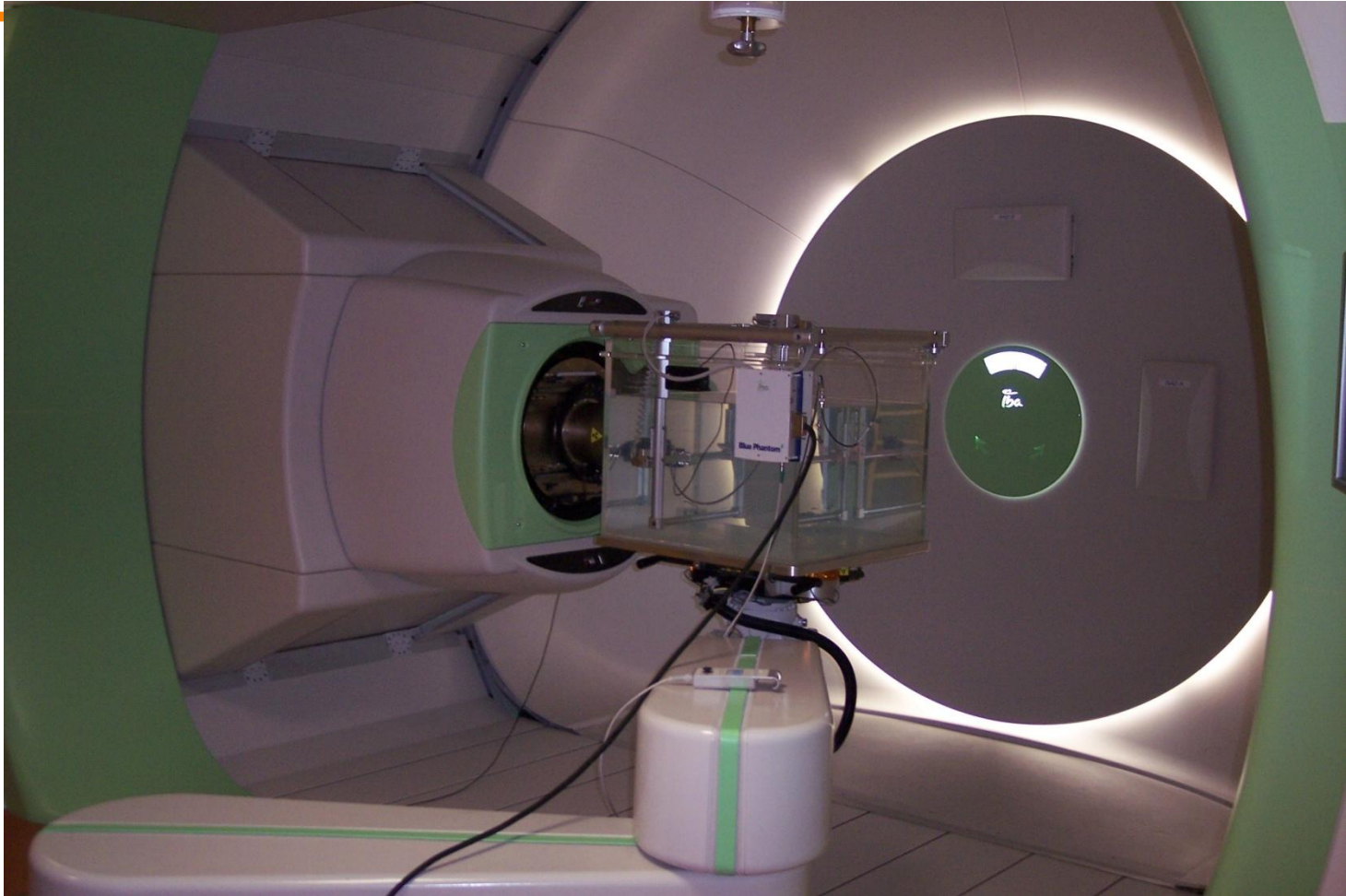
Transfert  
PI +méca

CQ

The screenshot shows the DOSisoft Isogray version 2.2 interface. The main window displays a CT scan of a patient's head with a proton beam path (F01) and target (GTV) contours. The interface includes a left sidebar with navigation icons (Général, Imagerie, Recalage, Segmentation, Simulation, Dosimétrie, Atlas) and a central control panel for the beam (Faisceau) with parameters like DSC (5340 mm), Parcours (64 mm), and Modulateur (60 mm). The bottom right features a 3D visualization of the beam path and two bar charts showing the beam profile (Profil X and Profil Y) with values -4.47 and 4.05 respectively.

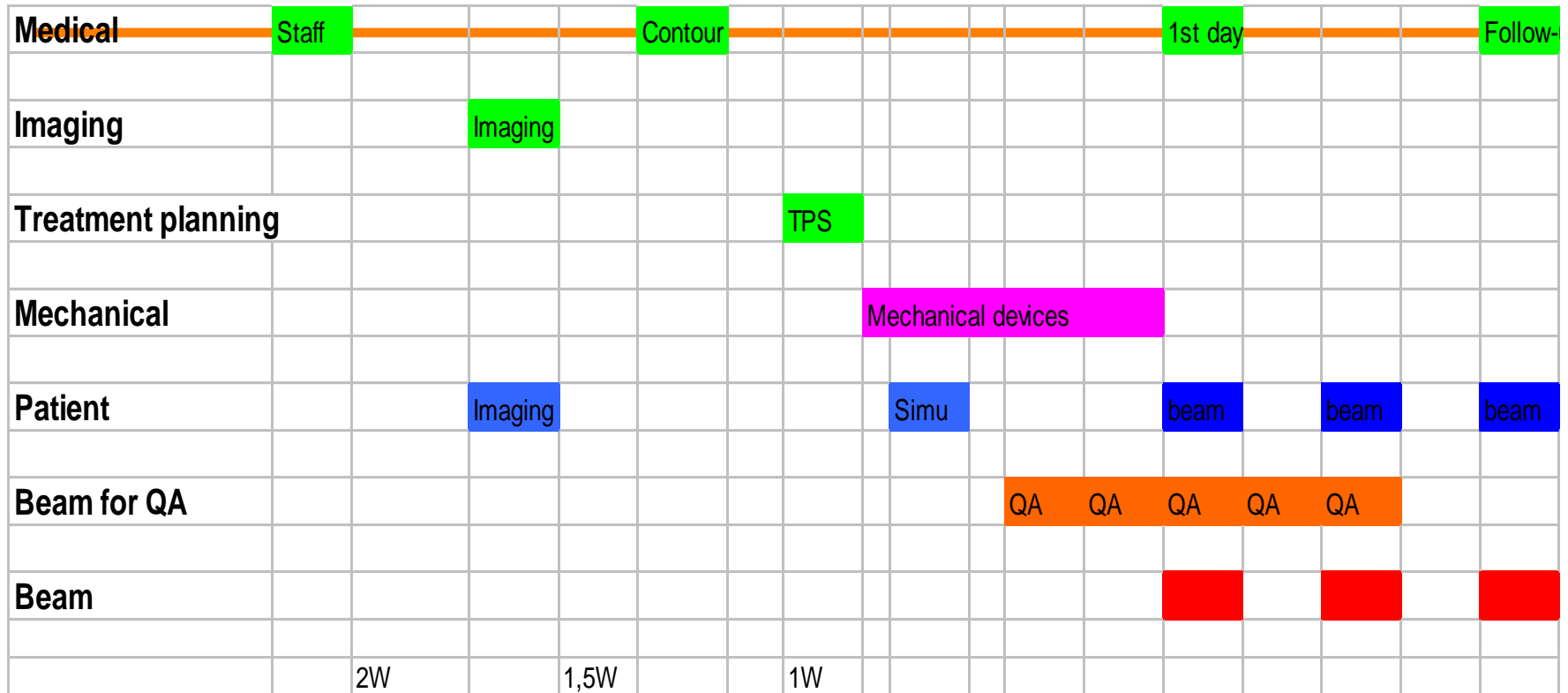
Interface elements visible in the screenshot:

- Top bar: DOSisoft Isogray - version 2.2 : Simulation Patient: Etude: Etude1
- Left sidebar: Liste des Balistiques (Balistique 1, F01:Faisceau, Isocentre)
- Central panel: Sélection: Faisceau, Compensateur, Données protons (DSC: 5340, Parcours: 64, Modulateur: 60 mm), Paramètres de calcul (Struct. cible: GTV, Marge à la DSC: 2.2 mm, Marge à la DSA: 15 mm), Paramètres de réalisation (Machine: Edenheim, Diamètre outil: 5 mm, Epaisseur: 24.4 mm)
- Right panel: 2D beam profile plot (Y-FAISCEAU vs X-FAISCEAU) and 3D beam path visualization.
- Bottom right: Bar charts for R COMPENSATEUR and HAUTEUR COMPENSATEUR, and beam profile plots (Profil X: -4.47, Profil Y: 4.05).





# Preparation and treatment



« W » = 1 week



institut**Curie**



# Les frontières à trouver

---

- **Coût / précision**
- **Production / R&D**
- **Académique / industriel**
- **Médical/scientifique**

---

**Merci !**

Questions ?