



Conseil scientifique de l'IN2P3

ARCHADE

un centre de ressources pour l'hadronthérapie

Jean Colin

Enseignant UCBN

Chercheur au LPCCAEN UMR 6534

Groupe AMI Applications Médicales et Industrielles

25 et 26 juin 2015

Cancer en France : ~ 300 000 nouveaux cas/an ~ 150 000 radiothérapies photons par an

➤ *Guérison: 45%*

- *22% chirurgie*
- *9% chirurgie + radiothérapie*
- *9% radiothérapie exclusive*
- *5% chimiothérapie*

➤ *Objectif*

- *Diminuer effets sur les tissus sains*
- *Augmenter efficacité anti-tumorale*

➤ *Radiothérapie*

- *IMRT, Cyberknife, Tomothérapie*

➤ *Echec: 55%*

- *18% échec local*
- *37% métastases*

➤ *Moyens*

- *Balistique*
- *Efficacité biologique*

&

Hadronthérapie

Les rayonnements ionisants

Les particules neutres

*Photons X de 1 à 30 MeV
utilisés en radiothérapie*

Les particules chargées

*Protons de 90 MeV à 290 MeV
utilisés en protonthérapie*

*Ions carbone de 50 à 400 A.MeV
utilisés en carbone-thérapie*

hadronthérapie

Imagerie commune pour tout traitement : Photons X de 30 keV à 150 keV

Centres de traitement : Etat des lieux

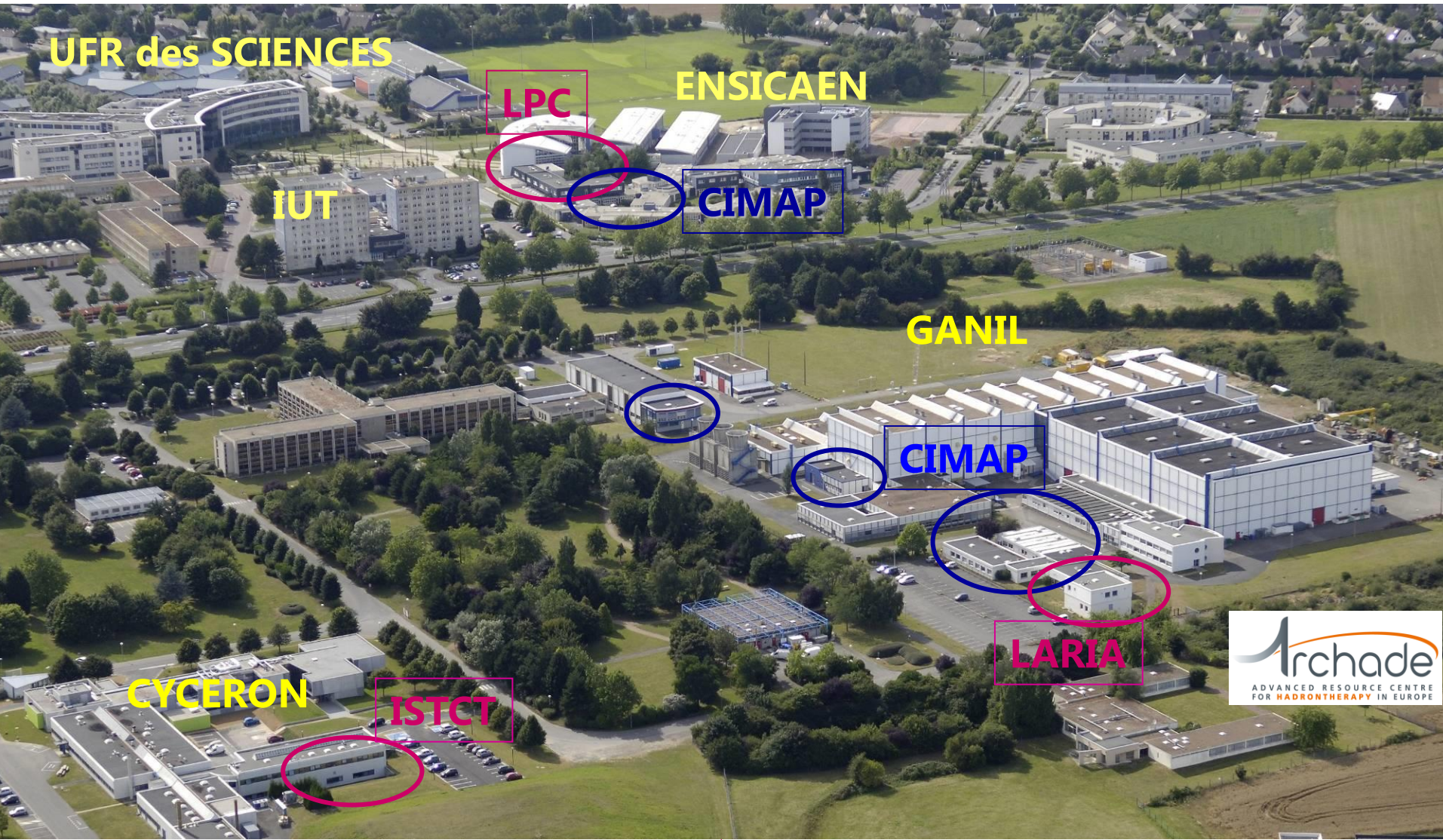
- 50 centres de traitement par faisceau de protons dans le monde
106000 patients traités depuis les années 1990
en pleine expansion de nombreux projets
2 centres en France :
Centre de Protonthérapie d'Orsay et Centre Antoine Lacassagne Nice
- 8 centres de traitement par ions carbone
4 au Japon, 2 en Chine, 1 en Allemagne et 1 en Italie
13000 patients traités depuis les années 2000
évolution lente
1 seul programme carbone lancé en France :
ARCHADE (Advanced Resource Centre for HADrontherapy in Europe)
(projet ETOILE LYON gelé)

ARCHADE

LE CENTRE DE RESSOURCES lancé le 3 décembre 2014



localisation



+ CHU + CRLCC Baclesse

LE PROGRAMME

- **créer un Centre Européen de Ressources en hadronthérapie à Caen pour le traitement et pour la recherche**
- **Constituer une filière industrielle pour la fabrication, la commercialisation et l'utilisation d'accélérateurs permettant des traitements par hadronthérapie**

3 volets au programme

Deux volets scientifiques et un volet industriel :

- un volet **sanitaire traitement en protons** : 1ère phase du projet lancée le 3 décembre 2014

Contrat bâtiment avec SOGEA

et contrat avec IBA SA pour l'achat d'un accélérateur protons de nouvelle génération

- un volet **recherche sur les ions carbone avec le C400**
- un volet **industriel** : Création d'une entreprise détenue majoritairement par un consortium d'industriels nationaux pour
 - développer un cyclotron de 2ème génération
 - constituer une filière industrielle pour la fabrication, la commercialisation et l'utilisation de ces accélérateurs à usage thérapeutique

Calendrier du programme

- Mi Mai 2014 Signature des baux pour le terrain
- 02 octobre 2014 Augmentation de capital de CYCLHAD et autorisation signature du contrat CEB et de la documentation projet: CCRMO pour le bâtiment et contrat d'achat du Proteus One

- **3 décembre 2014** **Signature de ces contrats**

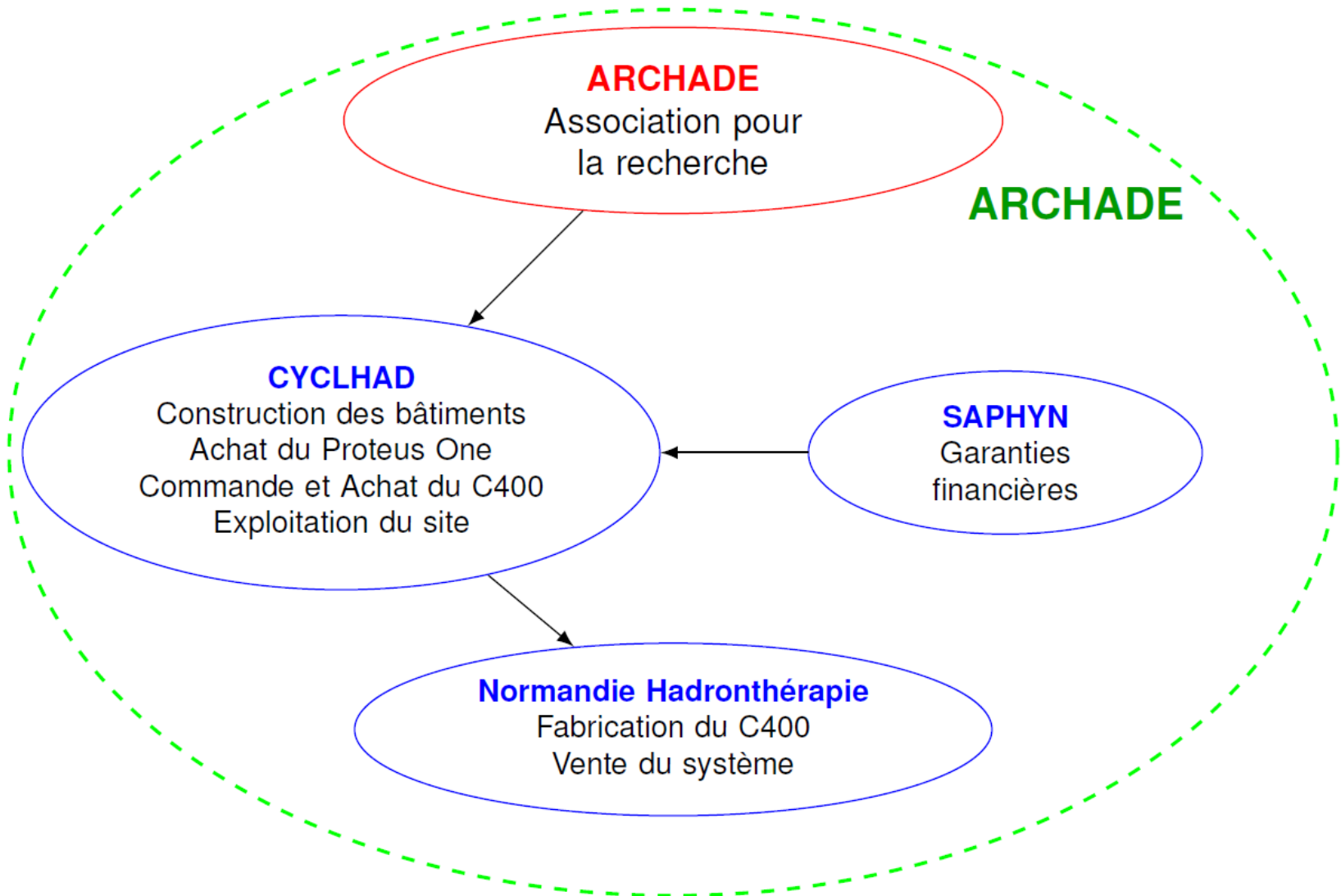
décembre 2014 : entrée en vigueur des contrats

- Juin 2015 Dépôt permis de construire (PC) et dossier ICPE
- Juin 2015 Signature des contrats de prêts avec banques commerciales (CA et LCL)

fin 2015 : début du développement du C400

- Avril 2016 Début des travaux du bâtiment
- Septembre 2017 Livraison et installation du Proteus One (S2C2)
- Fin 2018 Fin des travaux du bâtiment
- Fin 2018 Traitement des premiers patients en protons
- Fin 2019 / 2021 Début des travaux de recherche sur le carbone avec les équipements du centre ARCHADE (SRTH)

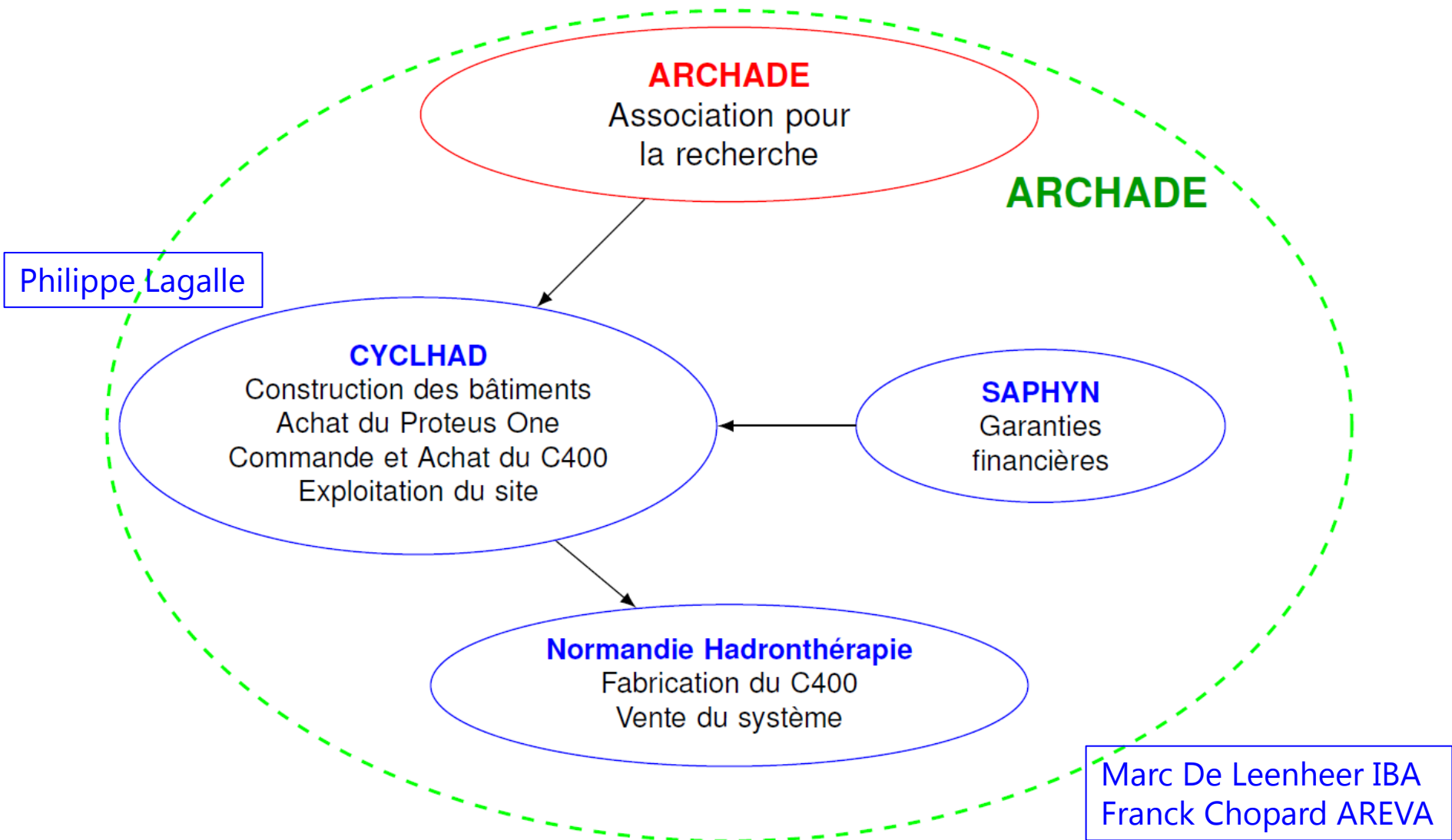
ARCHADE : les entités



ARCHADE :

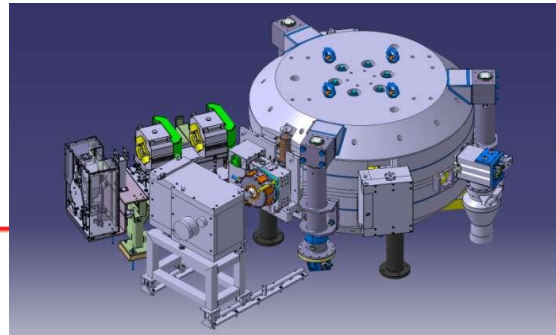
les entités - les interlocuteurs

Khaled Meflah, Jean Louis Habrand,
Daniel Cussol, Carine Laurent

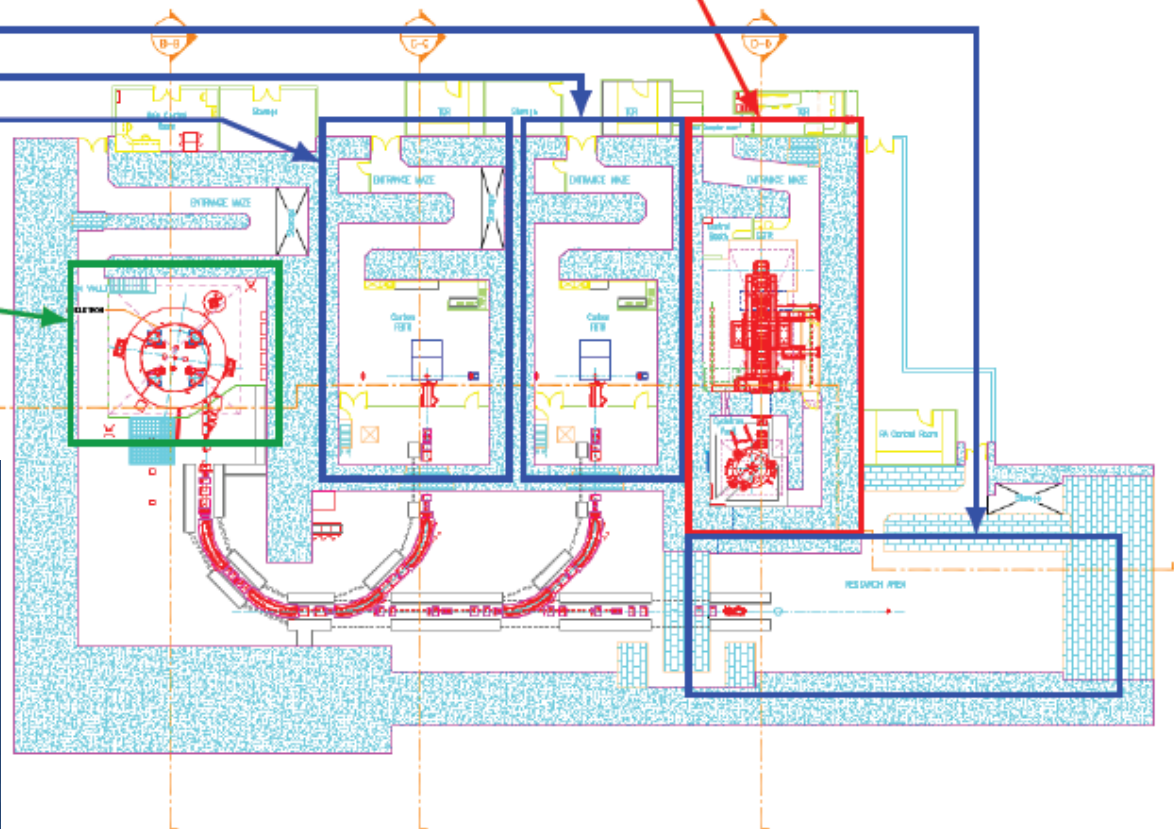


■ Hadrontherapy center :

- ▶ Protontherapy treatments
Proteus One (S2C2)
Protons at 250 MeV
- ▶ Research in carbon-therapy
 - Physics
 - Biology
 - Clinical testing

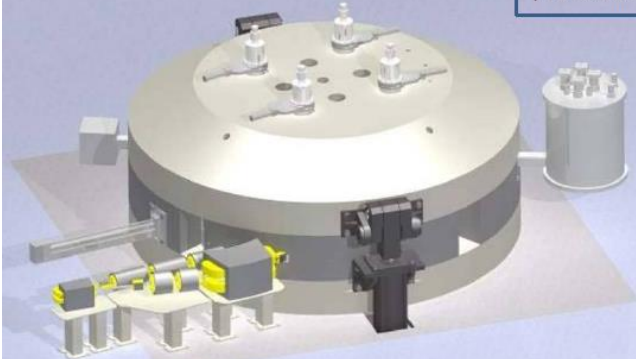


■ Supraconducting Cyclotron C400
 ^{12}C at 400 MeV/u
Protons at 250 MeV
All light nuclei with $A/Z=2$



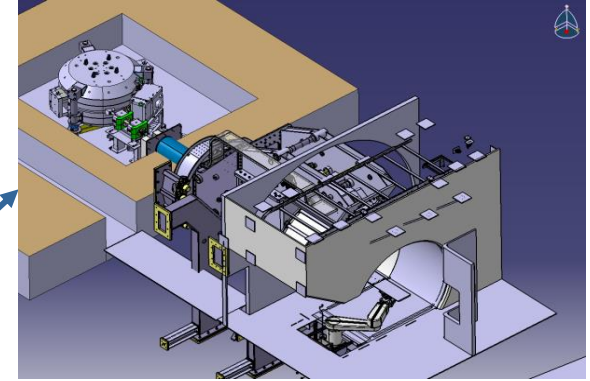
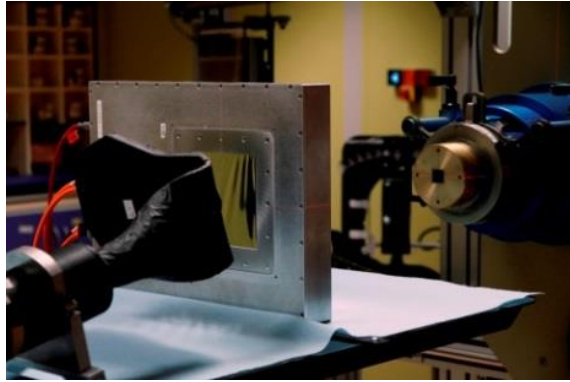
Cyclotron cryogénique (C/p)

C : 400 MeV/u
p : 250 MeV

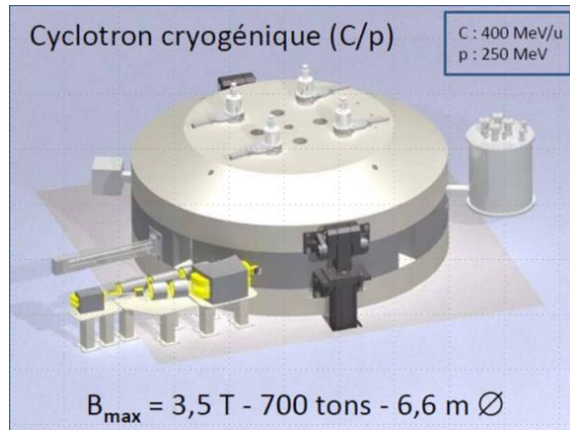


$B_{\text{max}} = 3,5 \text{ T} - 700 \text{ tons} - 6,6 \text{ m } \varnothing$

Les apports de la physique nucléaire à l'hadronthérapie faisceaux & machines



sources d'ions
&
accélérateurs
&
lignes faisceau
&
têtes d'irradiation



volet industriel ARCADE : Normandie Hadronthérapie

Le volet industriel ARCHADE

- le volet industriel d'ARCHADE : Création d'une entreprise détenue majoritairement par un consortium d'industriels nationaux pour
 - développer un cyclotron de 2ème génération
 - constituer une filière industrielle pour la fabrication, la commercialisation et l'utilisation de ces accélérateurs à usage thérapeutique

Pilotage : Marc De Leenheer Executive Project Director IBA
 Franck Chopard AREVA

Discussions en cours - consortium d'entreprises fin 2015

Compétences de l'IN2P3 importantes au niveau : sources d'ions, accélérateurs, lignes faisceau, sorties faisceau dans les salles de R&D, hachage, balayages, têtes d'irradiation, Gantry

Rôle de l'IN2P3 dans Normandie Hadronthérapie
 totalement ouvert au stade des premières discussions

Les apports de la physique nucléaire à l'hadronthérapie

le programme scientifique

Préambule :

Objectif clinique du programme ARCHADE : mettre un patient en recherche clinique sur le C400 dans 5-6 ans

Le programme de recherche en physique, instrumentation, modélisation, imagerie qui va suivre a été construit par le groupe AMI du LPCCAEN avec cet objectif prioritaire en ligne de mire. Ce programme doit évidemment être ouvert et évoluer au fil du temps et des connaissances.

il comporte :

Une partie des programmes présentés par Philippe Moretto , Gérard Montarou et Denis Dauvergne et une partie plus spécifique au nœud Caennais et à ARCHADE qui sera plus développée

Radiothérapie conventionnelle

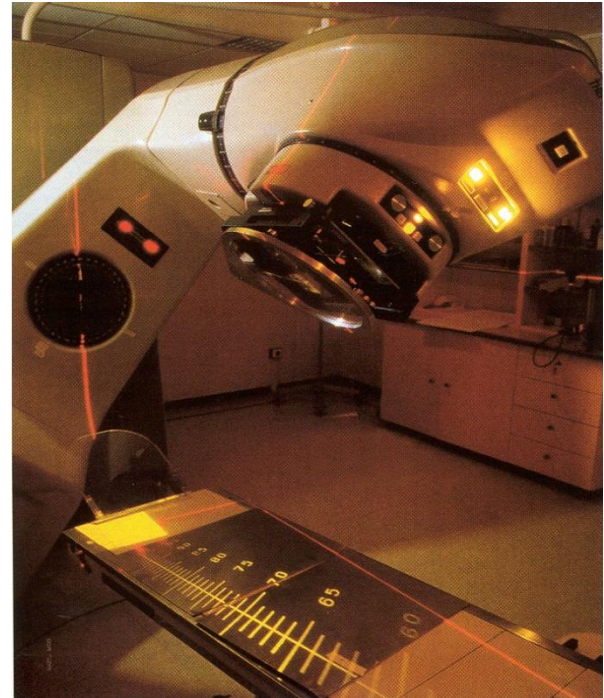
Radiographie X Imagerie X scanner



Énergies des X ~ 100 keV



Radiothérapie X
appareil de radiothérapie
tête isocentrique

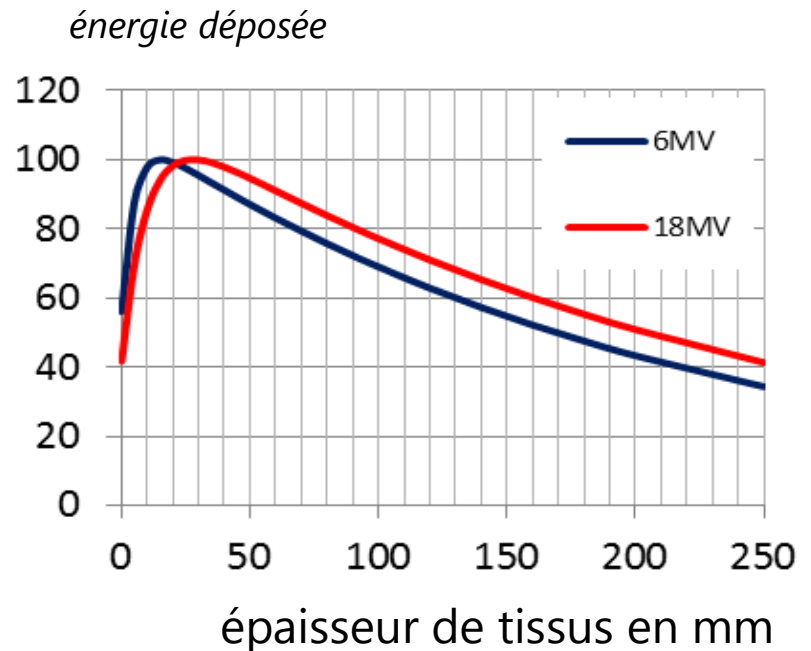
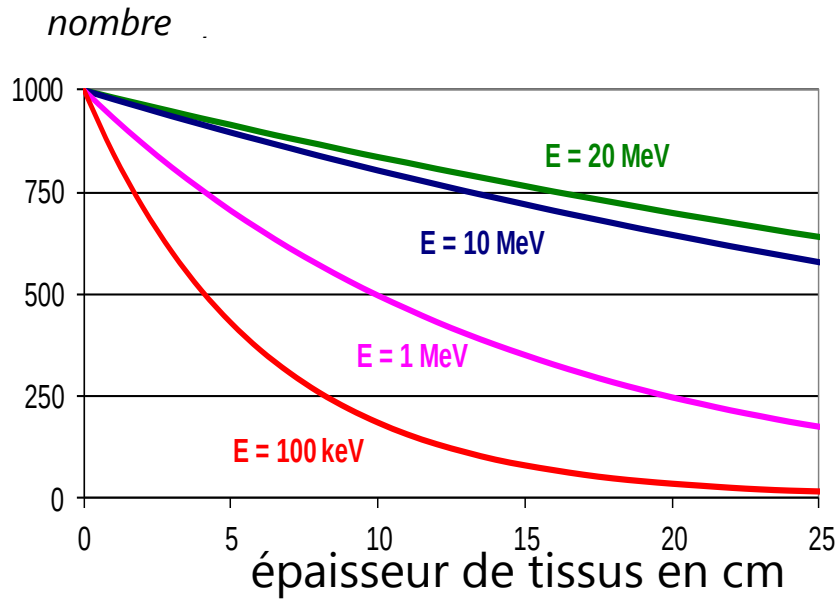


*Énergies des rayons X
de 1 à 30 MeV*

Cohérence imagerie X – thérapie X

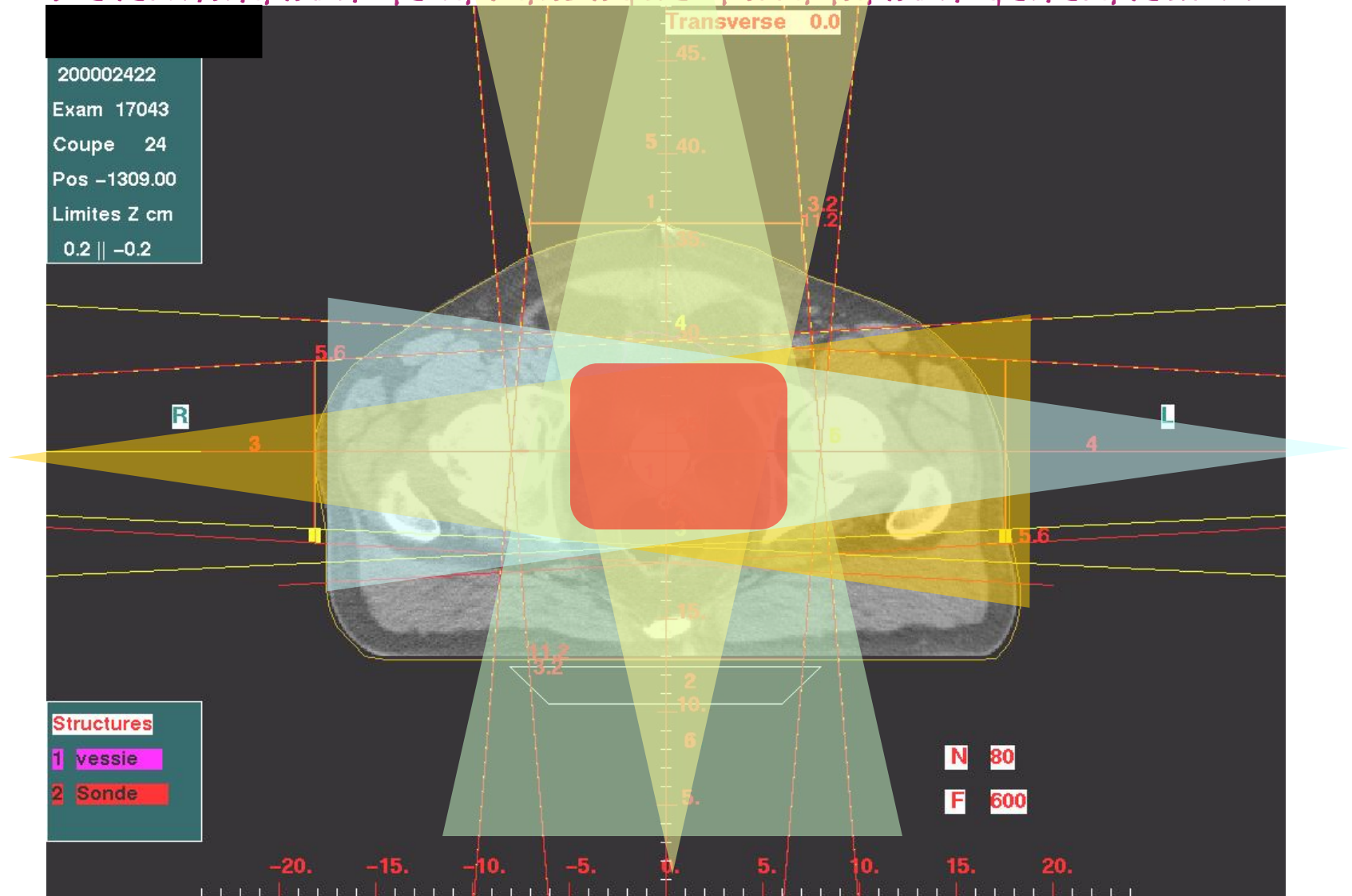
Radiothérapie conventionnelle

interaction des photons avec les tissus



RADIOTHÉRAPIE EXTERNE

Détermination de la balistique d'irradiation générateur X



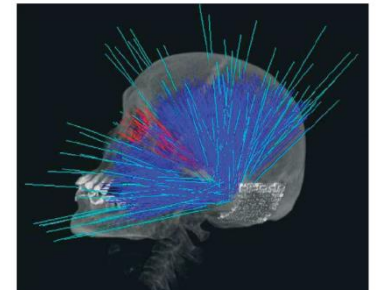
Comment on améliore la balistique en X IMRT & Tomothérapie & CyberKnife



Tomothérapie

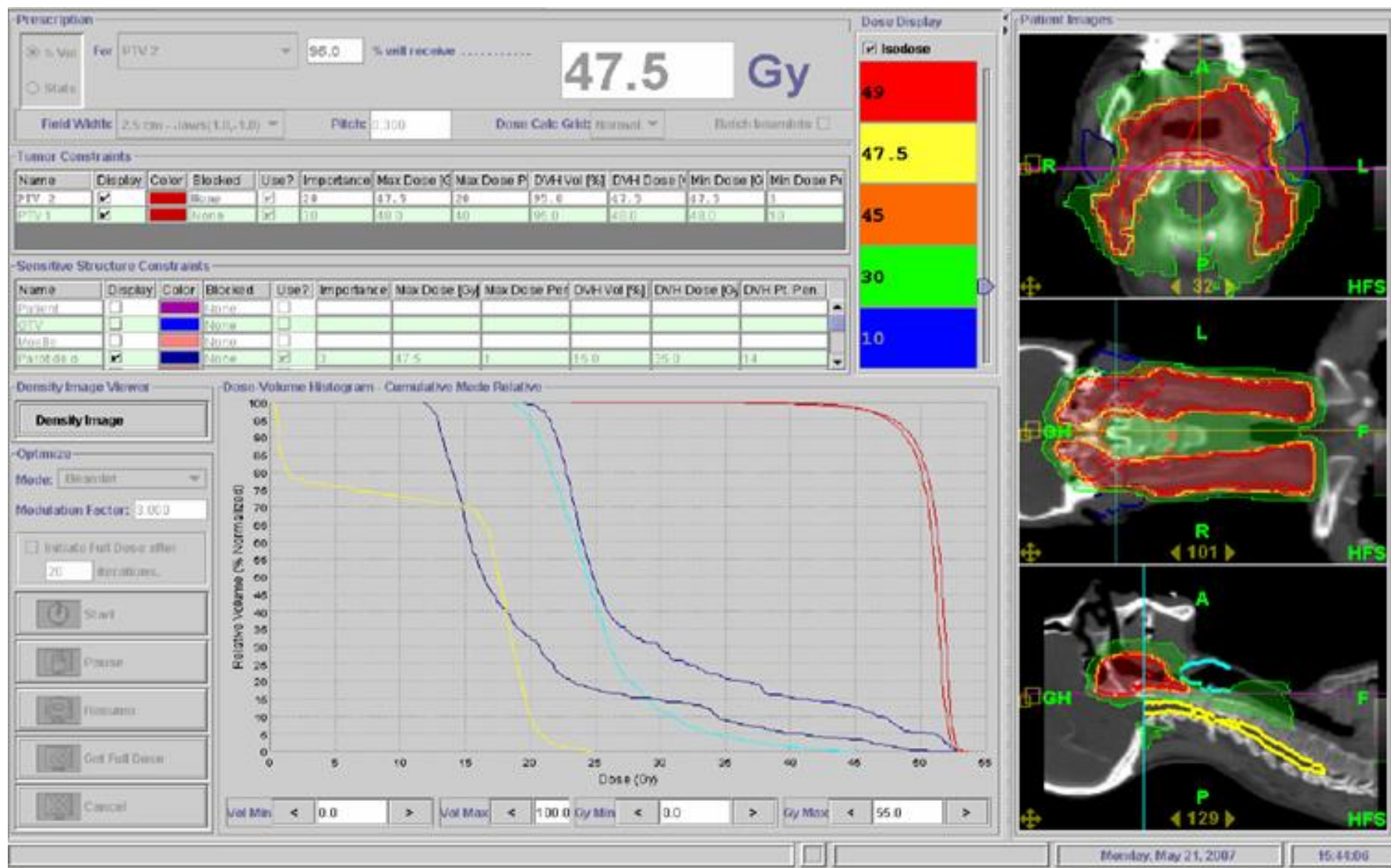


CyberKnife



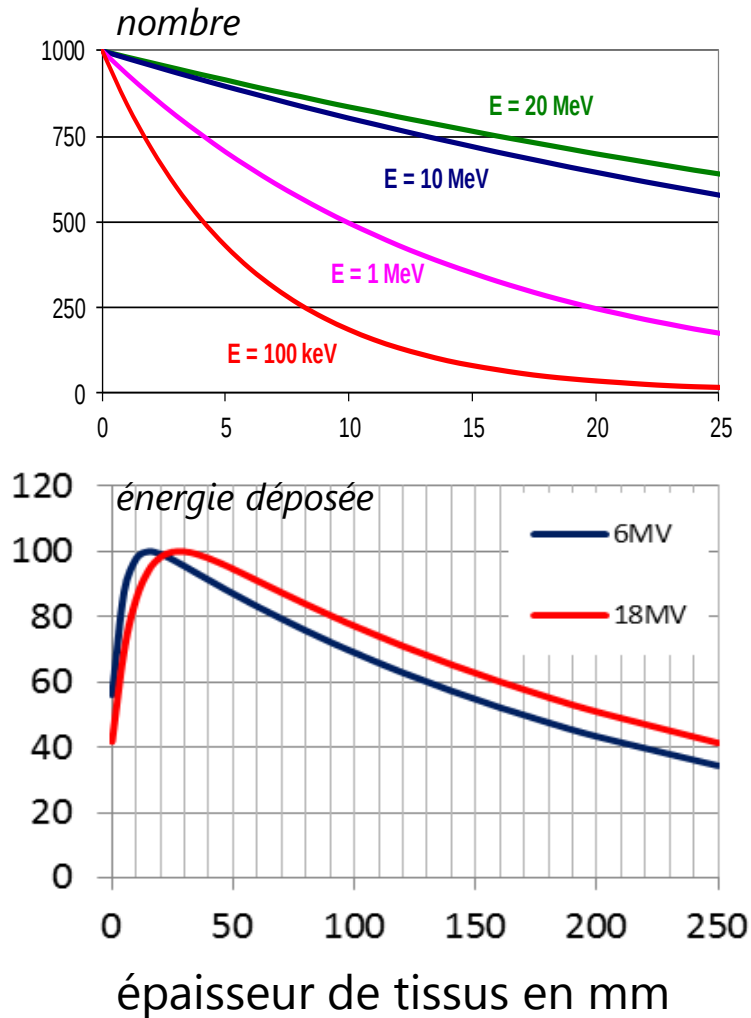
Meilleure balistique mais délivrance de la dose différente

Exemple de planification de traitement (TPS) de tomothérapie

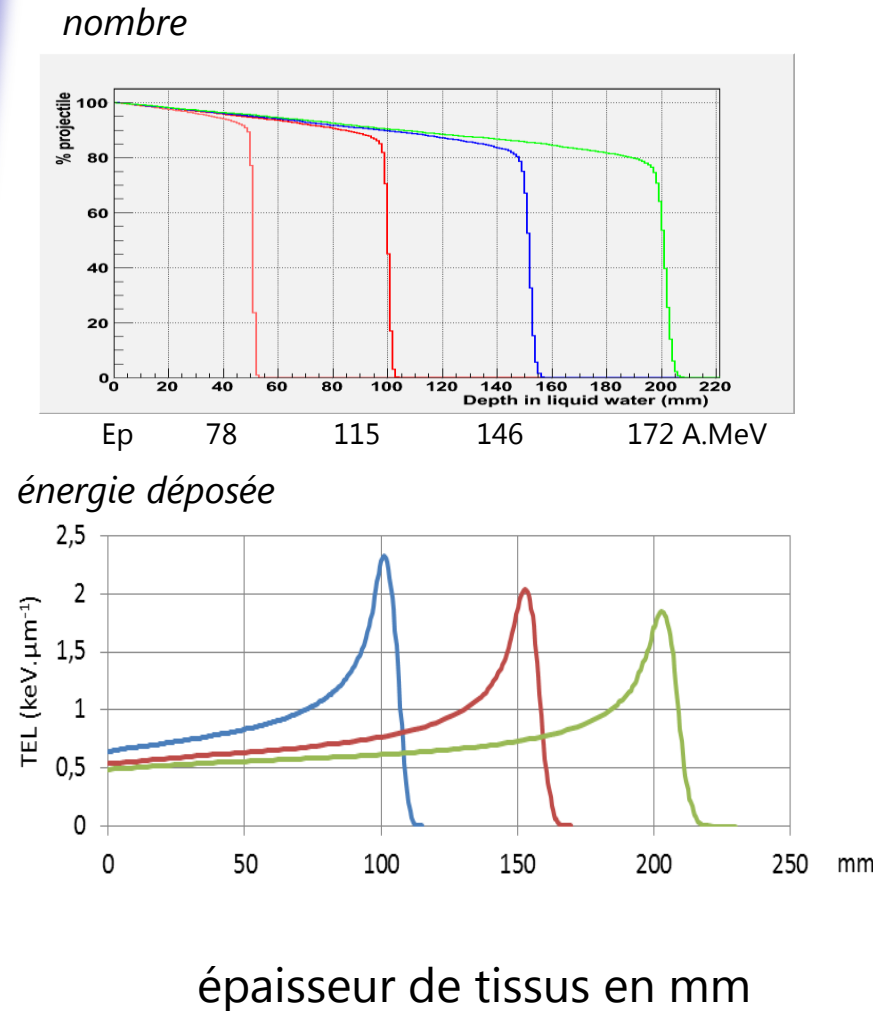


Comment améliorer la balistique ?

Les photons



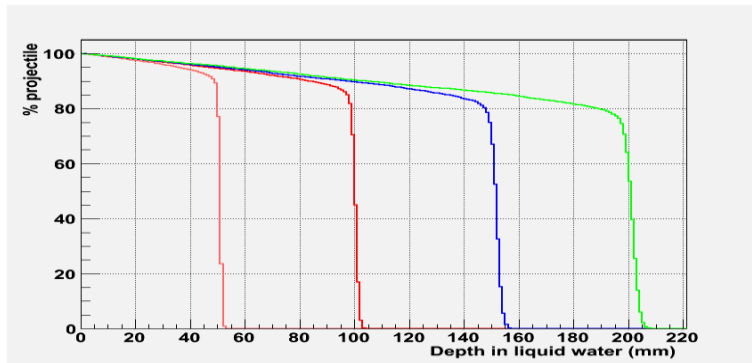
Les protons



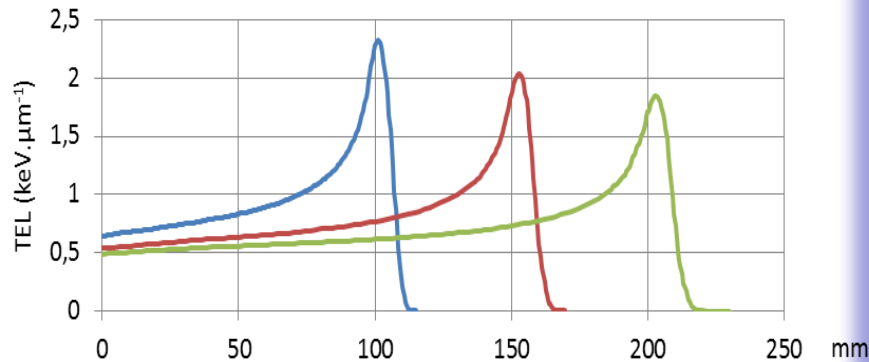
Comment encore améliorer la balistique ?

Les protons

nombre



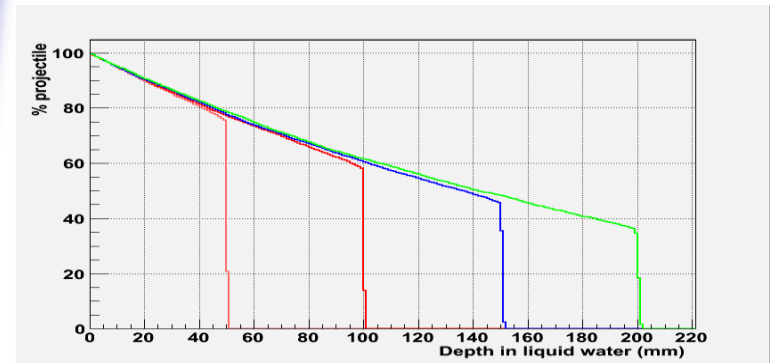
énergie déposée



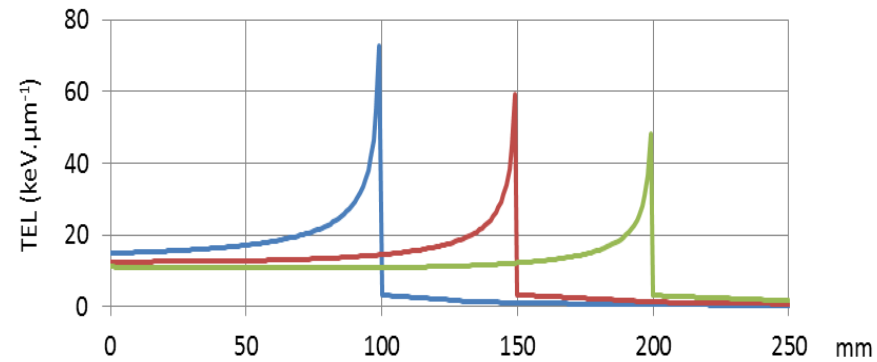
épaisseur de tissus en mm

Les ions carbone

nombre



énergie déposée



épaisseur de tissus en mm

Avantages C : TEL oui mais EBR ? balistique en fait non, queue de fragmentation ?

z start (mm)

z stop (mm)

N beams

generate basis

X filed size (mm)

Y filed size (mm)

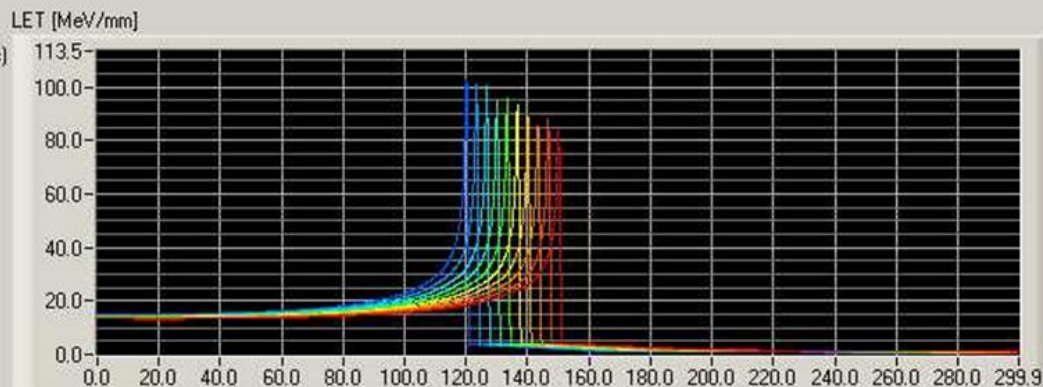
field surface (cm²)

field volume (cm³)

energy tuning duration (s)

tot tuning duration (s)

particle

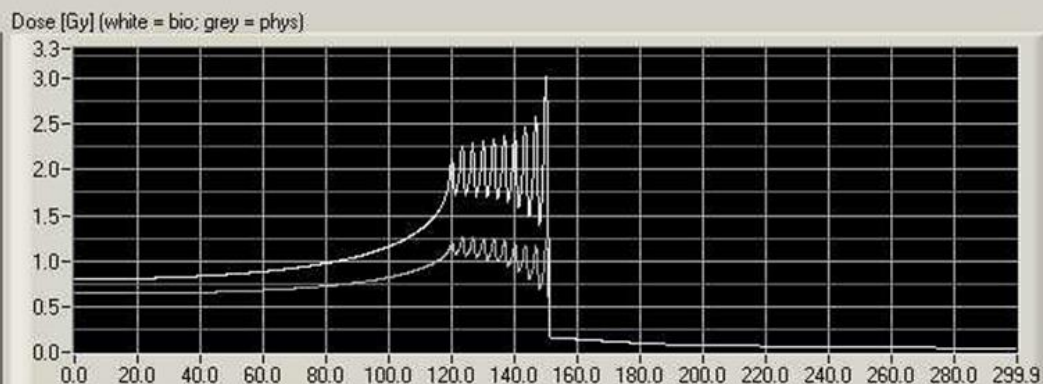
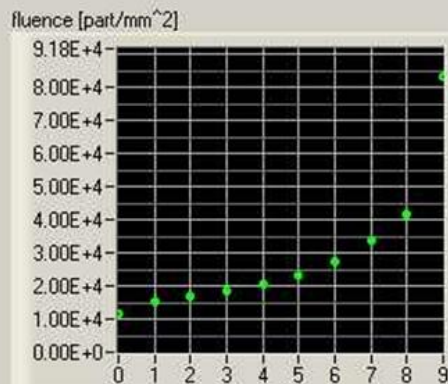


required dose (Gy)

compute SOB

standard deviation (%)

display RBE model



beam spot size (mm)

beam spot step (mm)

number of spots

scanning bandwidth (Hz)

scanning resolution (mm)

step OFF duration (ms)

total step OFF duration (s)

1 spot ON duration (ms)

max. beam intensity (pA)

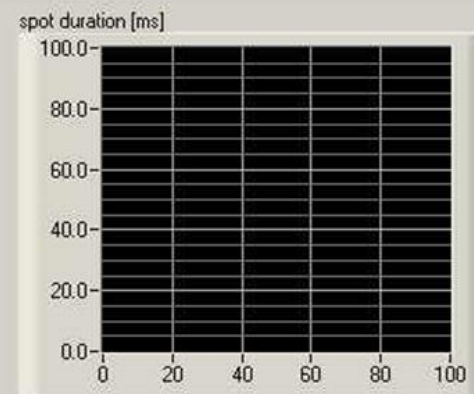
total beam ON duration (s)

max. beam intensity (pA)

max. beam axis fluence rate (part/mm².s)

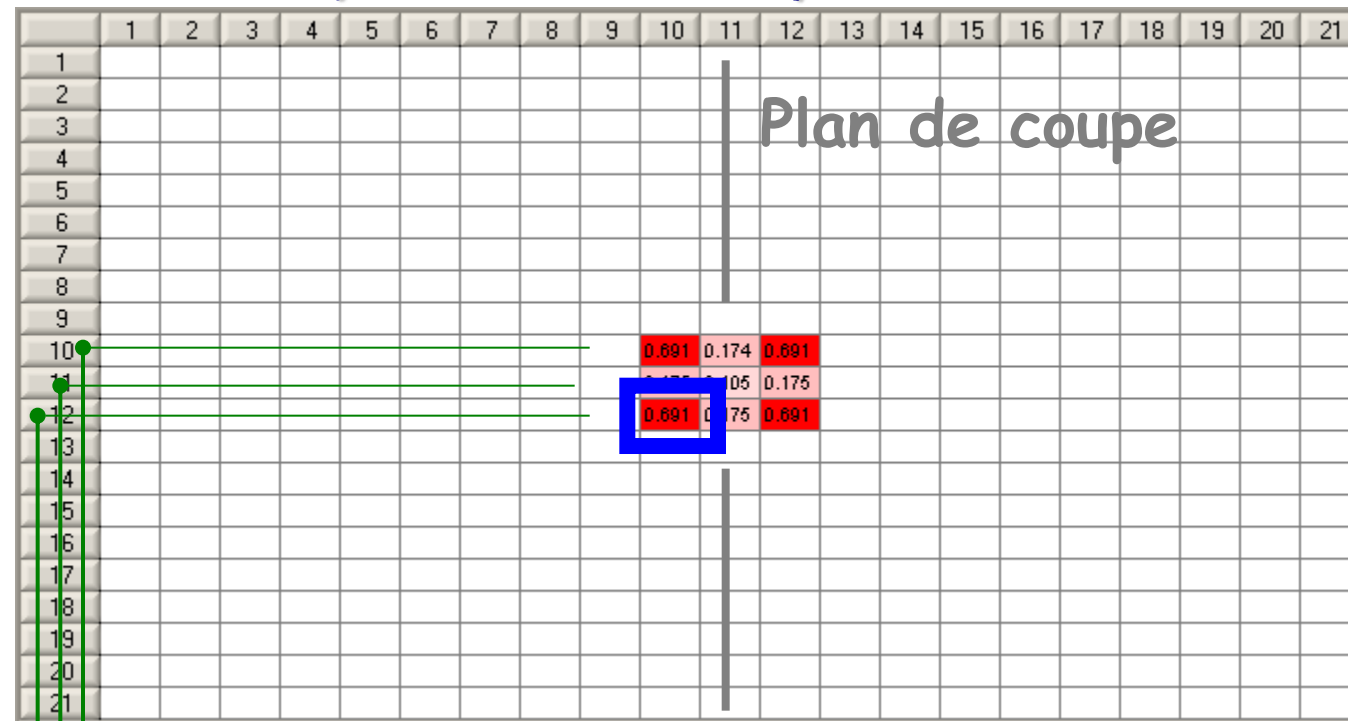
max. dose rate at beam entry (Gy/s)

total beam ON duration (s)

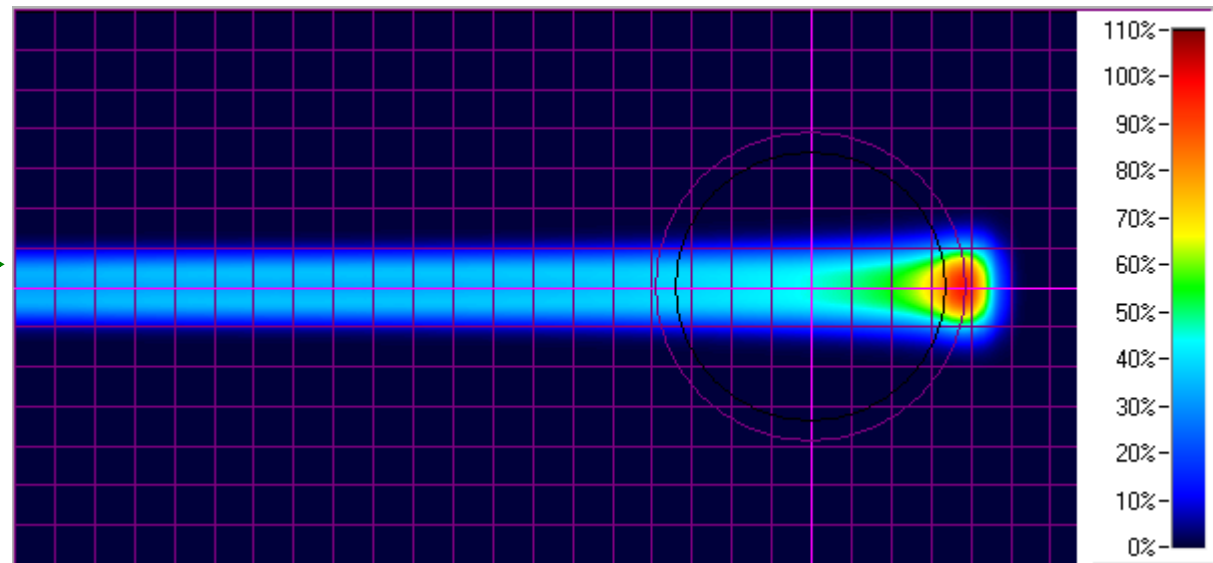


step & shoot

Traitement par faisceaux balayés



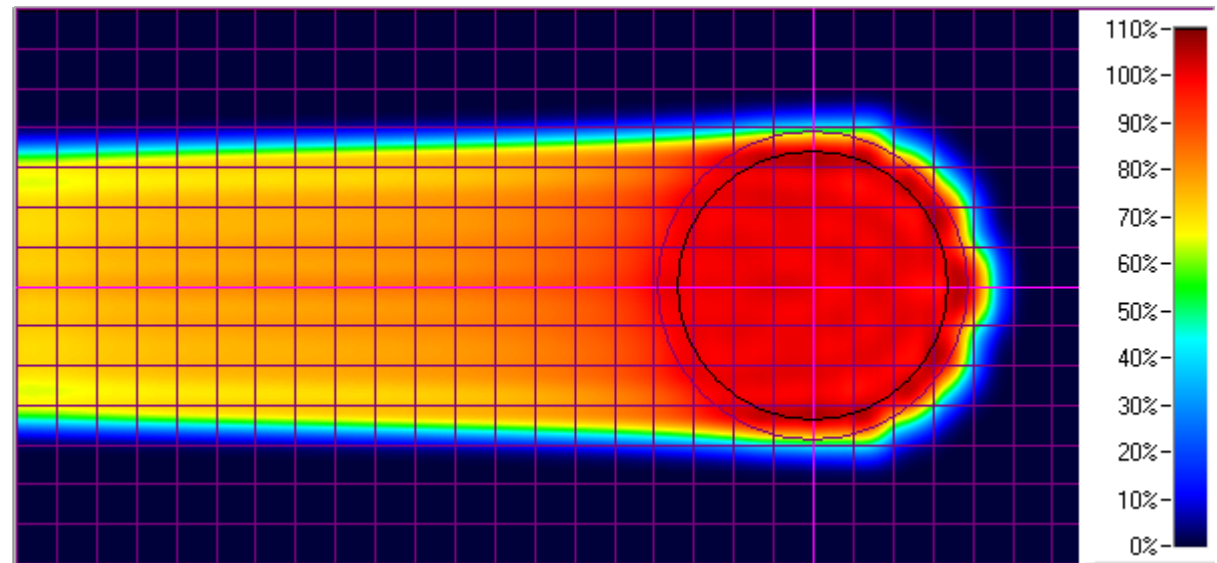
Irradiation
du plan distal



Traitement par faisceaux balayés

Irradiation
du volume
complet

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10										0.044	0.024	0.044									
11										0.023	0.000	0.023									
12										0.045	0.023	0.044									
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					



Traitement par faisceaux balayés

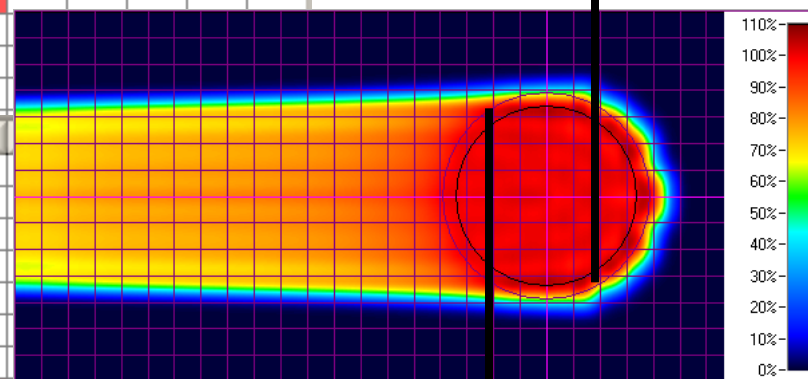
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1																					
2																					
3																					
4																					
5									0.281	0.347	0.333	0.346	0.281								
6								0.235	0.016	0.000	0.000	0.000	0.019	0.230							
7							0.229	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.230						
8						0.230	0.015	0.000	0.019	0.027	0.007	0.027	0.019	0.000	0.013	0.230					
9				0.282	0.018	0.000	0.021	0.059	0.067	0.059	0.066	0.059	0.019	0.000	0.019	0.280					
10			0.346	0.000	0.000	0.000	0.026	0.067	0.000	0.000	0.000	0.067	0.028	0.000	0.000	0.347					
11			0.333	0.000	0.000	0.000	0.005	0.060	0.000	0.159	0.000	0.061	0.006	0.000	0.000	0.334					
12			0.346	0.000	0.000	0.000	0.027	0.067	0.000	0.000	0.000	0.066	0.027	0.000	0.000	0.346					
13			0.281	0.019	0.000	0.020	0.059	0.068	0.060	0.067	0.059	0.018	0.000	0.017	0.282						
14				0.232	0.013	0.000	0.020	0.028	0.006	0.028	0.019	0.000	0.015	0.232							
15					0.230	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.227								
16						0.232	0.018	0.000	0.000	0.000	0.019	0.231									
17							0.281	0.347	0.334	0.346	0.283										

$\Phi \neq 0.06$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3																
4																
5									0.070	0.058	0.046	0.060	0.071			
6								0.033	0.007	0.000	0.003	0.000	0.006	0.034		
7							0.027	0.000	0.007	0.008	0.012	0.010	0.005	0.000	0.029	
8					0.037	0.000	0.021	0.014	0.031	0.034	0.033	0.015	0.021	0.000	0.037	
9			0.070	0.006	0.006	0.017	0.000	0.016	0.013	0.016	0.000	0.016	0.006	0.006	0.071	
10		0.059	0.000	0.008	0.033	0.016	0.021	0.001	0.021	0.016	0.033	0.010	0.000	0.059		
11		0.046	0.004	0.015	0.034	0.012	0.002	0.006	0.002	0.012	0.032	0.013	0.005	0.046		
12		0.060	0.000	0.007	0.032	0.016	0.021	0.002	0.021	0.016	0.033	0.007	0.000	0.059		
13		0.069	0.005	0.005	0.015	0.000	0.016	0.012	0.016	0.000	0.016	0.005	0.006	0.071		
14			0.034	0.000	0.021	0.016	0.033	0.033	0.034	0.016	0.021	0.000	0.037			
15				0.028	0.000	0.004	0.008	0.012	0.008	0.006	0.000	0.028				
16					0.036	0.004	0.000	0.003	0.000	0.006	0.038					
17						0.070	0.058	0.046	0.058	0.071						
18																
19																
20																
21																

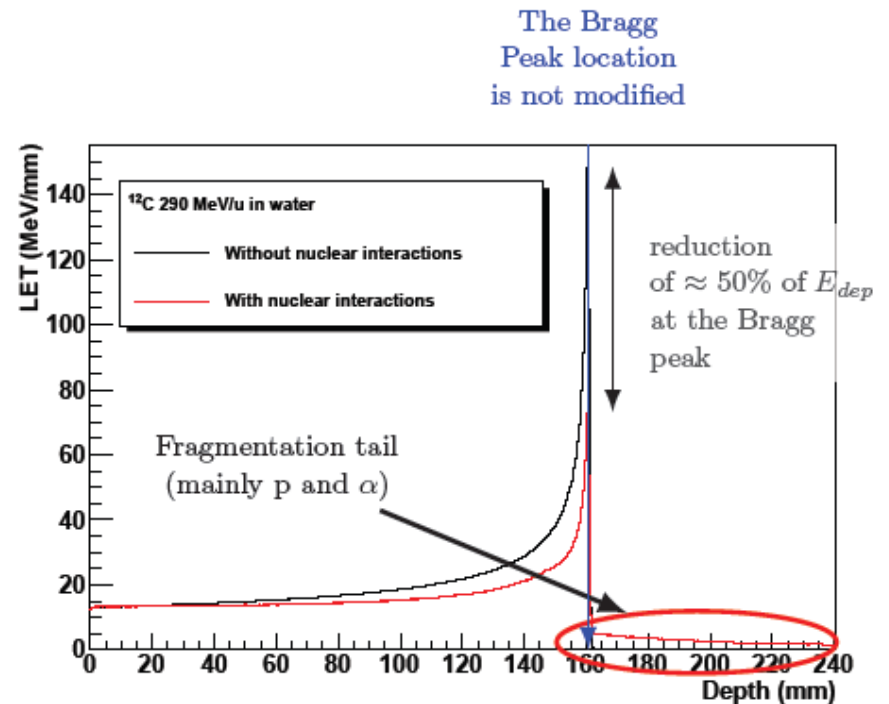
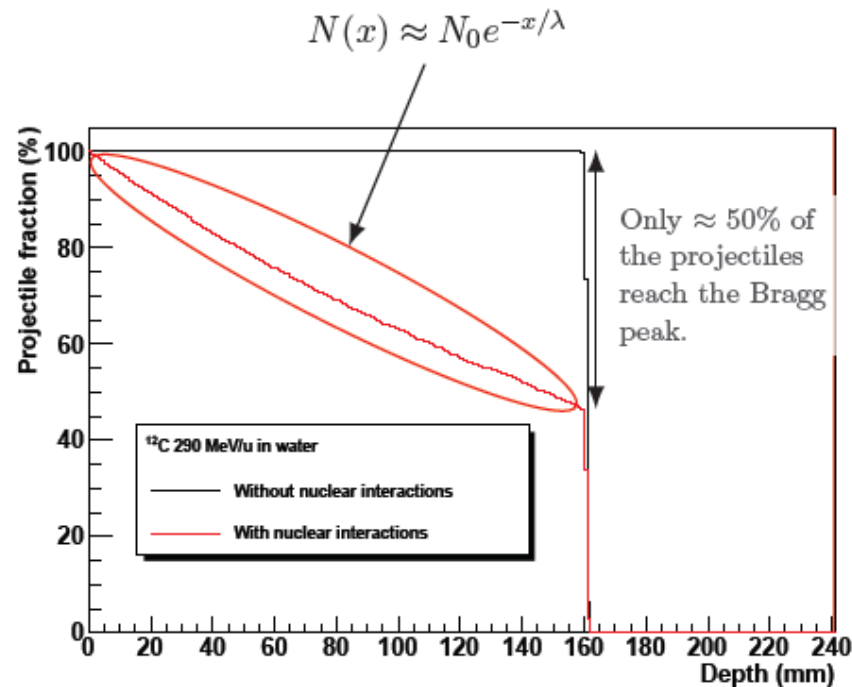
$\Phi_{\max} = 0.071$

$\Phi \neq 0.016$



Nuclear interactions and dose map

GEANT4 simulations



$$\int LET(x) dx = E_{proj}$$

$$\int LET(x) dx = 0.93 E_{proj}$$

- reaction cross section are crucial for the calculation of the dose map and for imaging

Pour les irradiations par ions carbone il faut avoir :

Maîtrise des conditions d'irradiation

maîtrise du contrôle faisceau sur de grandes dynamiques en intensité
(jusqu'à 1000 pencil beam)

et avec de grandes précisions (environ 1%)

maîtrise de la localisation (environ 1mm)

et tout cela si possible en ligne

Maîtrise des processus nucléaires

consommation des ions carbone et conséquences sur la dose

production de particules secondaires délocalisation de la dose

effets biologiques selon particule

mais aussi possibilités d'imageries de contrôle

En résumé

faisceaux	machine	Imagerie & contrôle	localisation de la dose latérale	localisation de la dose en profondeur	efficacité biologique EB
géné X	***	***	*	*	*
protons	**	??	**	***	*
carbone	*	??	***	**	*** ??

X, p, C : comportements différents

⇒ outils de traitement complémentaires

??? ⇒ R&D indispensable : imagerie, valeurs précises de EB, effet oxygène,
tumeurs radiorésistantes, effets cliniques ...

Effets sur les tissus sains ...

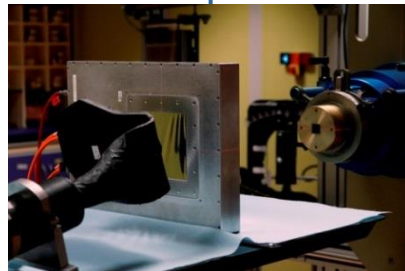
qualitatif



quantitatif

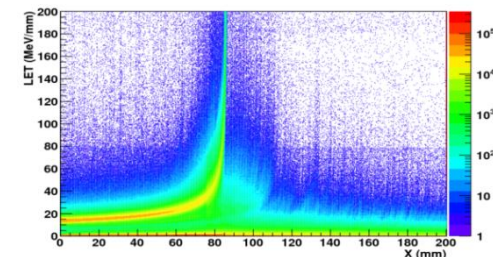
Les apports de la physique nucléaire à l'hadronthérapie le programme scientifique

Contrôle de la dose
(Contrôle du traitement)

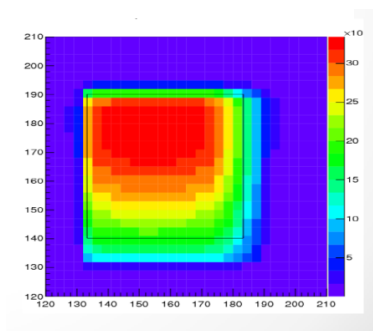


Imagerie des
tissus
(composition chimique)

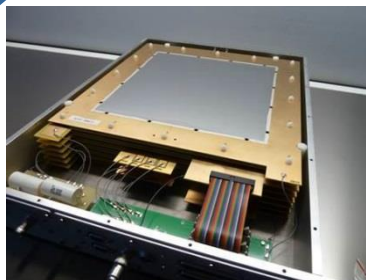
Données physiques
&
Modèles
&
Instrumentation



Cartographie de dose
effets physico-chimiques,
effets biologiques
(optimisation du traitement)



Radiobiologie
(Contrôle des conditions
d'irradiation)



Physique
(maîtrise des processus
d'interaction)

Mesure

Instrumentation



Mesure des **caractéristiques des particules** secondaires produites dans différentes cibles



Mesure de la **dose** dans des fantômes

**OBJECTIFS physiques
bases de données et
modélisation**

Calcul

Modèle
nucléaire



Calcul des **caractéristiques des particules** secondaires produites dans différentes cibles



Calcul de la **dose** dans des fantômes

Validation

Valider le **modèle
nucléaire**

Valider le calcul
de **dose**

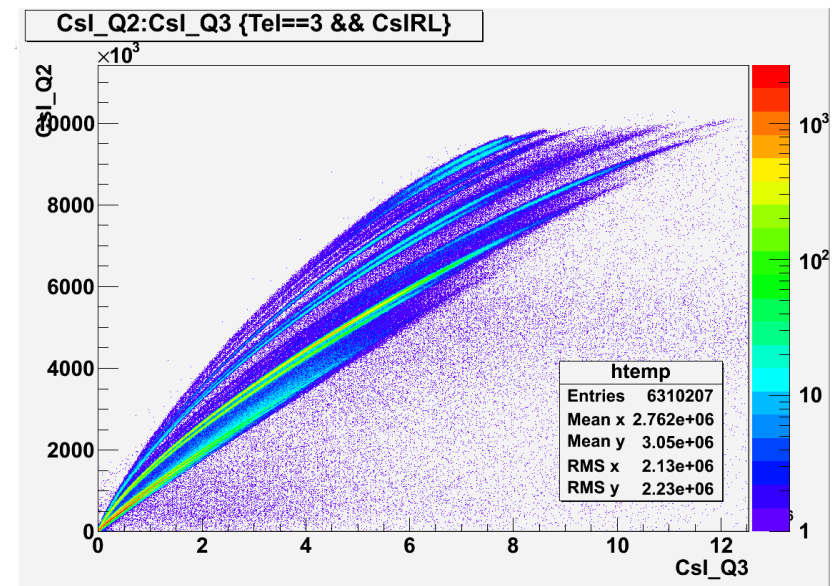
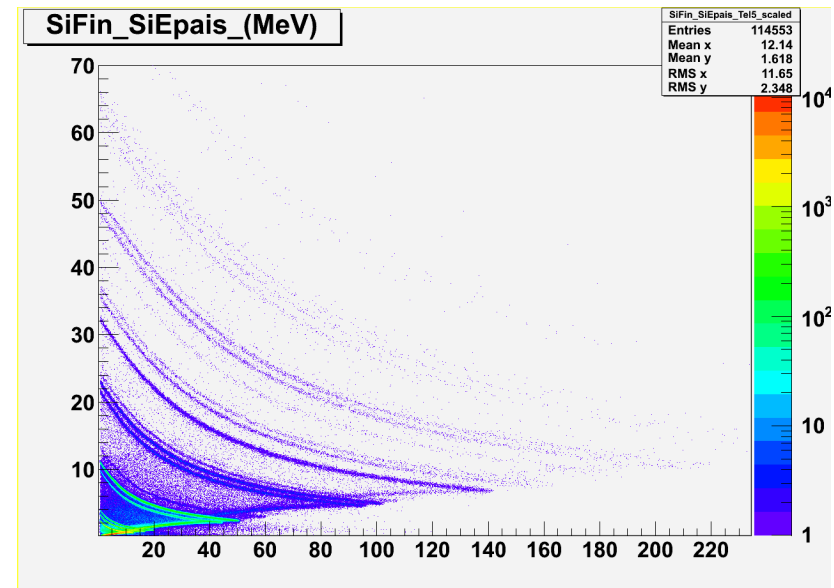
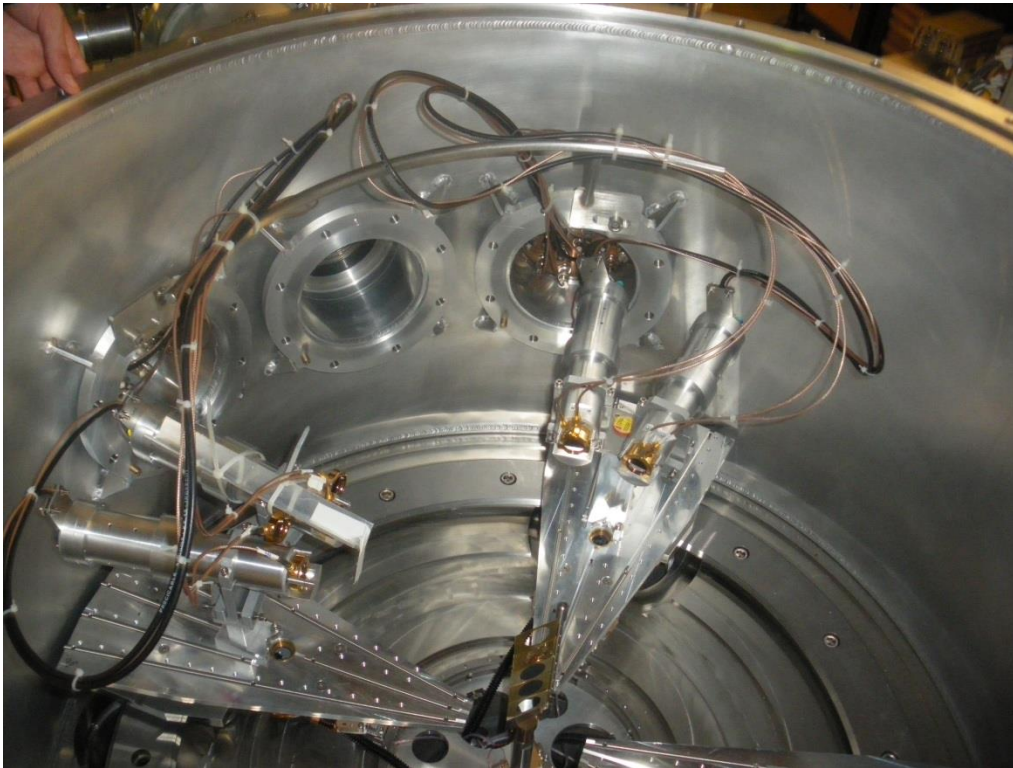
**Intégrer ces données dans
le TPS**



exemple de réalisation : les mesures des sections efficaces

Ganil 2008 2011 2013 2015

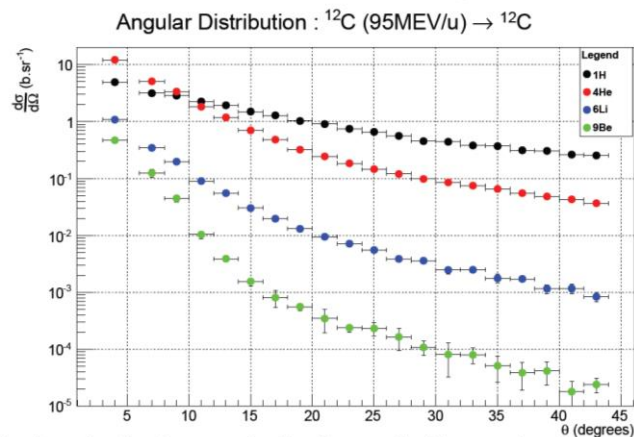
^{12}C fragmentation C-H-O-Ti(Ca)-PMMA $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ targets



DAQ : FASTER

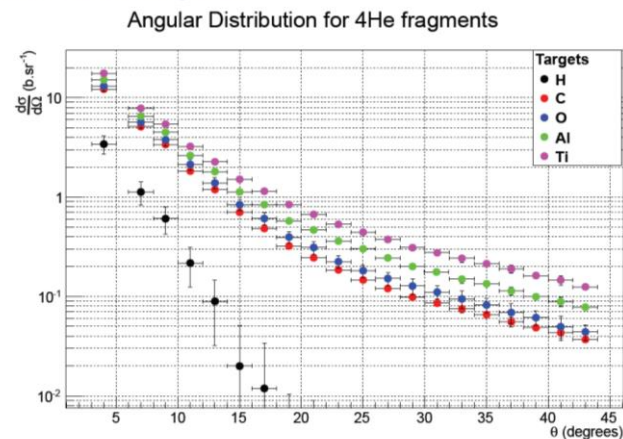
- B. Braunn PhD NIM B 269 (2011) 2676–2684
- J. Dudouet et al., Nucl. Instrum. Methods A 715, 98 (2013)
- J. Dudouet et al., Phys. Rev. C 88, 024606 (2013)
- J. Dudouet PhD thesis
- J. Dudouet et al., Physical Review C 89 (2014) 064615

Angular distributions for carbon target



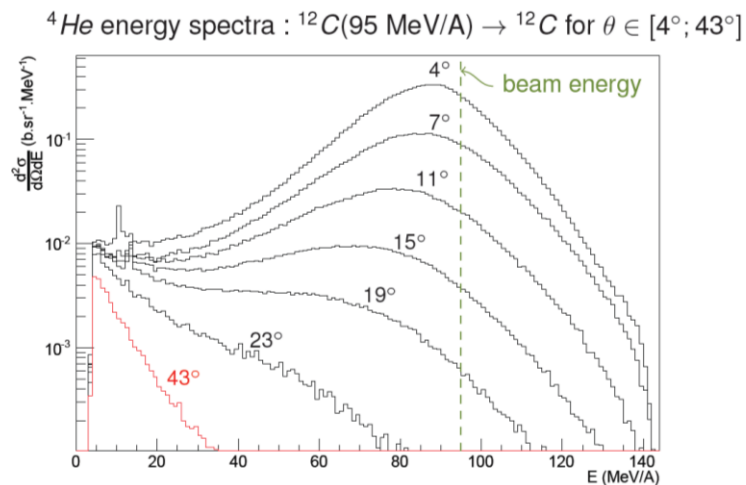
- The heavier the fragments, the focused at low angles they are.
- ^4He production dominate below 10° .
- Production is dominated by $Z=1$ and $Z=2$.

Results for all targets



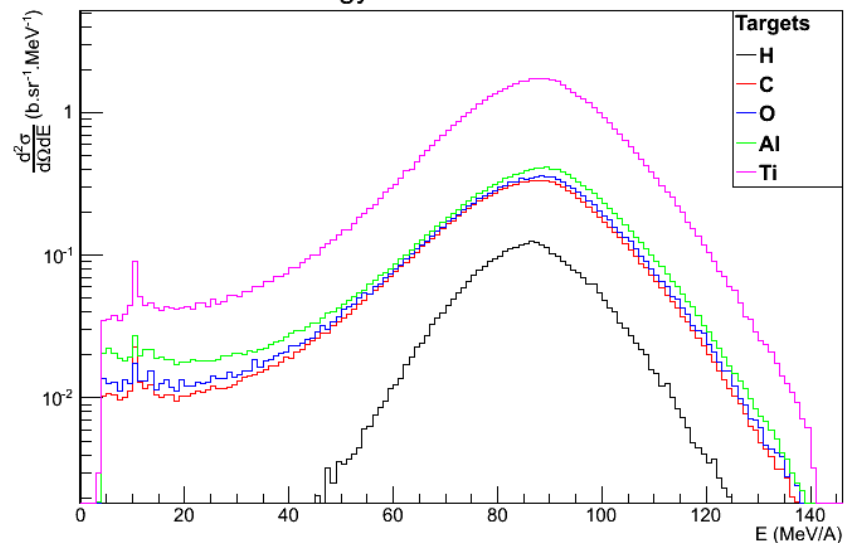
- The heavier the target, the largest the cross sections.

^4He energy distribution for carbon target



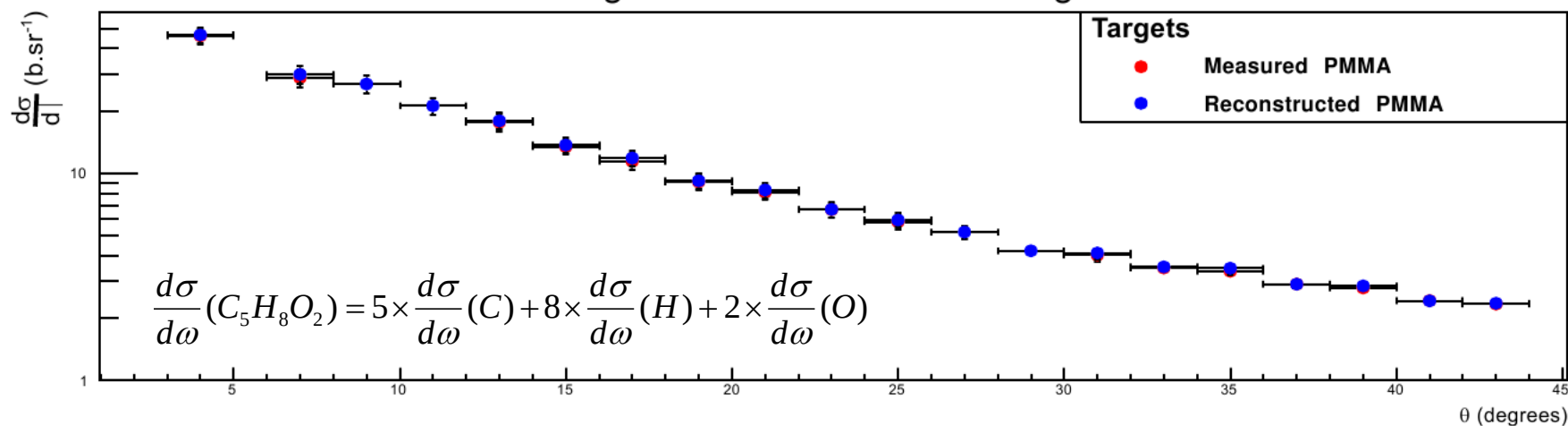
- mid-rapidity contribution visible for large angles.
- Distribution dominated by the projectile fragmentation.

^4He energy distribution at $\theta = 4^\circ$

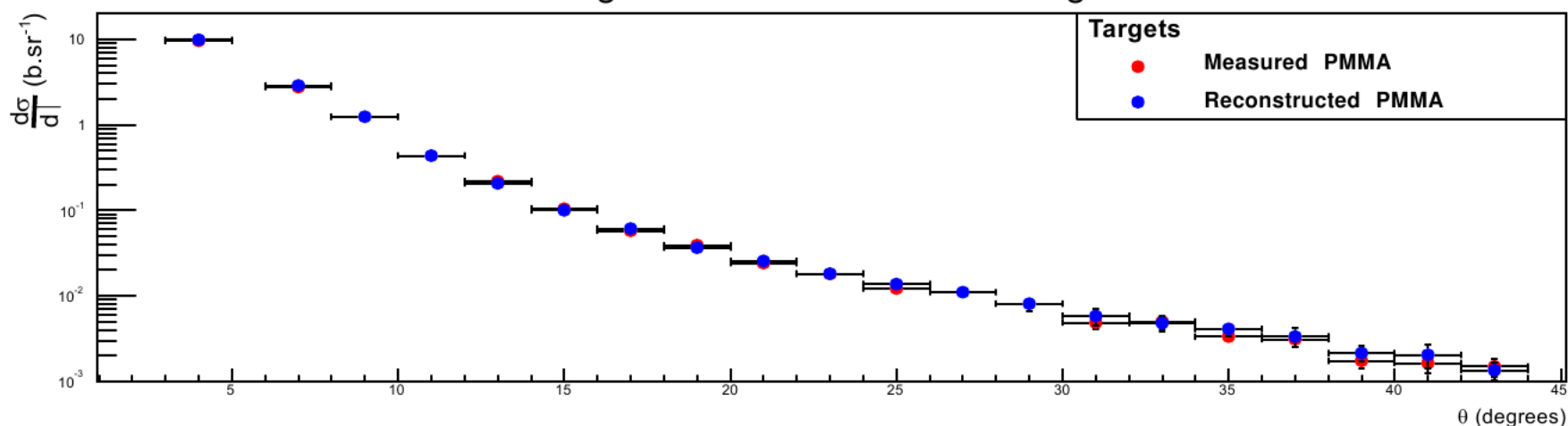


Angular distributions for ^1H and ^7Be

Angular Distribution for ^1H fragments



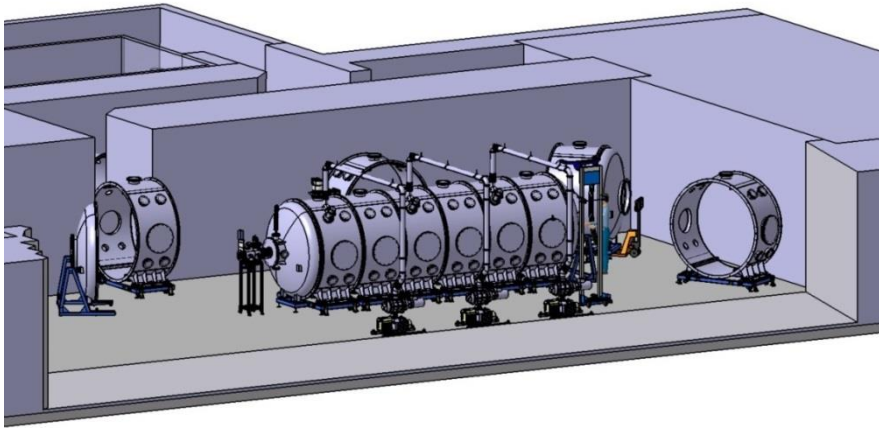
Angular Distribution for ^7Be fragments



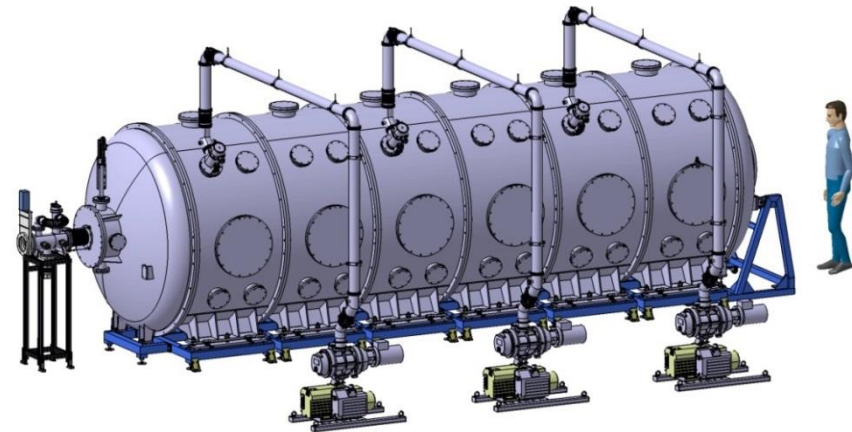
À partir des mesures de sections efficaces effectuées sur les éléments d'intérêt biologique on peut calculer les valeurs dans n'importe quel tissu de composition connue

Les apports de la physique nucléaire à l'hadronthérapie

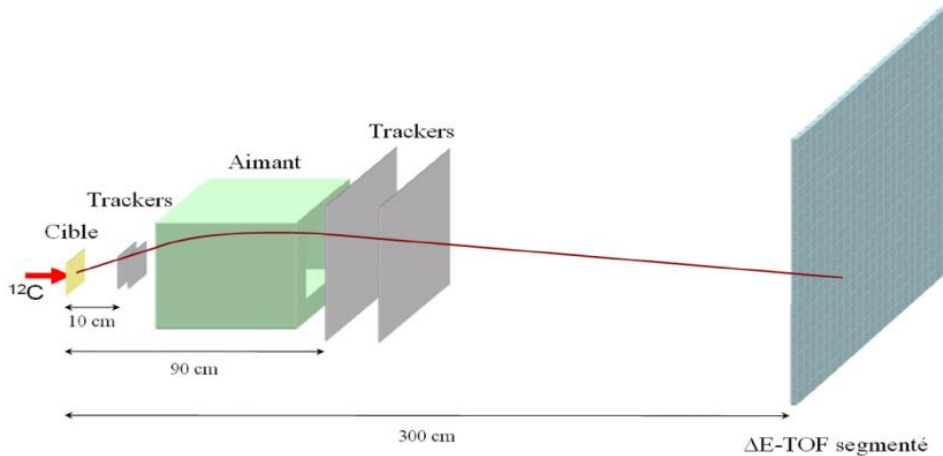
les réalisations : objectifs physiques FRACAS



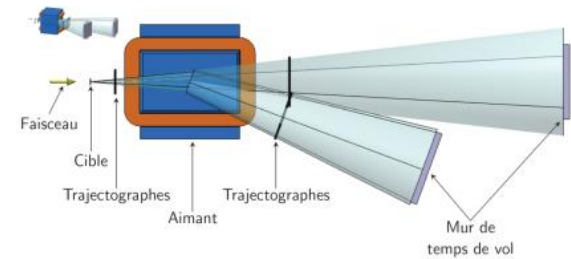
Financement RECHADRON 370k€



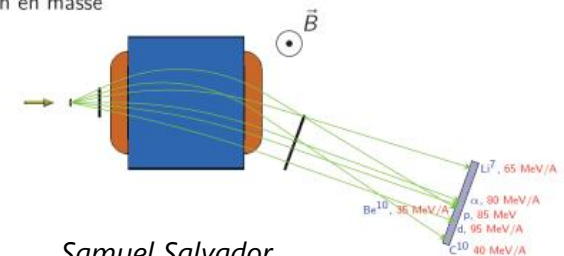
Yvan Merrer



Financement France hadron 200k€ mur TV



Identification en masse



Samuel Salvador

Les apports de la physique nucléaire à l'hadronthérapie : objectifs physiques

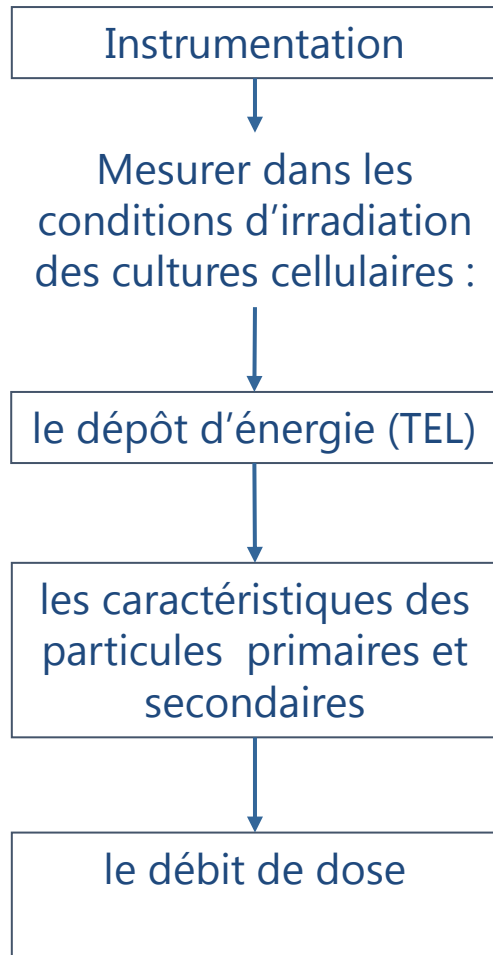
Construire des bases de données et valider ou développer un modèle nucléaire dédié à l'hadronthérapie pour maîtriser :

- la consommation des ions carbone incidents
- Les caractéristiques de toutes les particules secondaires produites
- La cartographie de dose physique dans toute composition chimique (tissus)

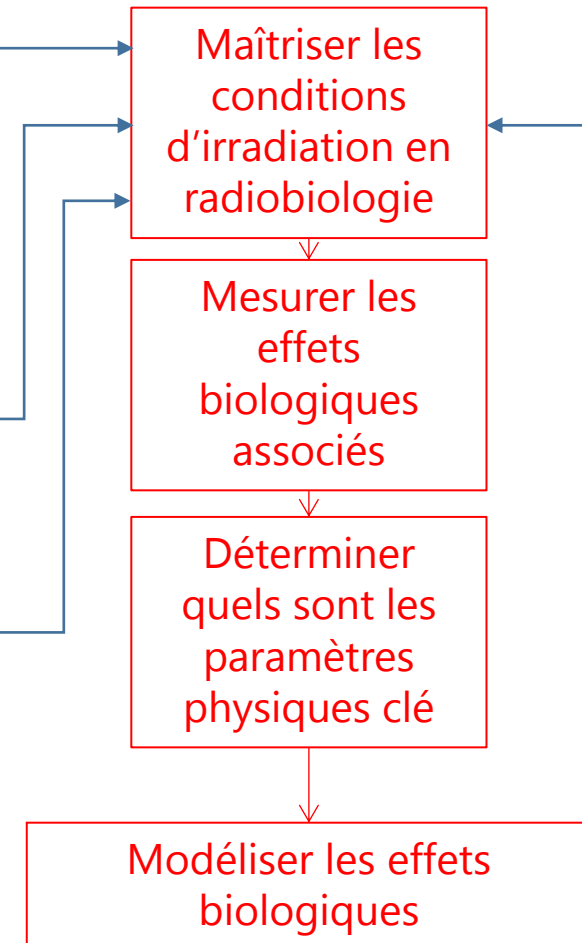
Stratégie adoptée :

- Mesures effectuées avec un dispositif simple au GANIL
4 campagnes de mesures, données publiées et accessibles (4^{ème} en cours)
<http://hadrontherapy-data.in2p3.fr>
- Collaboration avec FIRST (dispositif + complexe)
- Mise en place des outils pour ARCHADE
Etude du dispositif expérimental FRACAS pour ARCHADE pour couvrir toute la gamme en énergie (impératif disponibilité dans 5 ans) collaboration LPCCAEN – IPHC
- Gros travail à mener sur le dispositif et sur les modèles
(enceinte à vide phase consultation)

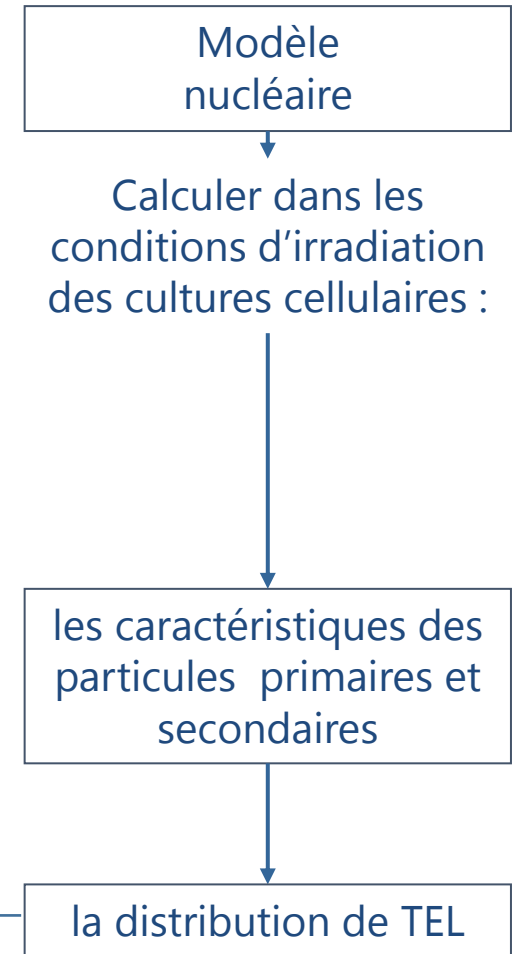
Mesure



OBJECTIFS pour la radiobiologie bases de données et modélisation



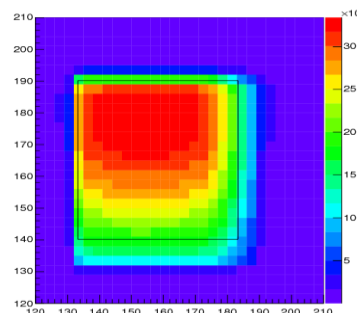
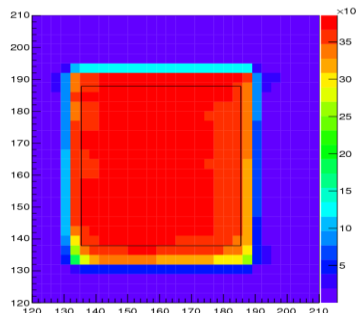
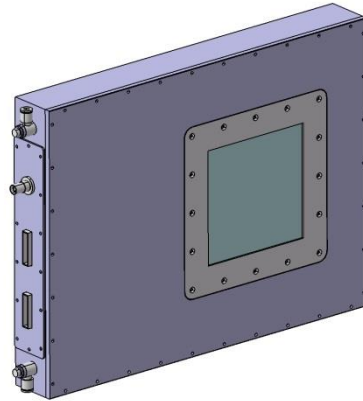
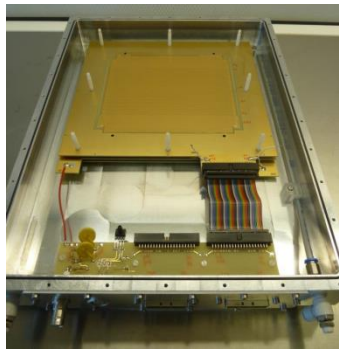
Calcul



les réalisations pour la radiobiologie

Exemple : mesure des cartes de fluence et du TEL

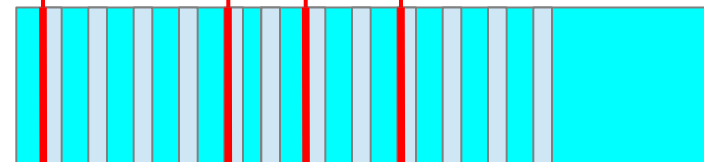
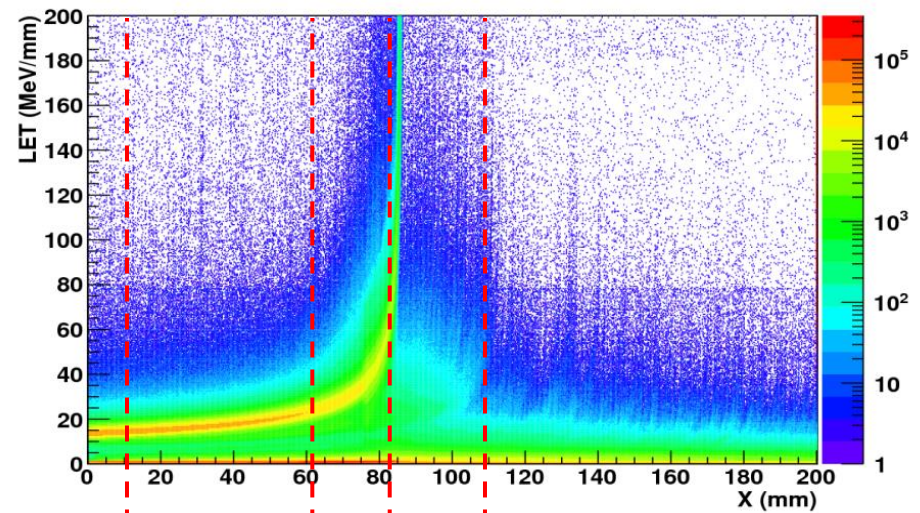
FLUENCE



Dosion III
(mesure de dose et de fluence)

TEL

Distribution de TEL en profondeur
simulation



Mesure du TEL par des détecteurs

Les apports de la physique nucléaire à la biologie :

Objectifs et stratégie

Mesurer et calculer les grandeurs physiques des irradiations des expériences de radiobiologie ,
construire les bases de données biologiques associées et travailler sur une modélisation des
effets biologiques pour maîtriser :

La cartographie des effets biologiques dans toutes les conditions d'irradiation de
tissus (pour toute composition chimique)

Stratégie adoptée :

Mesures effectuées au GANIL

Développement d'un instrument de mesure de fluence DOSION III

Mesure des TEL

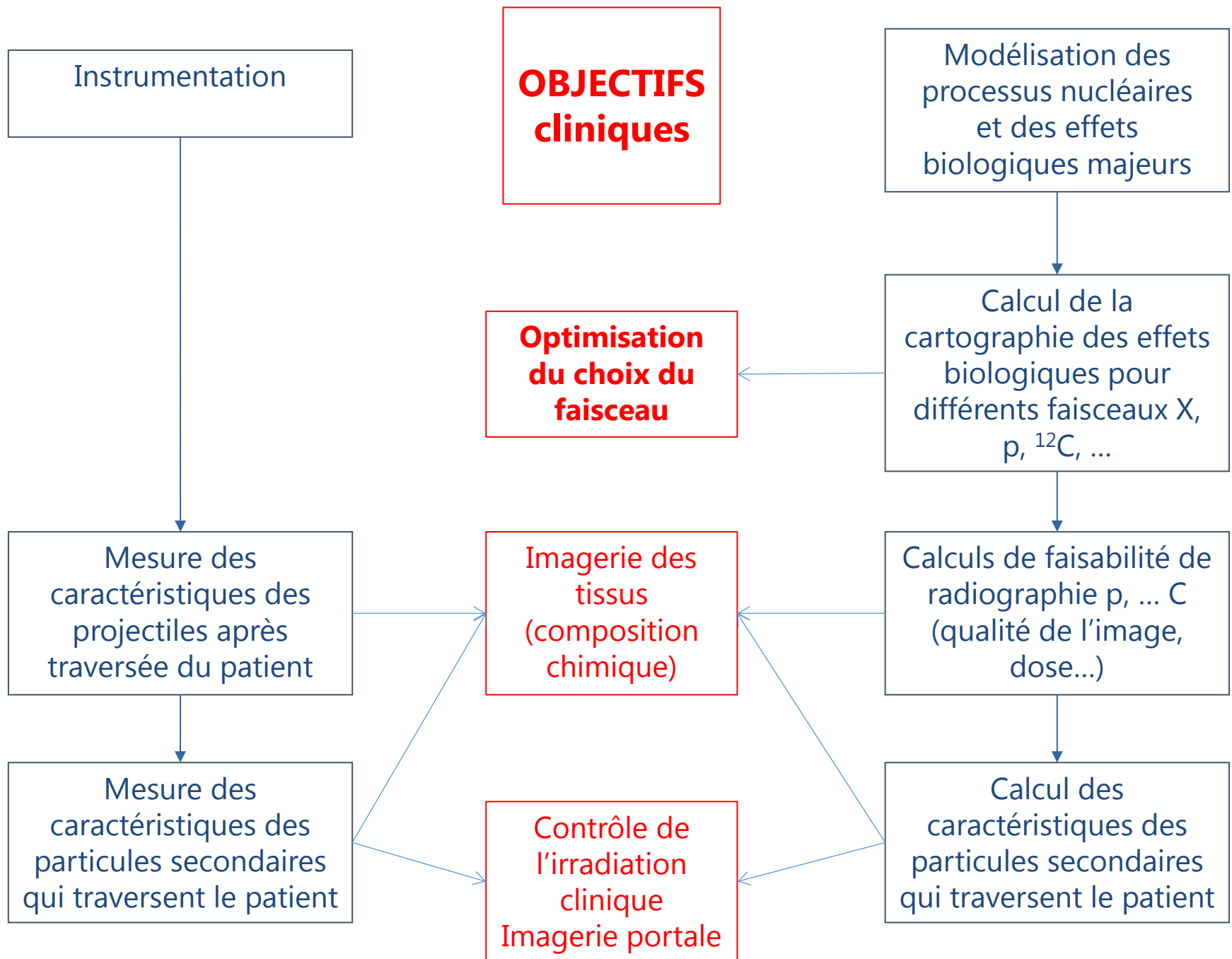
Prise de données biologiques

programme BIOGRAPHIC collaboration LPCCAEN, CYCERON, ARCHADE

besoin de données biologiques - divers effets biologiques - analyses complexes
(pb de reproductibilité , de réponses clairespour modéliser)

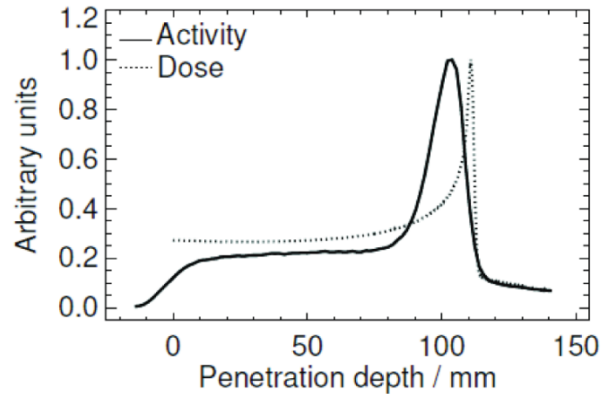
cartes de fluence disponibles lors des dernières campagnes France Hadron

Gros travail à mener sur les données biologiques et leur modélisation



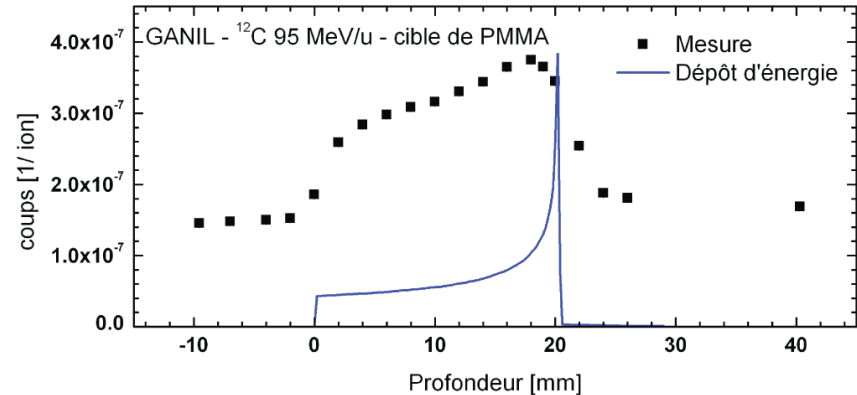
les objectifs cliniques : études du contrôle de la dose

^{12}C at 259.5 MeV/u



β^+ emitters & dose control

^{11}C ($T_{1/2} = 20.3\text{mn}$), ^{10}C ($T_{1/2} = 19.3\text{ s}$) and ^{15}O ($T_{1/2} = 121.8\text{ s}$)



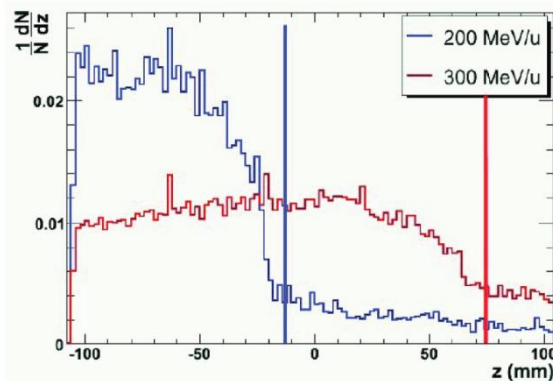
prompt γ emission & dose control

GDR MI2B :

IPN LYON - LPC CLERMONT... IPHC

IBA

GEANT4 Simulations



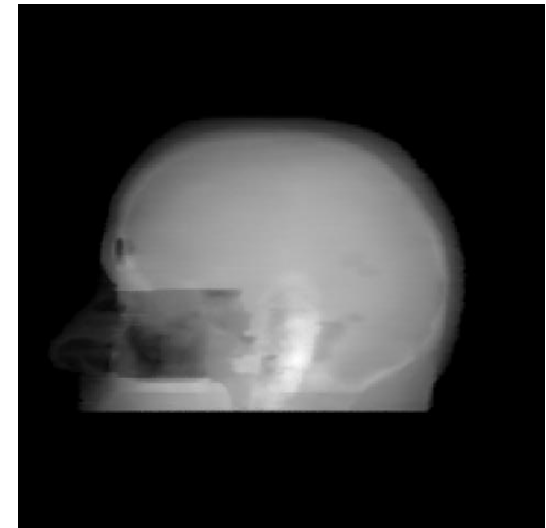
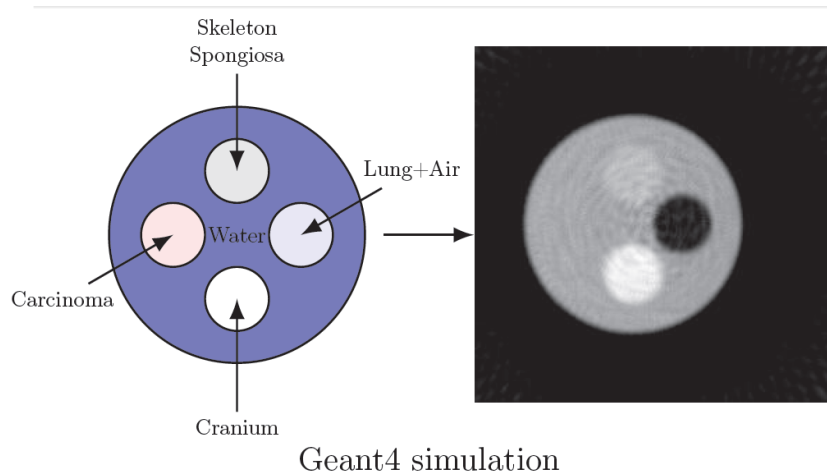
Vertex distribution of emitted particles

Henriquet P, Testa E, Chevallier M., Dauvergne D., Dedes G. et al
Physics in Medicine and Biology 57 (2012) 4665-4669
 E. Testa et al., (2009), *NIM B*, vol. 267, no. 6, p. 993-996
 L.Lestand PhD thesis (2012), Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand
 Lestand L., Montarou G., Force P., Pauna N., *Physics in Medicine and Biology* 57 (2012) 6497

➤ The nuclear models are strongly relevant for dose imaging

les objectifs cliniques : étude d'une imagerie spécifique hadronthérapie

radiographie protons & composition chimique ?

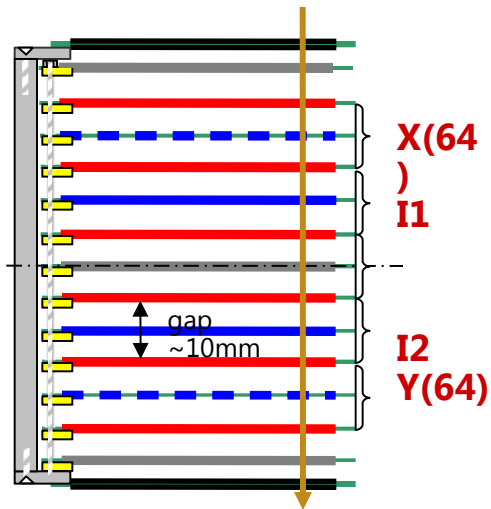


Cécile Bopp IPHC PhD thesis

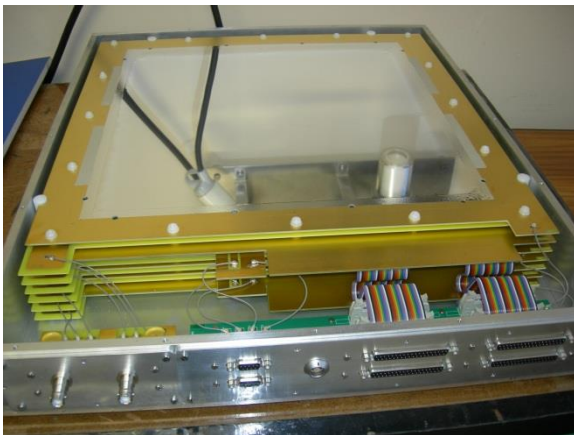
*GDR MI2B :
IPHC STRASBOURG - LPC CAEN*

Proton computed tomography from multiple physics processes Physics in Medicine and Biology 58 (2013) 7261

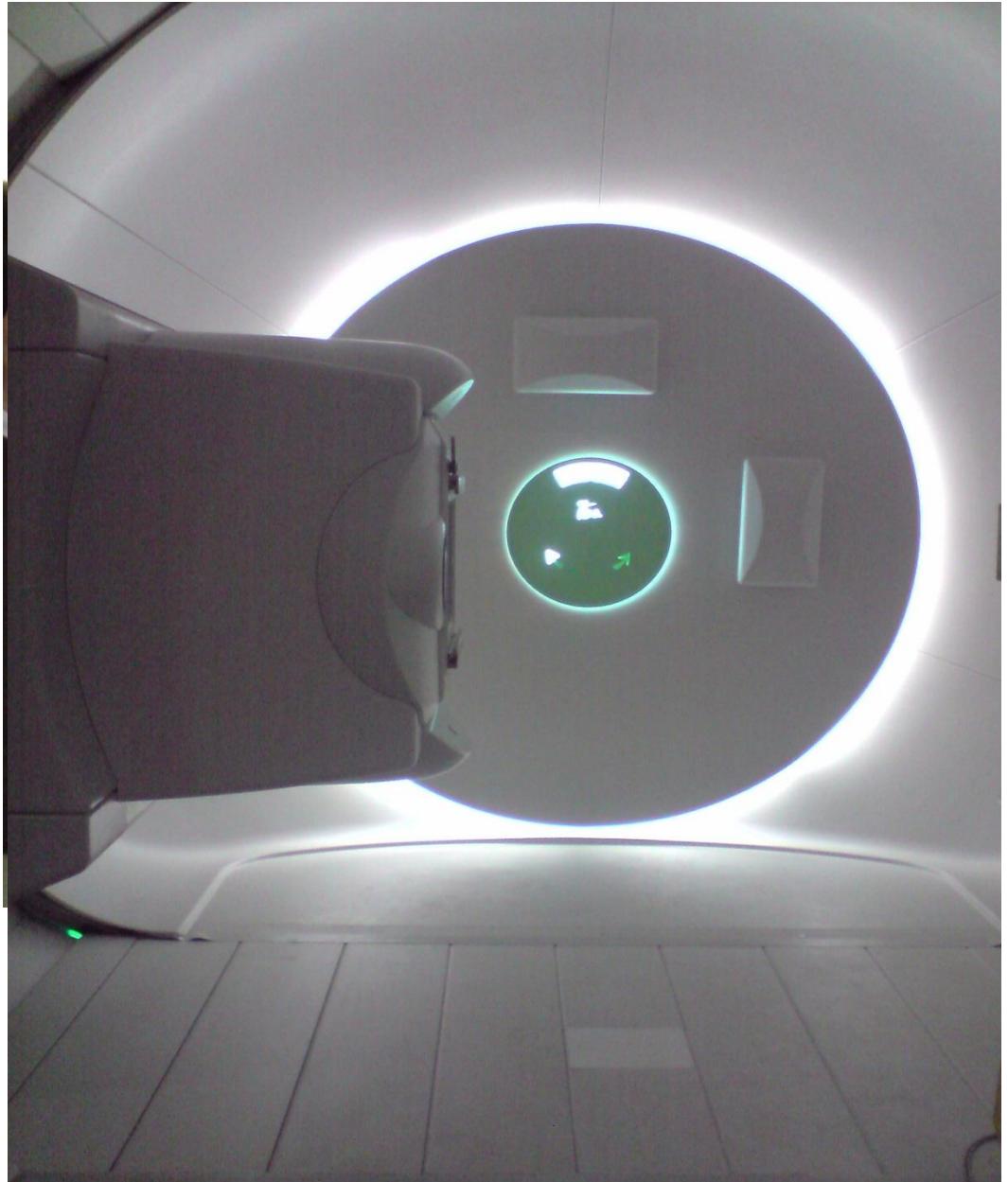
les réalisations d'objectifs cliniques : exemple IC2/3



Charlotte Courtois PhD october 2011
C. Courtois, et al., Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A (2013),
Brevet IBA 28/12/2009
Inventeurs : J.M.Fontbonne & J.Perronnel



To be checked with ^{12}C beams



- En plus du développement d'instruments de contrôle faisceau et de contrôle de la dose spécifiques à l'hadronthérapie une question fondamentale est posée au niveau clinique :

Pour un patient donné avec une pathologie donnée, quel est le mode d'irradiation le plus approprié ?

c.a.d quel est le mode d'irradiation pour lequel la probabilité de stériliser la tumeur sera la plus grande et la probabilité d'apparition d'effets indésirables sur les tissus sains sera minimale

nature du faisceau X, p, C ...? nombre d'incidences ? fractionnement ? débit de dose ? dose flash ?.....

- Réponse :

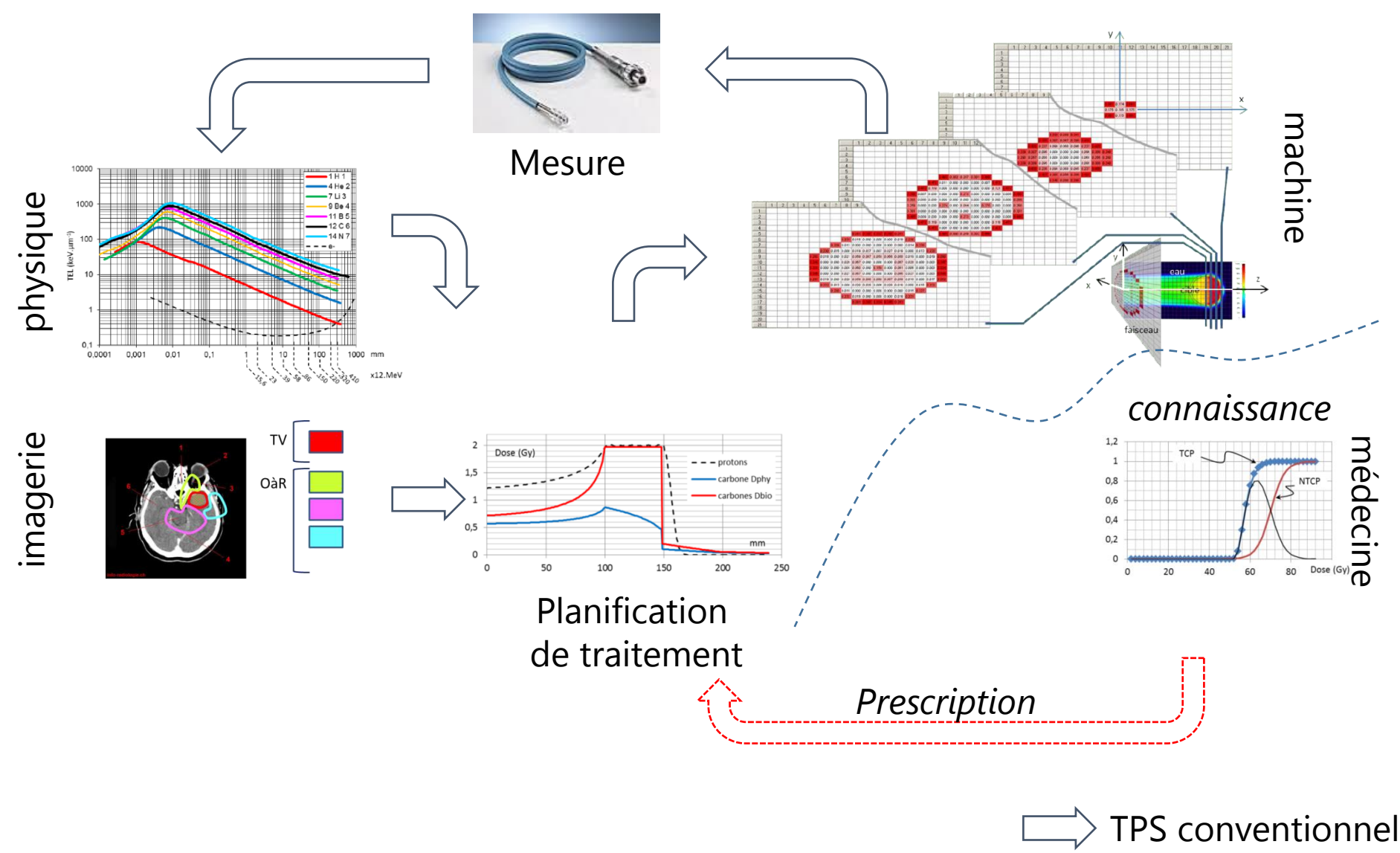
aujourd'hui qualitative

demain : PMRT

un pas de plus vers l'utilisation clinique des travaux menés par plusieurs équipes de l'IN2P3

la **PMRT** Plateforme de **Modélisation** en **RadioThérapie**

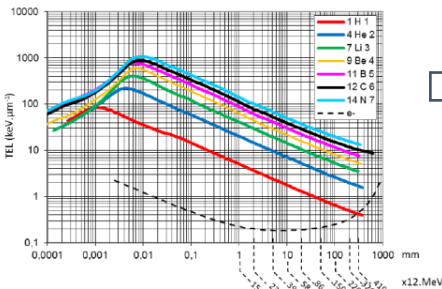
ou comment prendre en compte le Retour d'Expérience médicale pour prédire le devenir du patient ?



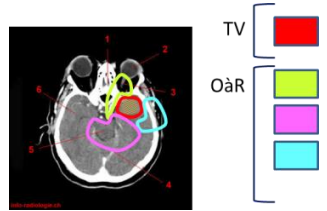
la **PMRT** Plateforme de **Modélisation** en **RadioThérapie**

ou comment prendre en compte le Retour d'Expérience médicale pour prédire le devenir du patient ?

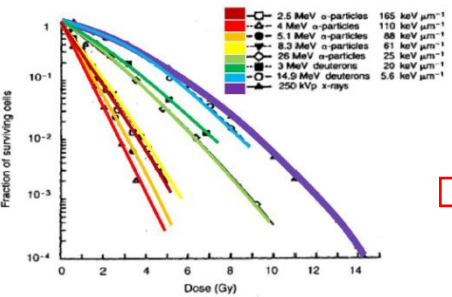
physique



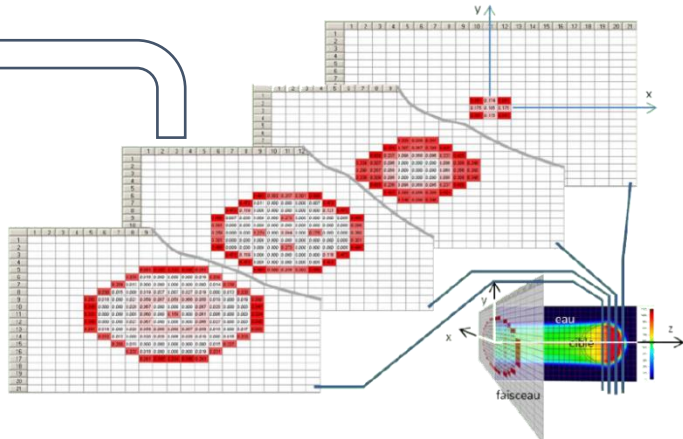
imagerie



biologie

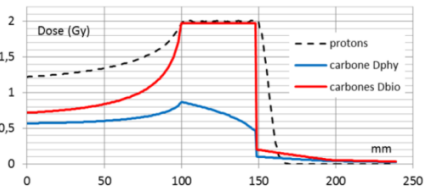


Mesure

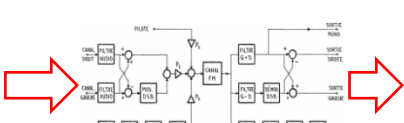


machine

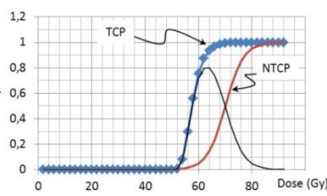
Planification de traitement



Modélisation



observation



médecine

Prescription

TPS conventionnel
PMRT

- Pour répondre à la question:

Pour un patient donné avec une pathologie donnée, quel est le mode d'irradiation le plus approprié ?

il faut :

- disposer de bases de données physiques et de modélisations de ces données
 - disposer de bases de données biologiques et de modélisations de ces données
 - disposer de bases de données cliniques (construction de la base, dossier patient, images, traitement, cartographie de dose, suivi à long terme, contourage de structures fines dans les organes, accès aux données, ...)
 - disposer d'une architecture solide PMRT
 - disposer d'outils de fouille des données cliniques (recherche d'éléments particuliers, recalage d'images,...) ↔ phase apprentissage PMRT
 - disposer d'outils de calibration des paramètres multiples des modèles physiques biologiques cliniques à partir des observables cliniques ↔ phase calibration de la PMRT
 - construire un programme de recherche avec des priorités pour pallier aux chaînons manquants
 - juger de l'importance des incertitudes des mesures et des modèles sur leurs conséquences cliniques et le devenir du patient
 - savoir exploiter les résultats de la PMRT sur de nouveaux cas cliniques
- ↔ phase exploitation de la PMRT

La **PMRT**, un partenariat qui couvre toute la chaîne:

de la recherche fondamentale à la clinique!

R&D

Physique Chimie Mathématiques Biologie

CLINIQUE



(architecture logicielle)

RI
(Dose)

Physique Chimie
(Effets)

Cellule
(LQ...)

Tissu
(TCP/NTCP)

Organe
(HDV)

Patient
(Imagerie TPS)

Population
(BdD)



IMAGERIE & STRATÉGIES
THÉRAPEUTIQUES DES PATHOLOGIES
CÉRÉBRALES & TUMORALES



SAPHYN

CHUCaen



10 équipes 5 ETP depuis janvier 2014

Les apports de la physique nucléaire à la clinique :

Objectifs et stratégie

Objectifs :

- Développer les instruments de contrôle faisceau adaptés aux nouvelles machines d'irradiation
- Développer les instruments de contrôle du traitement
- Développer une imagerie spécifique hadronthérapie
- Construire des bases de données physiques biologiques cliniques
- Etablir les corrélations entre ces données, les modélisations associées et calibrer les modèles
- Déterminer le mode d'irradiation le plus approprié pour un patient donné avec une pathologie donnée

Stratégie adoptée :

- Développement de l'instrumentation contrôle faisceau - contrôle traitement auprès des centres existants CPO, CAL, ESSEN, GANIL....
- Construction des bases de données physiques biologiques cliniques auprès des centres existants GANIL, CPO, CAL
- Mise en place de la PMRT 1^{ère} phase locale 2^{ème} phase ouverture à d'autres centres
3^{ème} phase exploitation

Dans un premier temps :

fédérer des équipes pluridisciplinaires localement (complexité d'utilisation de bases de données cliniques) et fédérer des équipes IN2P3(LPC Clermont UMR6533....)

Programme scientifique spécifique à ARCHADE

- Contribution importante des faisceaux ARCHADE à tous les programmes précédents

Instrumentation : développement de dispositifs de contrôle faisceau et de mesure de dose relative et absolue

Etude d'imageries spécifiques pour l'hadronthérapie avec les faisceaux p ou C

Etude des possibilités de contrôle en ligne du traitement à partir des particules secondaires produites (cohérence diagnostic-traitement modélisation maîtrise globale)

Optimisation du traitement par l'apport de données physiques, biologiques, cliniques et des modélisations associées

- R&D faisceaux machines : C400 besoin en régulation faisceau et automatique faisceau , lignes faisceaux, têtes d'irradiation....
- Validation du C400 en tant que machine médicale
- Etude des avantages et inconvénients pour l'hadronthérapie des différents faisceaux disponibles avec ARCHADE : p, He^{2+} , Li^{3+} , B^{5+} , C^{6+} , N^{7+} , O^{8+} , Ne^{10+}
- Etude de faisabilité d'un centre de dosimétrie absolue en protons et carbone dans ARCHADE

Conclusion : IN2P3 et programme ARCHADE

- Evolution continue de la radiothérapie X et arrivée en force de l'hadronthérapie
- Compétences des équipes de l'IN2P3 fondamentales pour optimiser les traitements en radiothérapie et hadronthérapie
- R&D machines et conduite faisceau (valorisation auprès de NORMANDIE HADRONTHERAPIE)
- Recherche en physique, biologie, recherche pré-clinique, clinique, construction de bases de données et modélisation
- R&D instrumentation : instruments de contrôle faisceau et de dosimétrie
- R&D imagerie : imagerie spécifique hadronthérapie avec particules secondaires
- Valorisation de ces travaux facilitée par la proximité du volet sanitaire protons, du volet recherche clinique C400 (association pour la recherche ARCHADE)
- ARCHADE centre de ressources pour réaliser ce programme de recherche ambitieux avec ses faisceaux de p , α , Li, B, C, O, Ne850h/an faisceau pour la physique/1750
- Le rôle et les apports de l'IN2P3 sur tous ces domaines doivent être précisés et valorisés collaboration avec ARCHADE et/ou contrat avec CYCLAD et/ou avec NORMANDIE HADRONTHERAPIE

ARCHADE

c'est maintenant