

# Protonthérapie: peut-on réaliser des traitements et de la recherche sur une même installation ?

Samuel Meyroneinc

Institut Curie – Centre de Protonthérapie d'Orsay

SFP- Journées Accélérateurs, Roscoff, 7 Octobre 2015

# sommaire

**La radiothérapie – La protonthérapie**  
**- orientations en cours**

**Le Centre de Protonthérapie d'Orsay**  
**- optimisation des opérations**

**Traitements <- > Recherche**

**Questions**

# La Radiothérapie - 1980

- Rayonnements ionisants (électrons, photons)
- Dose (Gy = J/ Kg) -> apoptose des cellules tumorales
- Compromis dose (tumeur /tissus sains):
  1. Balistique
  2. Fractionnement (2 Gy/min)
- Environnements: association avec Chirurgie et Chimiothérapie

# Environnement : Radiothérapie photon

## Evolution technologique rapide distribution faisceau et imagerie

Physique et technologie : Les systèmes proposés actuellement en RT externe



RapidArc ou équivalentes (wphospitals.org)



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

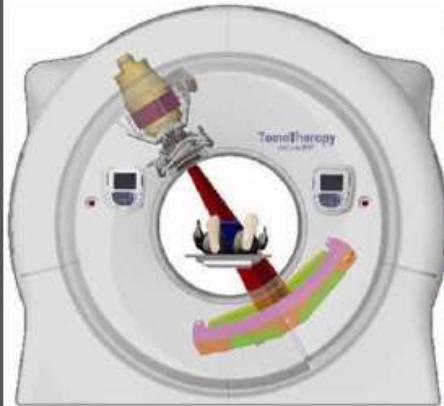
+ Logiciels  
(TPS, OIS)

Suivi ASN

En France

- ❑ 172 centres
- ❑ 180 000 patients traités
- ❑ 479 appareils de traitement
- ❑ 0,45% en protons

Sources : Observatoire national de la radiothérapie - INCa



Tomothérapie



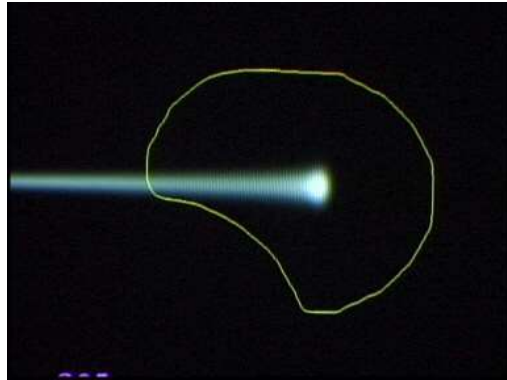
Vero



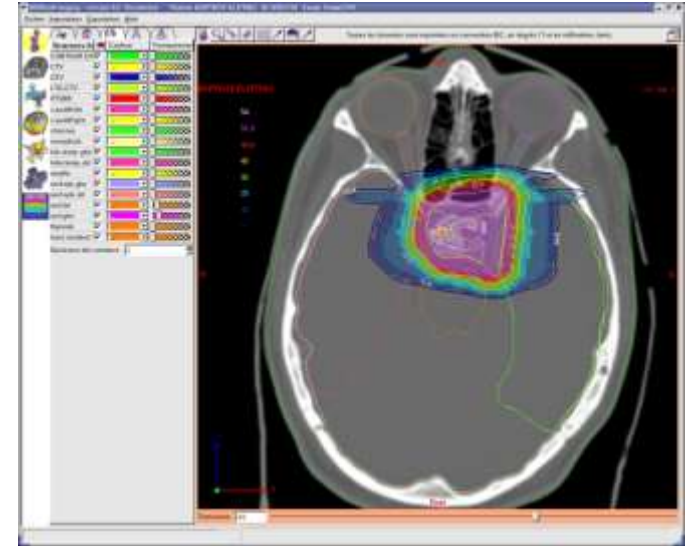
ViewRay (MRI+3Co-60 w/MLC)

# Protonthérapie

opportunité



Wilson (1946)

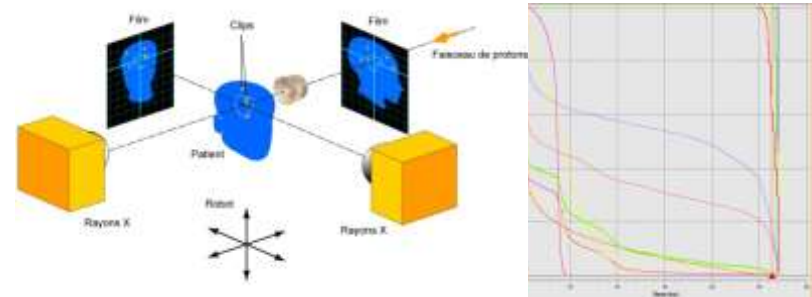


Dosimétrie protons

contraintes



Une particule « lourde »

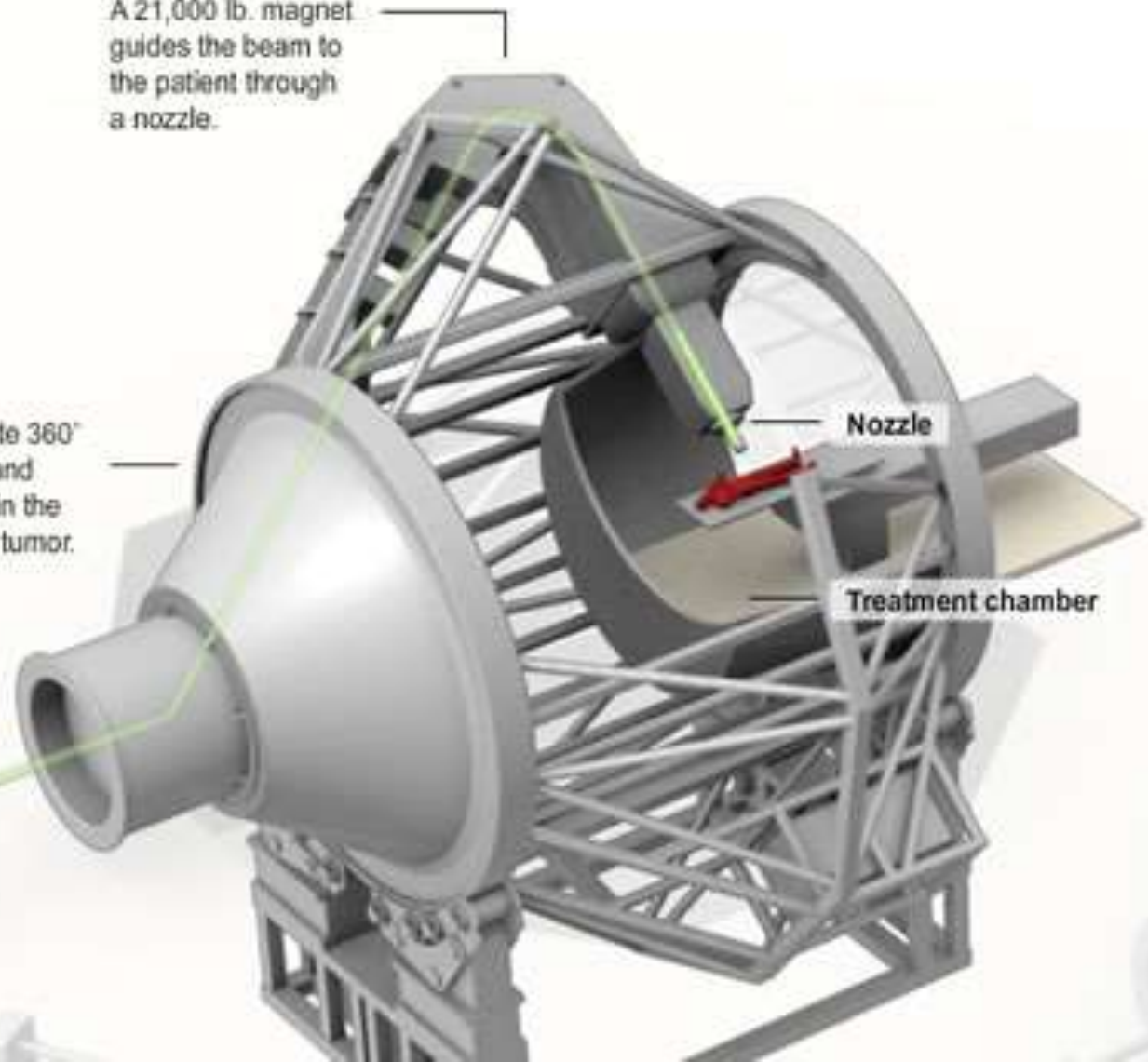


Critères de précision

# Gantry (120 tons, D = 10,5m)

A 21,000 lb. magnet guides the beam to the patient through a nozzle.

**Gantry**  
The gantry can rotate 360° around the patient and position the nozzle in the correct angle to the tumor.

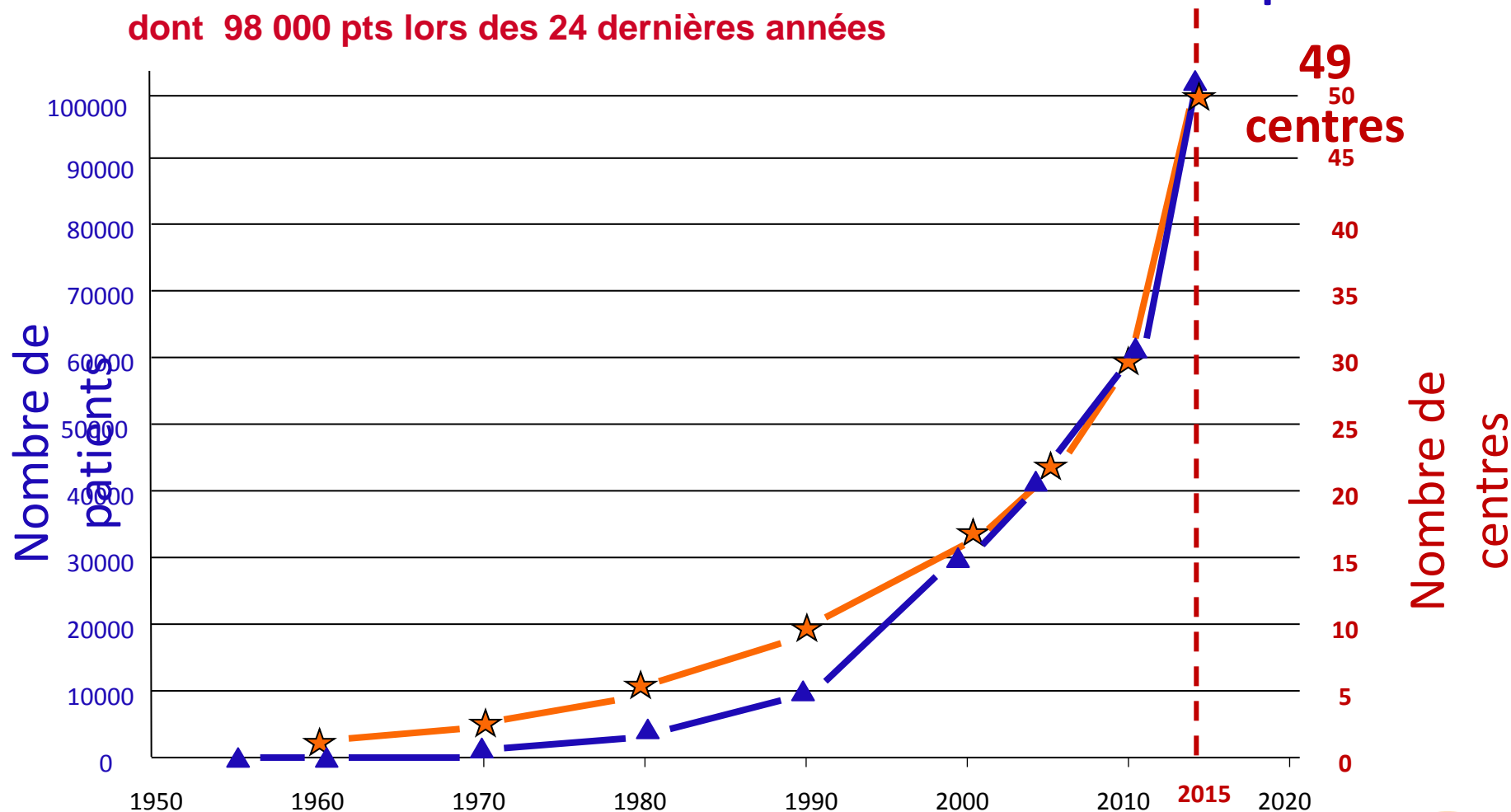


# Centres de protonthérapie dans le monde 2015

Source : [www.ptcog.ch](http://www.ptcog.ch)

49 centres en activité – près de 108 000 patients traités  
dont 98 000 pts lors des 24 dernières années

108 000  
patients



49  
centres



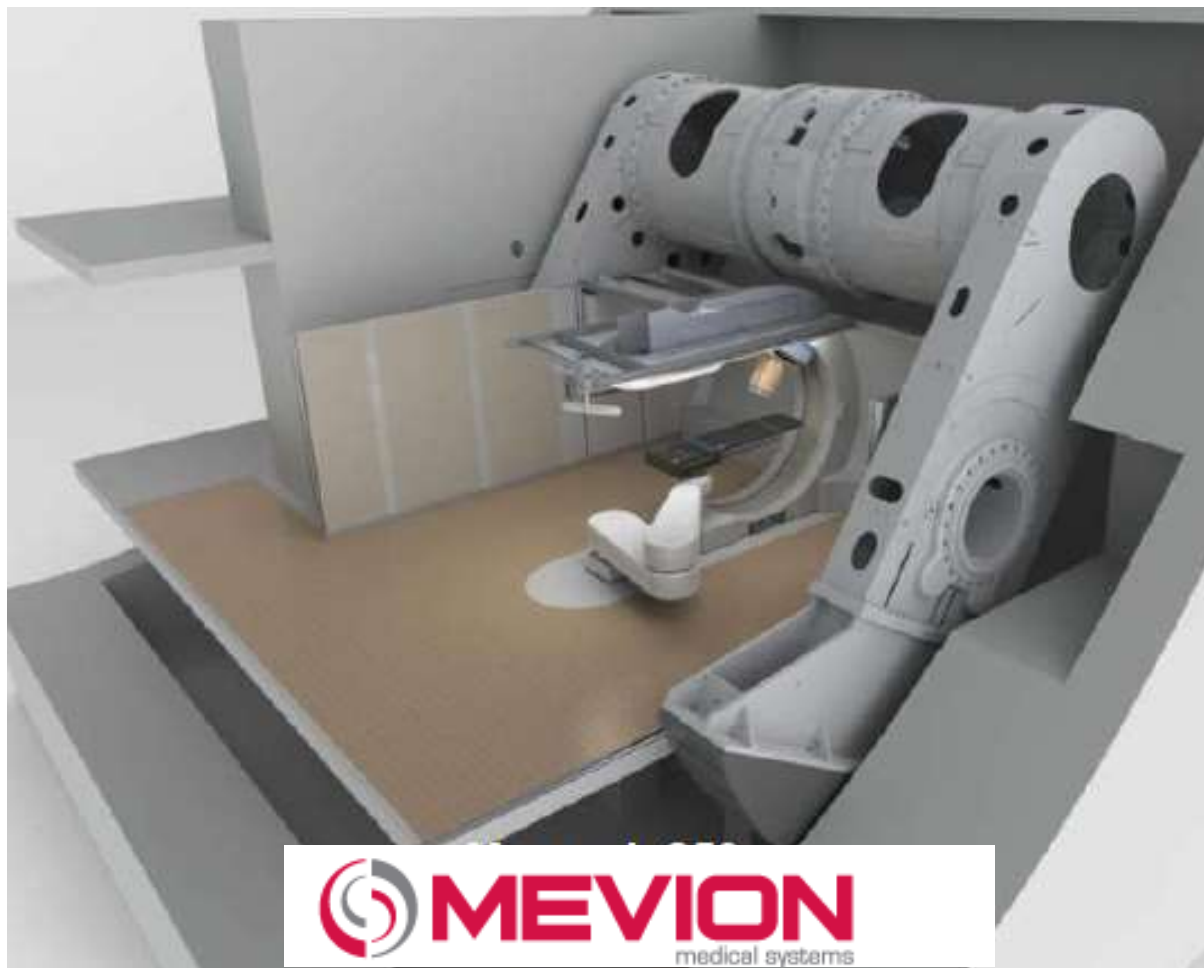
institutCurie



# Accélérateur compact intégré au bras isocentrique



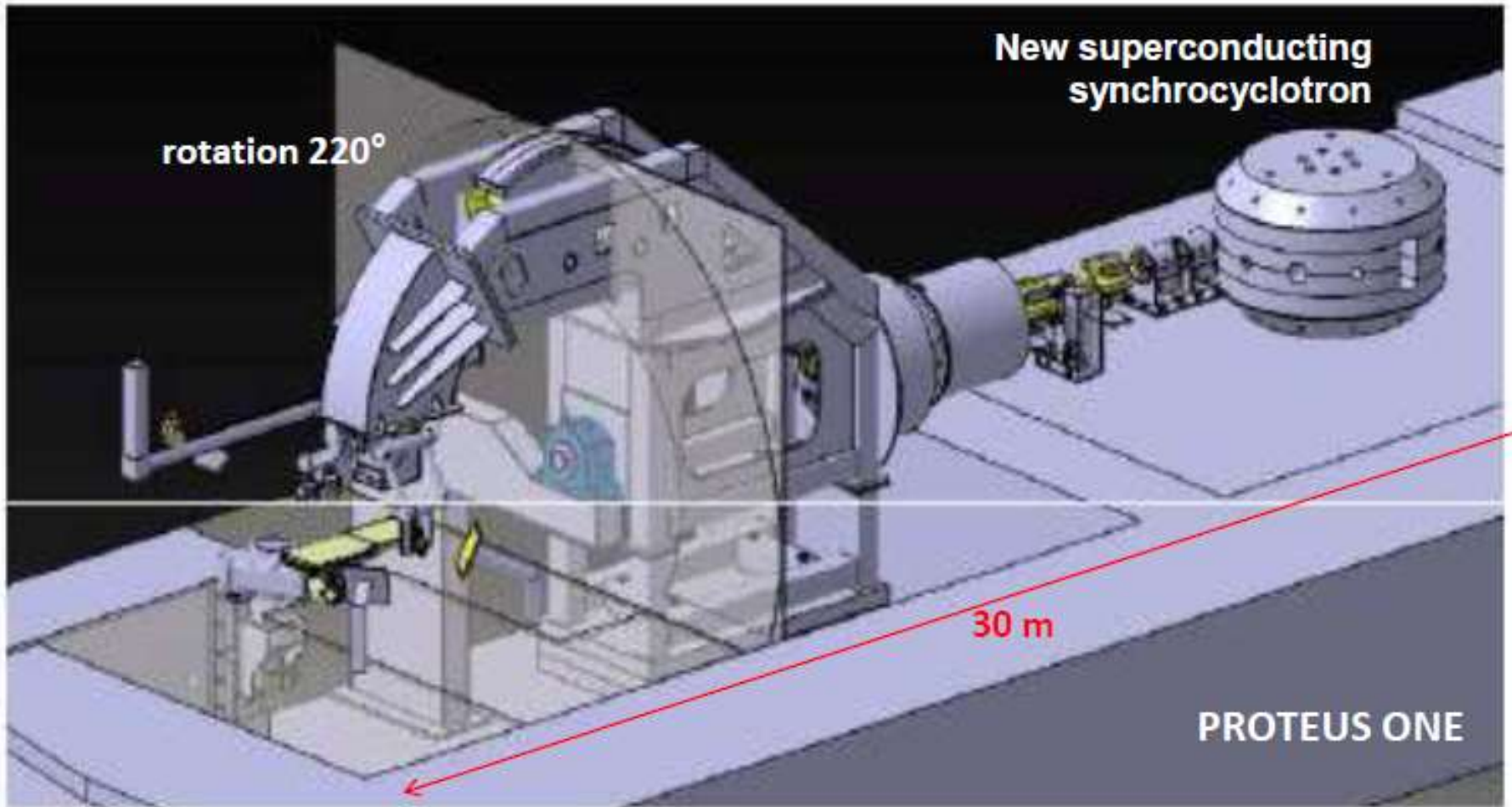
**9 Tesla  
superconducting  
Synchro-cyclotron**



**MEVION**  
medical systems

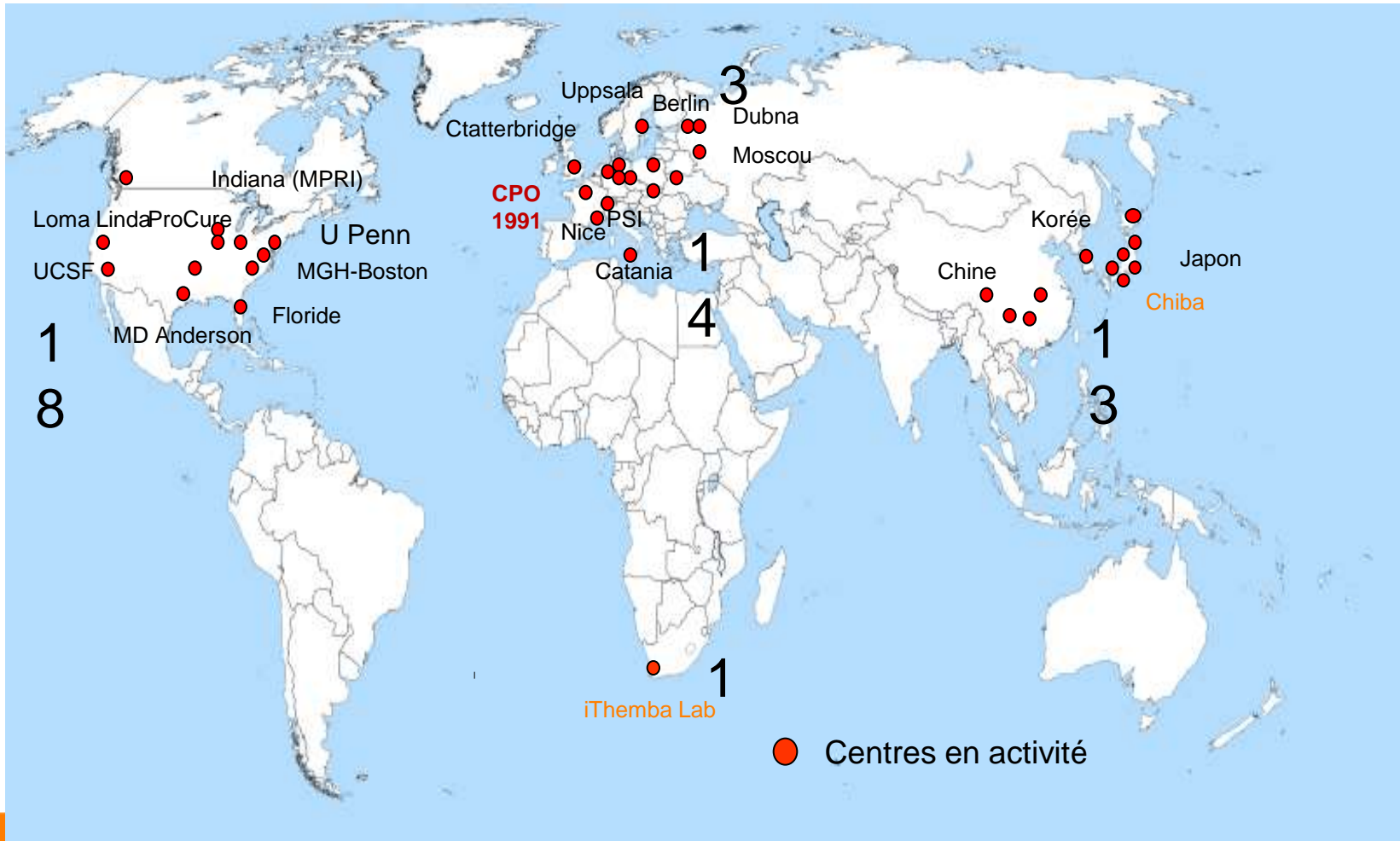


# Accélérateur compact + configuration ESS compacte



# Protonthérapie dans le monde de 1954 – 2014

([www.ptcog.ch](http://www.ptcog.ch))



# La Radiothérapie - 2015

- Rayonnements ionisants (électrons, photons)

+ radiobiologie in vivo

- Dose (J/ Kg) -> apoptose des cellules tumorales

Micro-faisceaux

Imagerie adaptative

- Compromis dose (tumeur /tissu sains):

1. Balistique 2. Fractionnement (2 Gy/min)

Tumeurs mobiles

Nano-particules

Hypo-fraction (haut-débit)

- Environnements: association avec Chirurgie et Chimiothérapie

Médecine personnalisée

ambulatoire

# Le Centre de protonthérapie d'Orsay



institut**Curie**



# LE CPO 2015

**bâtiment existant**

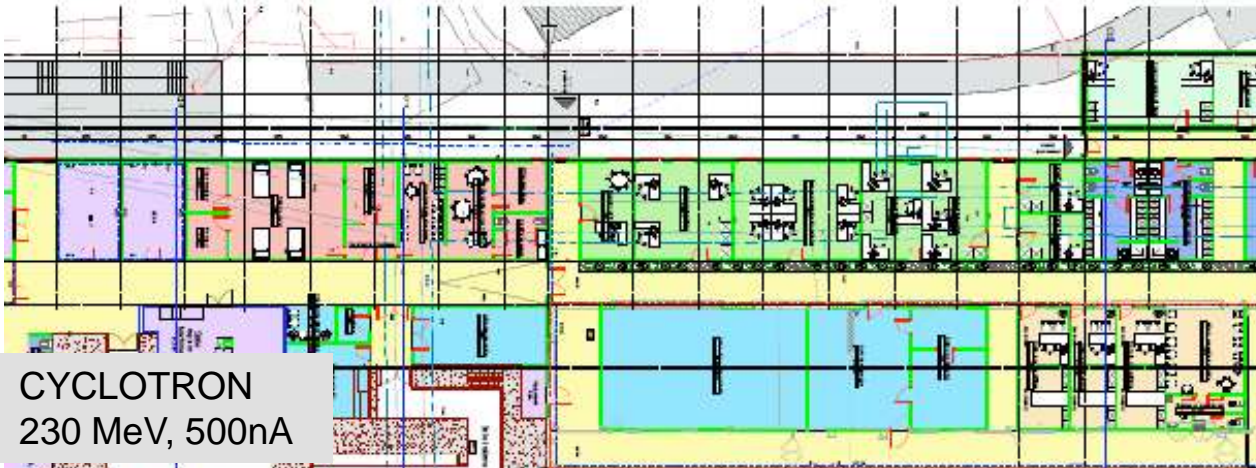
**Cyclotron 230 MeV  
+ bras isocentrique**

**Nouvelle aile médicale**





# PLAN DU SITE



CYCLOTRON  
230 MeV, 500nA

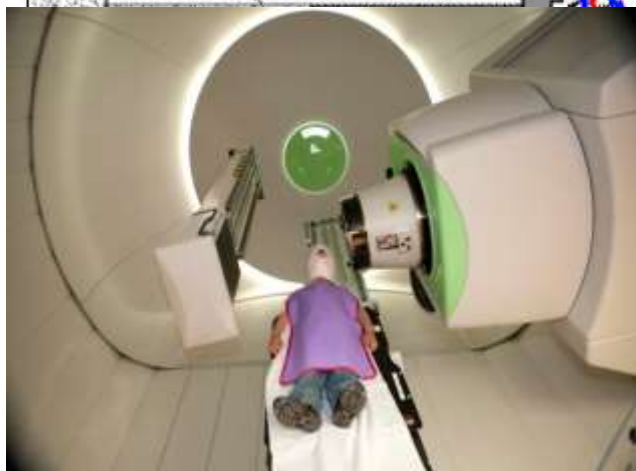


SYNCHROCYCLOTRON  
(à l'arrêt)



SALLE Y2 OPHTALMOLOGIE

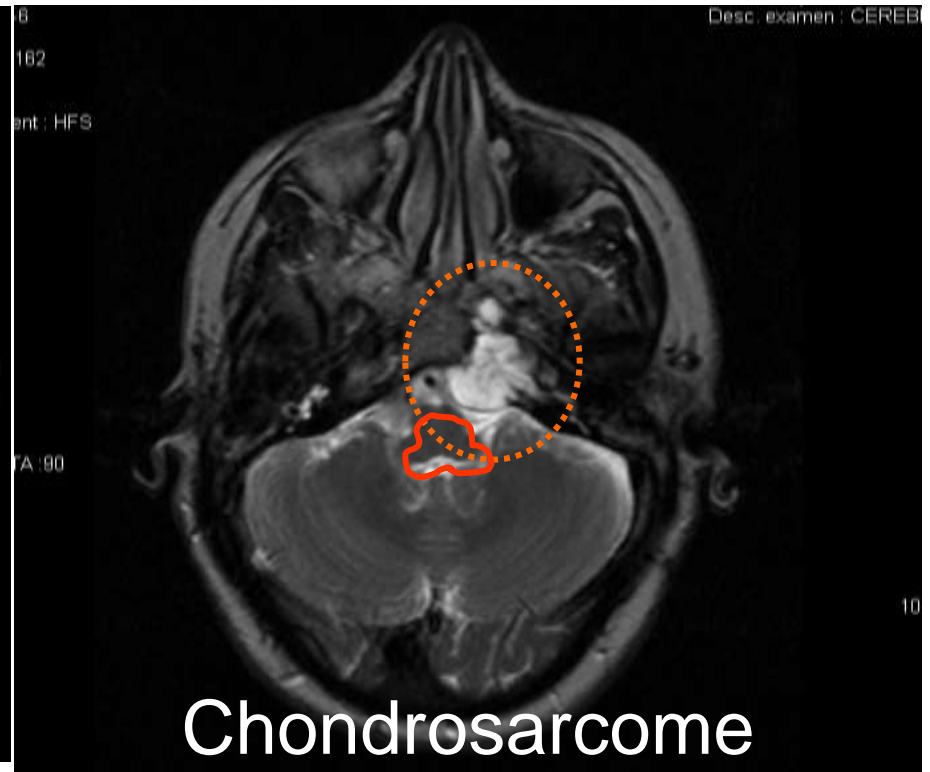
SALLE Y1 INTRACRANIEN



## Indications classiques de l'Adultes

### Forte dose

Tumeurs localisées à proximité d'Organes à risque OAR pour lesquels les doses d'irradiation requises sont supérieures aux doses de tolérance de ces OAR

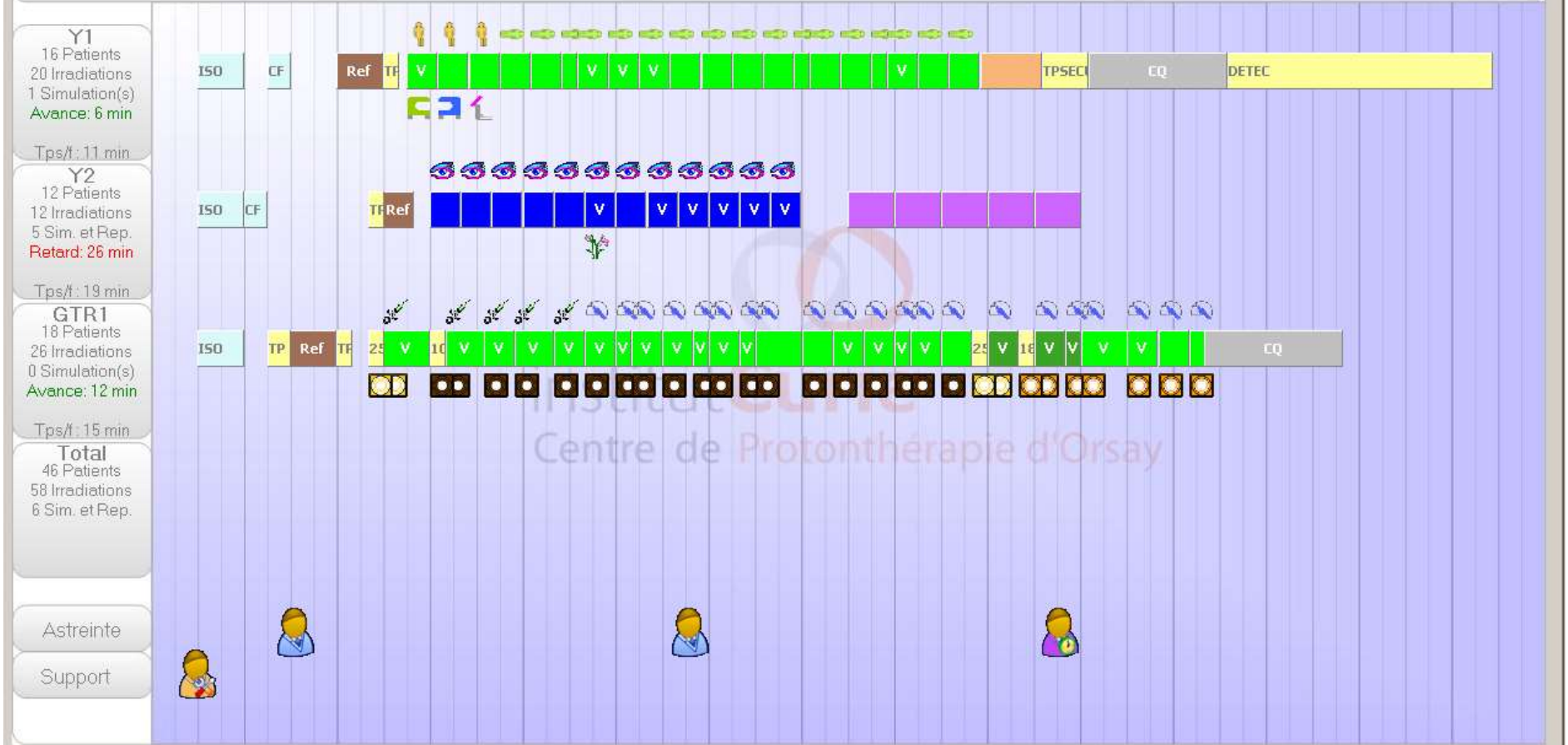






# Evolution de l'activité

<b>Année</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Objectifs nb de séances</b>	<b>6000</b>	<b>7000</b>	<b>8000</b>
<b>Nb Séances réalisées</b>	<b>6389</b>	<b>7253</b>	<b>8757</b>
<b>Nb Pts traités</b>	<b>457</b>	<b>503</b>	<b>558</b>
<b>% Patients Traités jour J</b>	<b>96,6%</b>	<b>98,6%</b>	<b>99,1%</b>



**Y1**  
 16 Patients  
 20 Irradiations  
 1 Simulation(s)  
 Avance: 6 min  
 Tps/f: 11 min

**Y2**  
 12 Patients  
 12 Irradiations  
 5 Sim. et Rep.  
 Retard: 26 min  
 Tps/f: 19 min

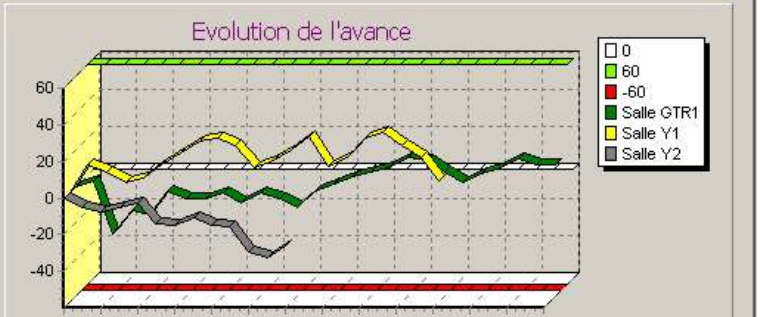
**GTR1**  
 18 Patients  
 26 Irradiations  
 0 Simulation(s)  
 Avance: 12 min  
 Tps/f: 15 min

**Total**  
 46 Patients  
 58 Irradiations  
 6 Sim. et Rep.

Astreinte  
 Support

**Légende Activité** | **Légende Icones**

		Traitement Intracranien			Référence		Erreur
		Traitement Rachis			CQ		Traitement partiel
		Traitement Ophtalmo			Manip avec faisceau		Faisceau chargé
		Simulation			Evenement		
		Reperage					



# Augmentation d'activité

## Optimisation (LEAN,PDCA, ...)

- du workflow
- des pratiques

## Amélioration techniques

- ex: recalage automatique
- nombreuses consolidations & petits upgrades

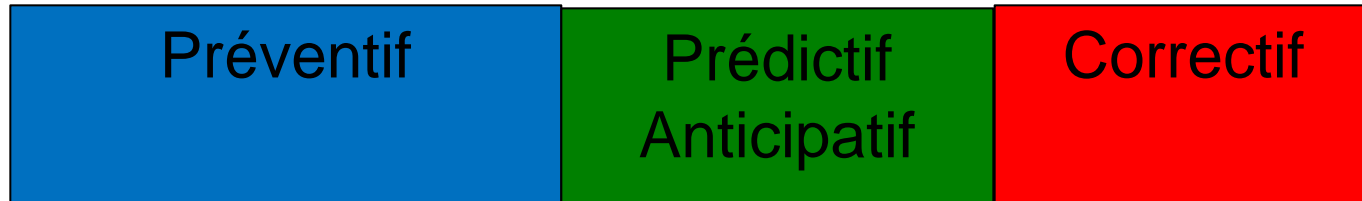
## Augmentation de la disponibilité

bien partir le matin - marges

tenir en journée: protocoles - escalade

robustesse organisation (52 semaines – seulement 4 vendredis OFF)

# Travail sur les maintenances



**1. ex: fiche de santé  
du cyclotron**

**2. ex: Crash  
scénario**

**3. ex: Protocoliser les  
situations de crise**

**Peut-on faire des traitements  
et faire de la recherche  
sur une même installation ?**



institut**Curie**

**OUI !**

En **traitant plus de patients** on fait de la **recherche clinique** qui est absolument nécessaire en protonthérapie !





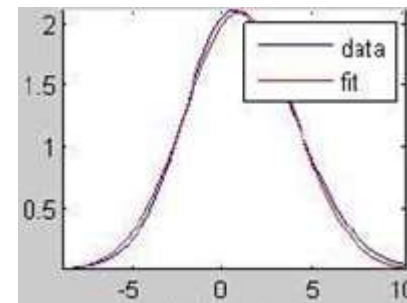
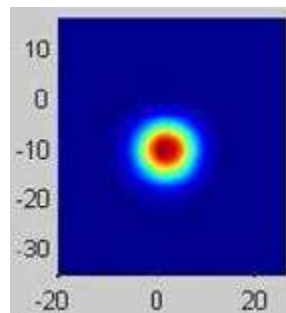
Il faut d'abord finir d'installer les  
« **upgrades** » (sortis de la **R&D**)  
pour faire de la protonthérapie  
« state of the art », notamment le  
« **Pencil Beam Scanning** » ...

# PBS = Pencil Beam Scanning

(actuellement en préparation au Centre de Protonthérapie)

## Pencil Beam

Spot size from 3 to 8 mm (sigma)



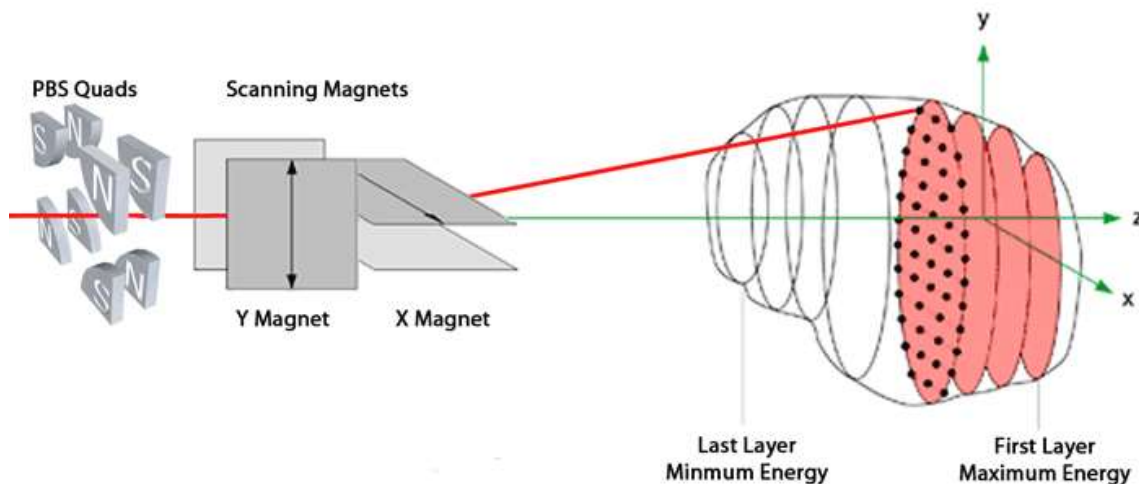
## Scanning

Scan in both direction to cover the tumor

1 spot : 2,5 ms min

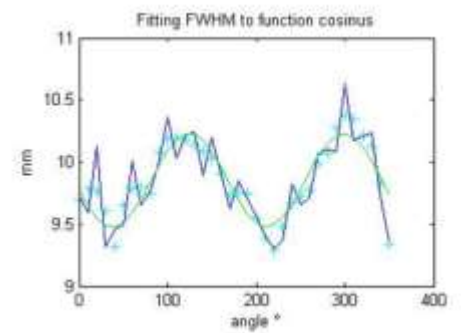
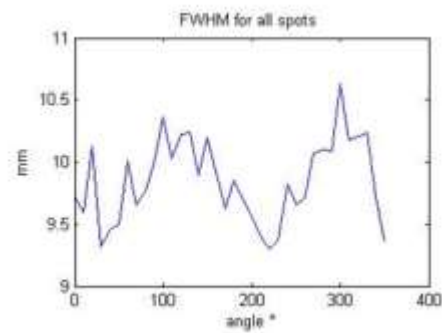
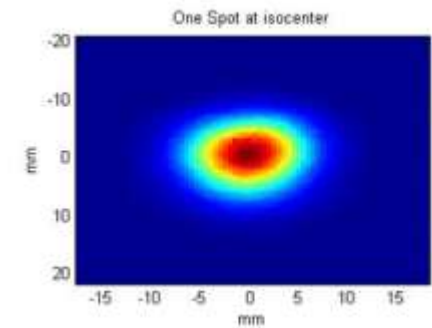
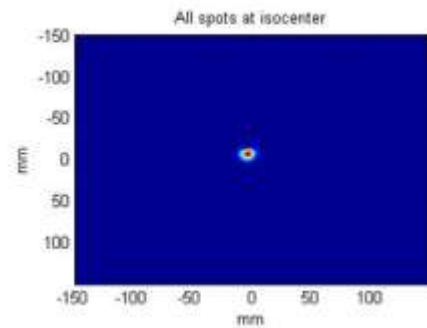
Transition entre 2 spots : 2 ms

1 litre en moins de 1 minute



journée

Soirées-nuits-WE



# Journée



# Nuit, WE



**Planification:** avec Variabilité, interconnexion des acteurs, J-10

**Gestion aléas:** marges, scénarii de repli, scénarii de support

**Informations:** préalables, accessibles, juste nécessaires

Peut-on faire de la **Recherche ...de  
la vraie ?...**

# La Radiothérapie - 2015

- Rayonnements ionisants (électrons, photons)

+ radiobiologie in vivo

- Dose (J/ Kg) -> apoptose des cellules tumorales

Micro-faisceaux

Imagerie adaptative

- Compromis dose (tumeur /tissu sains):

1. Balistique 2. Fractionnement (2 Gy/min)

Tumeurs mobiles

Nano-particules

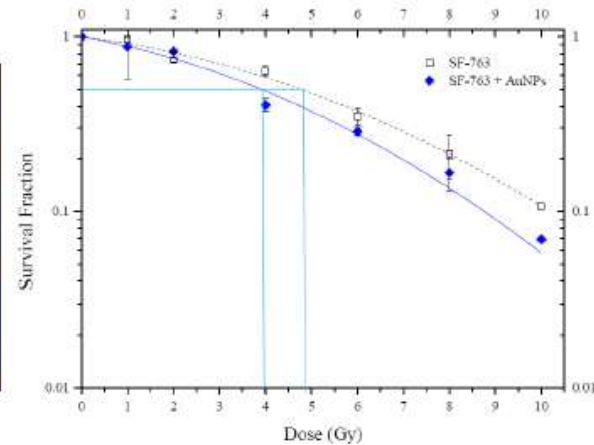
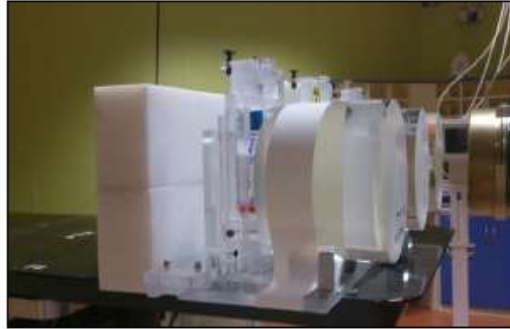
Hypo-fraction (haut-débit)

- Environnements: association avec Chirurgie et Chimiothérapie

Médecine personnalisée

ambulatoire

# sessions de Radiothérapie Expérimentale



## Pourquoi ?

- Radiobiologie in vitro ( ...)
- Radiobio in vivo (souris, ...)
- Micro-faisceau
- Nano-particules
- Physique ...

## Comment ?

- avec équipe Radiobiologistes
- Conditions cliniques
- Règles sanitaires
- Créneaux horaires décalés
- ...



# Le Centre de Protonthérapie – Bat 101- Campus d'Orsay

## Opérationnel en 2015

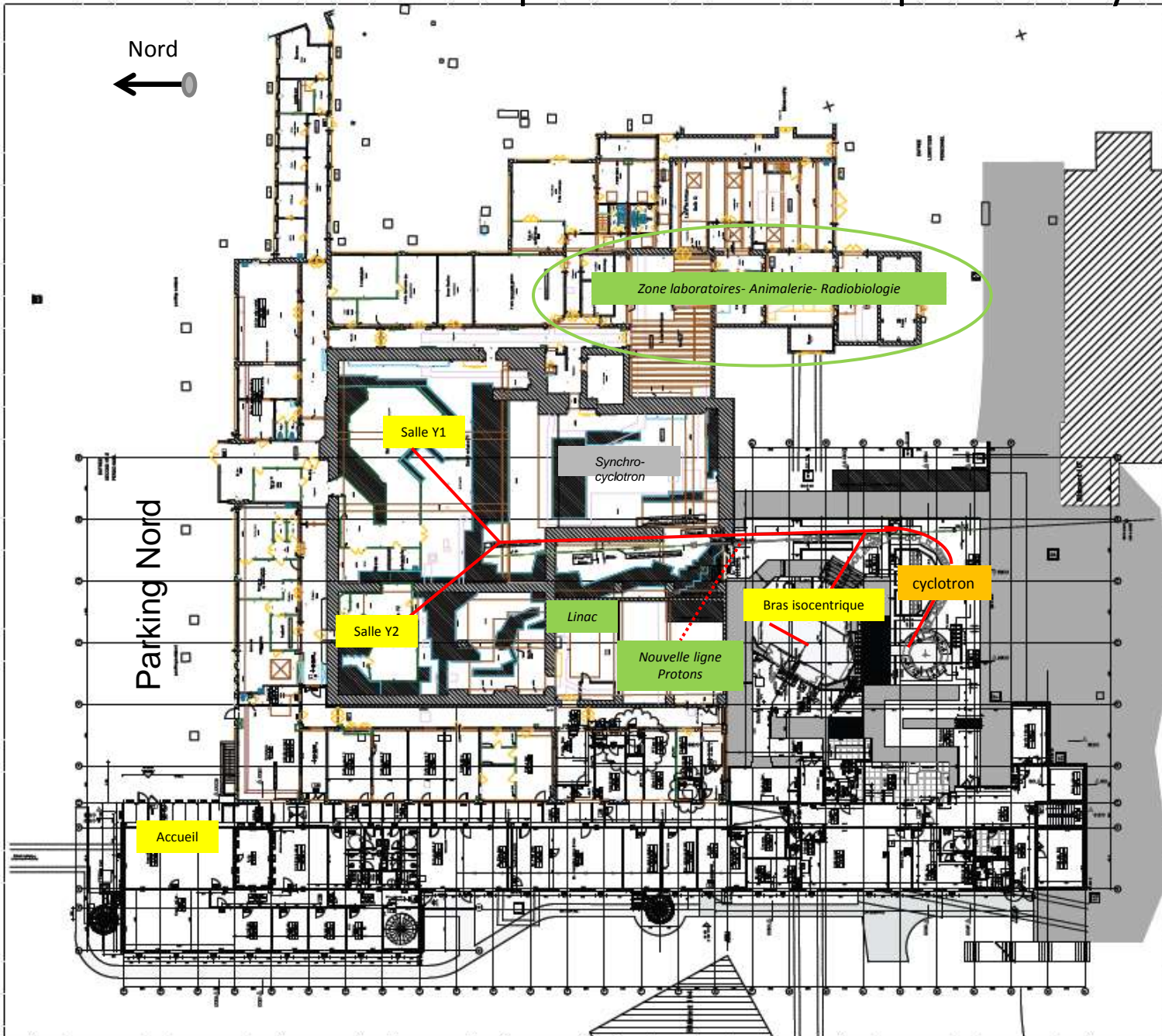
- cyclotron Faisceau protons
- Bras isocentrique Traitements allongés
- Salle Y1 Traitements allongés & assis
- Salle Y2 Traitements assis

## Arrêté depuis 2010

- Synchro-cyclotron

## Projetés

- Nouvelle ligne protons  
Pour activités expérimentales
- Linac Traitements photons
- Zone laboratoires-Animalerie-Radiobiologie



**conclusion**



institut**Curie**

## Personnes associées à cette présentation

Service Technique et Ingénierie: M. Auger, JB. Bocquet, E. Brot, V. Delivet, C. Devalckeneare, J. Gosnet, L. Fugeray, E. Hierso, S. LeTuault, A. Maroni, F. Martin, A. Patriarca S. Thépault, S.Meyroneinc

Service Physique Médicale: L. De Marzi, C. Mabit, C. Nauraye, I. Pasquié, S. Delacroix, F. Goudjil

Equipes de manipulateurs, dosimétristes, secrétaires médicales

Equipe administrative: A. Judjinski, C. Rochas,

Equipe de Médecins: Dr C. Alapetite, Dr V. Calugaru, Dr L. Feuvret, Dr S. Helfre, Dr H. Mammar, Dr. R. Dendale

Département de Radiothérapie: A. Mazal, Dr. A. Fourquet

Equipes IBA: JB Ruaud, S. Nacivet, C. Pereira et al

Communautés accélérateurs: IPNO, Ganil, Soleil, ESRF, CEA, Arronax, ARW ...

# Résumé

## La radiothérapie

**nouvelles orientations – tout azimut**

## La protonthérapie

**expansion en cours**

**doit faire ses preuves, et suivre la RT dans les autres domaines**

## Le Centre de Protonthérapie d'Orsay

**montée en activité (+) disponibilité (+),**

**quel degré d'agilité ? Quelle écologie de l'information ?**

**PBS à installer – développements à continuer**

**début d'un programme de Radiobiologie**