



institut**Curie**

Le CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche en physique et radiobiologie

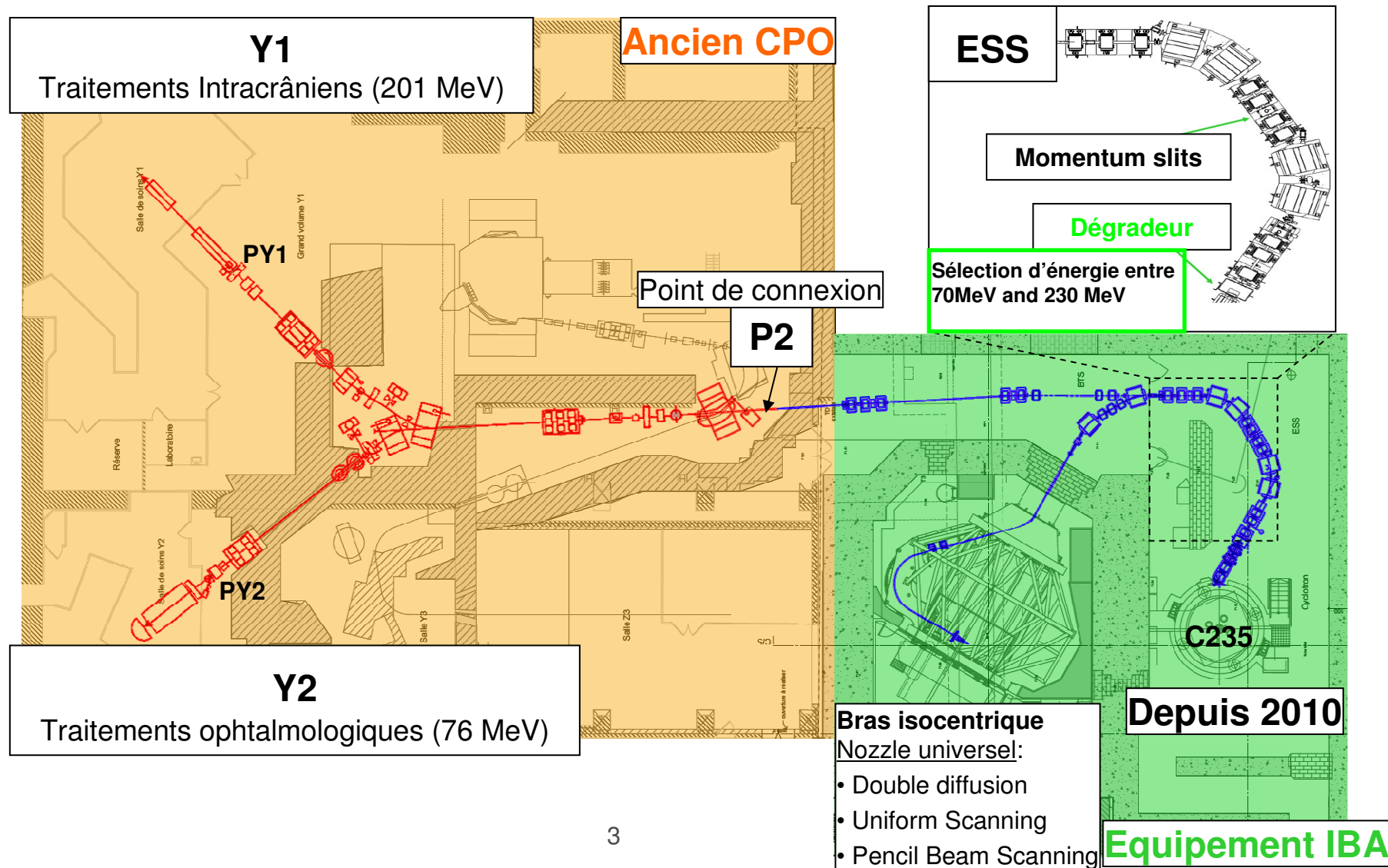
**Annalisa Patriarca, C. Nauraye, M. Auger, L. De
Marzi, E. Hierso, F. Pouzoulet, E. Brot, S. Thépault,
J.D. Bocquet, J. Argaud, F. Martin, L. Fugeray, S.
Delacroix, R. Dendale, N. Fournier-Bidoz, S.
Meyroneinc, A. Mazal**

Orsay - 18 Juillet 2013: Réunion du réseau des plateformes d'irradiation

Plan

- 1) Le Centre de Protonthérapie d'Orsay: de la clinique à l'expérimentation**
- 2) Les collaborations du CPO en physique et radiobiologie**
- 3) Le CPO comme plate-forme d'irradiation**

Le centre de Protonthérapie de l'Institut Curie à Orsay (IC-CPO) >5000 patients traités depuis 1991





Comparison of the 4 irradiation modes (IBA source)

Field size

Range

Modulation

3-D conformation

Lateral Penumbra

Distall fall-off

Irradiation method

irradiation time

Aperture & compensator

Neutron dose

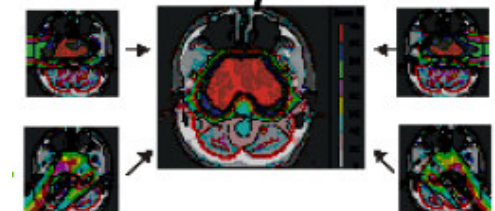
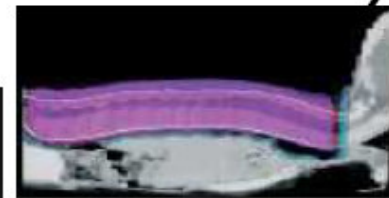
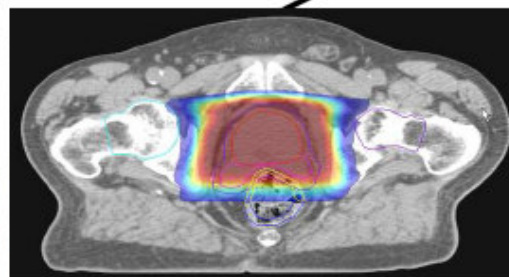
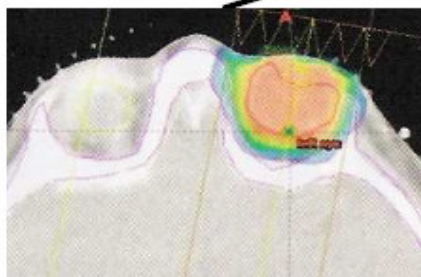
SIS => Y2

DS => Y1. GTR

US => GTR

PBS => GTR

$\Phi < 6 \text{ cm}$	$\Phi < 24 \text{ cm}$	$< 30 \times 40 \text{ cm}$	$< 30 \times 40 \text{ cm}$
$< 30 \text{ g/cm}^2$	$< 29 \text{ g/cm}^2$	$< 32 \text{ g/cm}^2$	$< 32 \text{ g/cm}^2$
20 g/cm^2	full	full	$< 28 \text{ g/cm}^2$
+	+	+	+++
2 mm	3-5 mm	2-4 mm	5-10
1-5 mm	2-5 mm	1-5 mm	1-5 mm
passive	passive	dynamic	dynamic
0.5 - 1.0 min	0.5 - 1.0 min	1.0 - 2.0 min	1.0 - 2.0 min
mandatory	mandatory	mandatory	optional



Le centre de Protonthérapie de l'Institut Curie à Orsay (IC-CPO): les salles fixes

Salle Y1: tumeurs intracrâniens



- ✓ $E = 201 \text{ MeV}$
- ✓ $(\text{Débit de dose})_{\text{moy}} = 2 \text{ Gy/min}$
- ✓ $(\text{Débit de dose})_{\text{max}} = 20 \text{ Gy/min}$

Salle Y2: tumeurs de l'œil



- ✓ $E = 76 \text{ (et } 201) \text{ MeV}$
- ✓ $(\text{Débit de dose})_{\text{moy}} = 18 \text{ Gy/min}$
- ✓ $(\text{Débit de dose})_{\text{max}} = 40 \text{ Gy/min}$

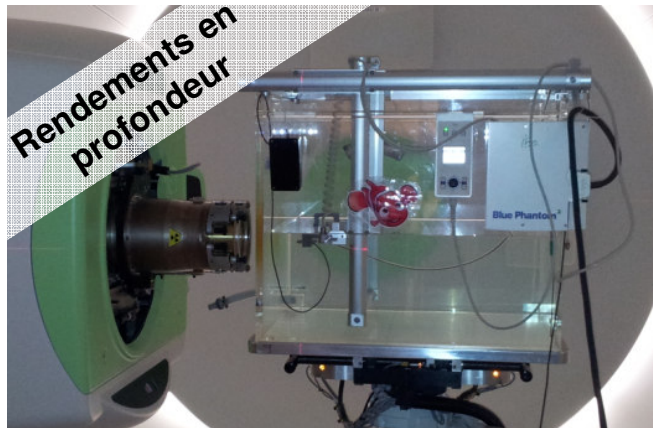
Le centre de Protonthérapie de l'Institut Curie à Orsay (IC-CPO) : la salle isocentrique (gantry)



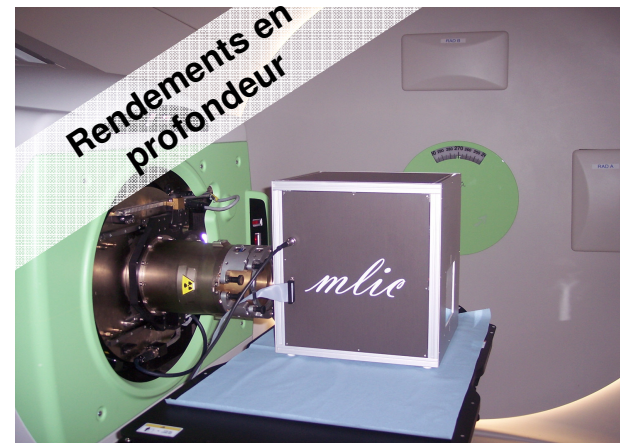
- ✓ Capacité de traitement fortement augmentée: de 400 à 700 patients par ans
- ✓ Plusieurs localisations possibles: de l'intracrânien au rachis
- ✓ $E = 100 \text{ à } 230 \text{ MeV}$
- ✓ (Débit de dose)_{moy} = 2 Gy/min
- ✓ (Débit de dose)_{max} = 100Gy/s (PBS)

Le centre de Protonthérapie de l'Institut Curie à Orsay (IC-CPO) : calibration et mesure du faisceau

**Chambres d'ionisations +
water phantom**

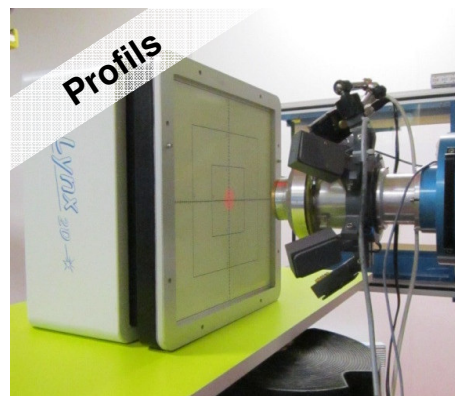


**MLIC – Multi Leaf Ionisations
Chamber**



Détecteur plan Lynx 2D

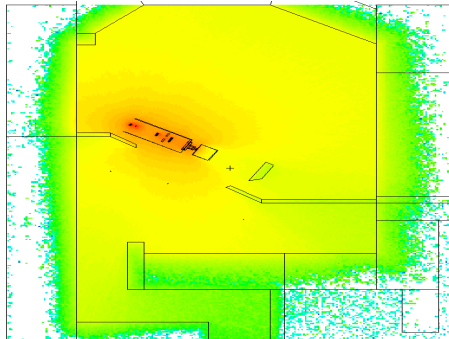
Scintillateur plastique couplé à une caméra CCD
Résolution 0.5 mm



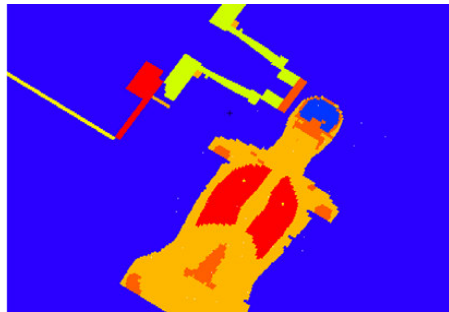
Plan

- 1) Le Centre de Protonthérapie d'Orsay: de la clinique à l'expérimentation**
- 2) Les collaborations du CPO en physique et radiobiologie**
- 3) Le CPO comme plate-forme d'irradiation**

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche: Radioprotection (IRSN)



1) **Modélisation Monte Carlo des salles de traitement et des lignes** réalisée (i.e cartographie des particules secondaires)

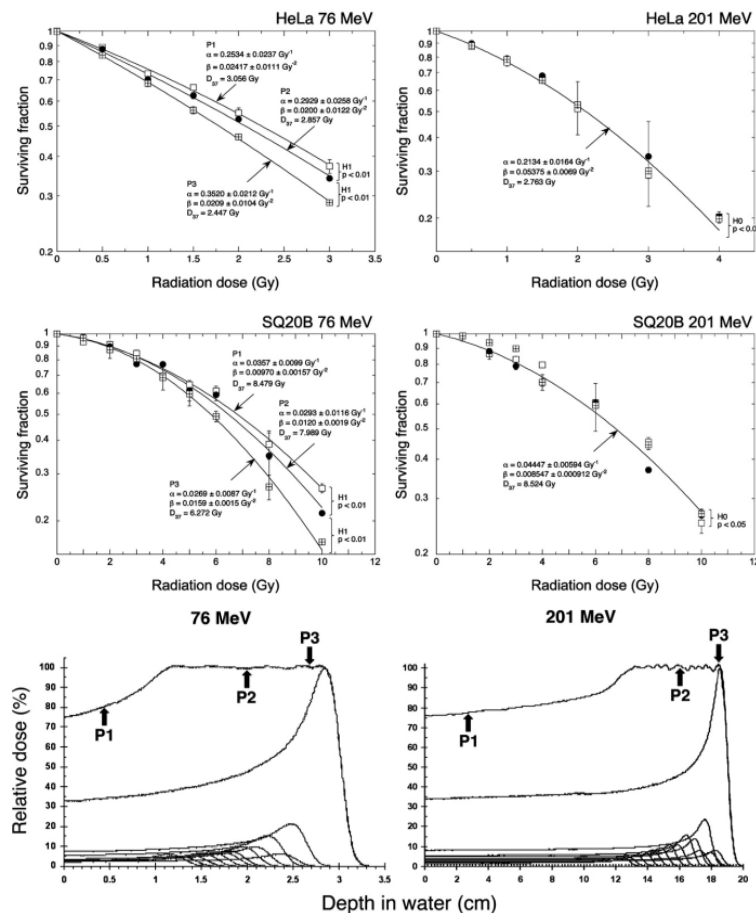


2) Simulations et mesures de la **dose due aux neutrons secondaires** reçue par des patients pédiatriques lors d'un traitement intracrânien par PT

✓ Estimation des doses dues aux neutrons secondaires reçues par les patients en protonthérapie : cas des traitements ophtalmologiques. F.Martinetti, Phd thesis, 2009

✓ Monte Carlo simulation of a proton therapy beam line dedicated to intracranial treatments, R.Sayah, Phd thesis, 2012

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche: Radiobiologie (IC – Recherche)



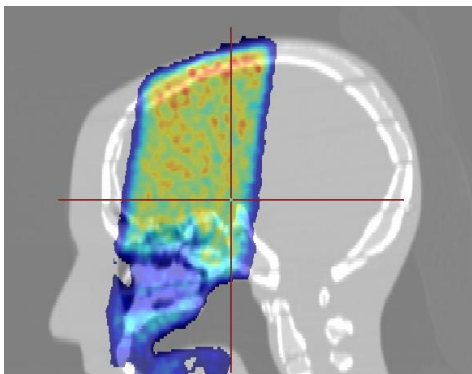
Caractérisation de l'EBR pour un faisceau de proton à 76MeV et 201MeV : dépendance du type de cellule et de la position sur le SOBP

✓ Radiobiological characterization of two therapeutic proton beams with different initial energy spectra used at the Institut Curie proton therapy centre in Orsay, V. Calugaru, Phd thesis, 2011

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche: Physique (SHFJ)

2009 – 2012: collaboration avec le CEA – Service Hospitalier Frédéric Joliot

✓ **Modélisation** MonteCarlo d'une **camera TEP** pour l'évaluation du parcours en PT



Activité mesuré sur camera TEP
d'un fantôme tête RANDO
après irradiation avec un faisceau de protons

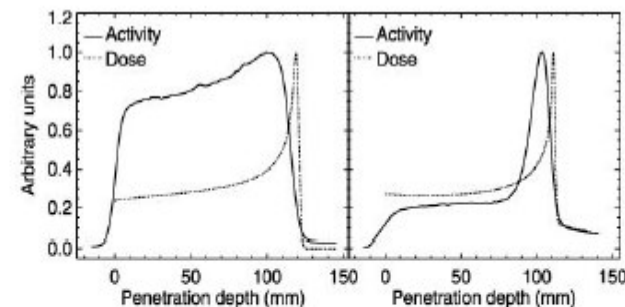


Fig. 1: Measured beta + activity depth profiles (solid line) for proton (left) and carbon ion (right) irradiation of PMMA targets at 140 MeV and 259.5 MeV initial energy, respectively. The dotted line shows the calculated relative dose distributions. Due to the lack of projectile fragments, no maximum of beta plus activity is formed close to the dose maximum in the proton case (left) in contrast to carbon ions (right).

✓ **Monte Carlo PET Camera Modelling for Proton Range Evaluation in Proton Therapy,**
C.Van Ngoc Ty, Phd thesis 2012,

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche: Physique (IMNC – SHFJ - LPC)

2012 - : collaboration avec CNRS (centre d'Imagerie et Modélisation en Neurobiologie et Cancérologie (IMNC) - Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC) Clermont Ferrand et CEA (SHFJ)

- ✓ Améliorer l'index thérapeutique du traitement en Protonthérapie via le **monitoring online de la dose**



Irradiation d'un fantôme en PMMA de $5 * 5 * 10$ cm³ avec un faisceau de proton de 86.8 MeV au CPO (4 Gy délivrés au pic de Bragg) + blocs de détection:

- ✓ Validation du code Monte Carlo GATE pour la détermination du parcours dans des fantômes anthropomorphiques
- ✓ Mettre au point un démonstrateur pour vérifier en ligne et en temps réel la position distale lors de traitement par hadron thérapie

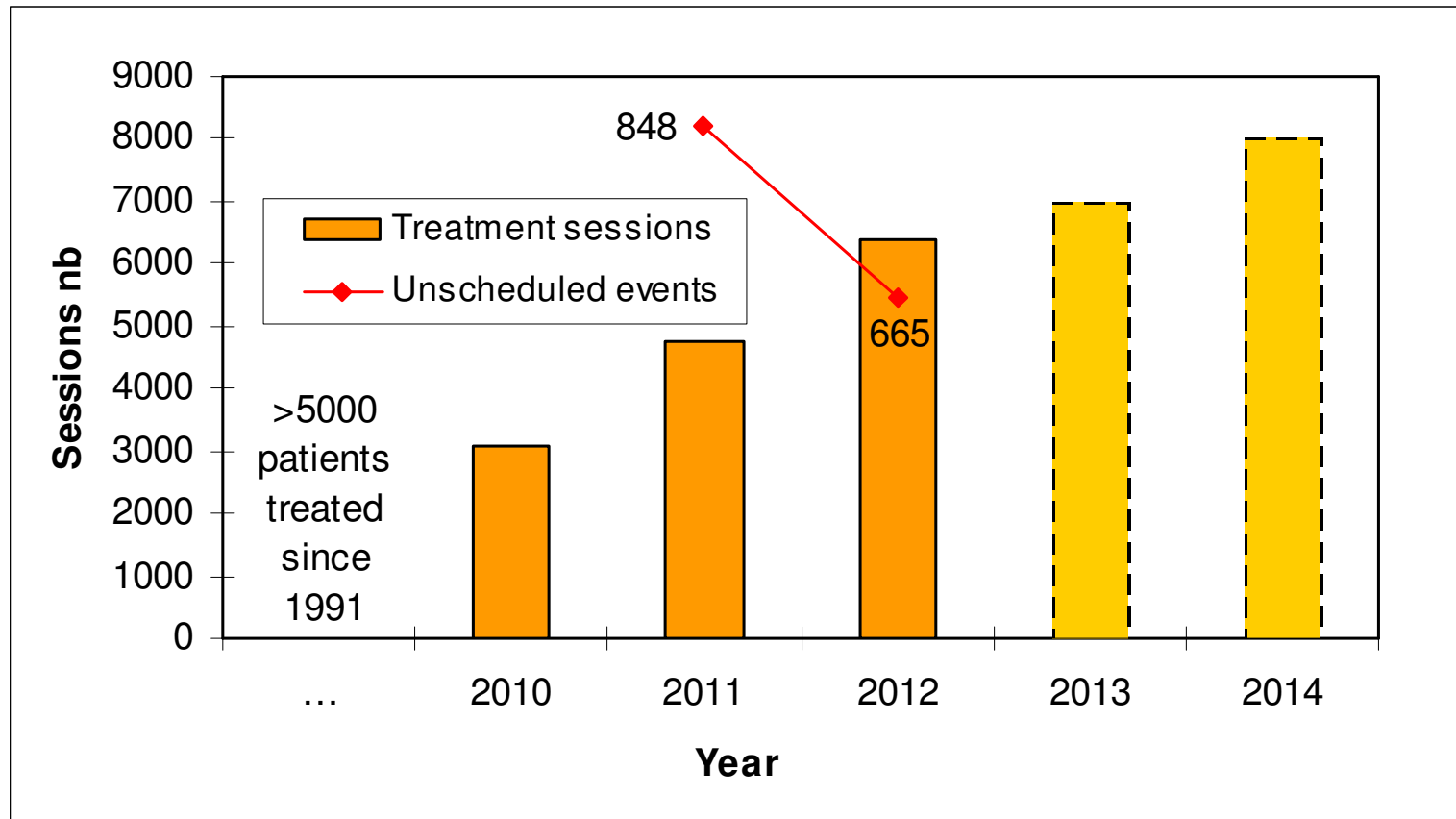
✓ PET- based dose monitoring for proton therapy: preliminary assessment of the influence of an accurate beam modeling on the simulated β^+ activity spatial distributions. C. Robert et al.
PTCOG52 2013

Plan

- 1) Le Centre de Protonthérapie d'Orsay: de la clinique à l'expérimentation**
- 2) Les collaborations du CPO en physique et radiobiologie**
- 3) Le CPO comme plate-forme d'irradiation**

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation, mais avant tout l'activité clinique

Sessions vs unexpected events at ICPO (and expectations)



Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation pour la recherche: 2012 - France Hadron

- ✓ Mise à disposition de **300h d'expérimentations** par an
- ✓ Nécessité d'une **ligne dédiée** aux expériences (contraintes liées à la radioprotection, aux dispositions sanitaires) => pré-étude de faisabilité
- ✓ **Adaptation** moyen terme d'une de **salle de traitement existante** => faisceau 201 MeV en salle Y2 dernier trimestre 2013

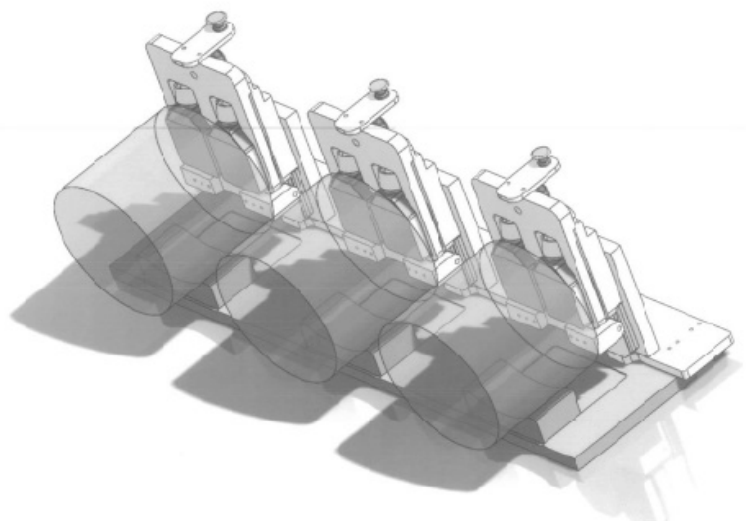
Adaptation faisceau	ETP
Optique faisceau: transport, allocation, sécurités Caractérisation banc optique: diffuseur, filtre binaire, modulateurs selon faisceau Systèmes de mesure: banc optique + isocentre Commissioning TPS	6: AP, JDB, EB, JA, FM, CN 4: CN, EH, EB, AP 1: CN + % phys 1: LDM
Adaptation mécanique & bâtiment	
Adaptations système de mesure: matériel et mécanique (étude et réalisation) Adaptations pour expérimentations: porte échantillons + utilisation robot remot (report d'écrans et teach robot de salle de traitement à pupitre de commande) Infrastructure & lentille: sécurisation (gamma4, pont), manutention Aménagement salle: petit local / mur / informatique Adaptation du local de préparation: aménagement + ventilation Radioprotection: mise en place d'un détecteur Disposition sanitaire	2: EH, CN 5: MA, EB, CN, FP, EH 2: LF, JDB 2: LF, EB 1: LF, HCF 2: SD (ADO), JDB 1: HCF

- ✓ Aménagement d'une **salle de préparation** pour les expérimentateurs

16

Le IC-CPO, plate-forme d'irradiation

- ✓ **Début expérimentations** premier semestre 2013 en salle Y1 (201 MeV): collaboration avec le CNRS – centre d'Imagerie et Modélisation en Neurobiologie et Cancérologie (IMNC) – et l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO)
- ✓ Projet: Améliorer les performances de la Protonthérapie avec des **nanoparticules**
- ✓ **Irradiations in vitro et in vivo** (dernier trimestre 2013) à 201 MeV, dose de 0.5 à 10 Gy => création d'un porte échantillon pour optimiser l'occupation de la salle



Conclusions

- ✓ Implication constante de l'Institut Curie – CPO dans les activités de recherche liées aux améliorations de la connaissance des effets des traitements par Protonthérapie
 - ✓ Depuis 2012 implication de l'IC - CPO dans le contexte France Hadron
 - ✓ Nouvelle ligne dédiée expériences
 - ✓ Plate-forme de radiobiologie
 - ✓ Promotions des collaborations avec les laboratoires du campus d'Orsay et nationaux
 - ✓ Etablissement des procédures pour la cohabitation de l'environnement expérimentale avec le clinique (dispositions sanitaires, radioprotection, salle en état nominale pour les traitements...)
-

Merci

Questions?...

<http://protontherapie.curie.info/>

