



Activités IN2P3 dans le domaine de la santé : le GDR MI2B

Philippe Moretto
Conseil Scientifique de l'IN2P3
Paris, 25 juin 2015

Début du GDR “Modélisation et Instrumentation pour l’Imagerie Biomédicale” en 2004.
Structuration d’une communauté émergente éparpillée dans les laboratoires IN2P3.

Nos compétences :

- ❖ Instrumentation pour les systèmes complexes de détection et l’électronique associée
- ❖ Les accélérateurs, le transport, la mise en forme et les diagnostics faisceaux
- ❖ La simulation/modélisation des interactions ions/rayonnement avec les tissus

Sur la base de ces compétences ont émergé des équipes de plus en plus spécialisées dans des domaines qui vont maintenant jusqu’à la radiobiologie, l’imagerie pré-clinique et fonctionnelle, les thérapies innovantes, la production de radio-pharmaceutiques, toujours en collaboration avec des équipes provenant d’autres communautés. C’est une richesse pour l’IN2P3 en termes d’interdisciplinarité.

Le GDR a un rôle d’animation scientifique afin de promouvoir l’émergence de collaborations non seulement entre laboratoires IN2P3 mais aussi avec des groupes d’autres Instituts et Universités.

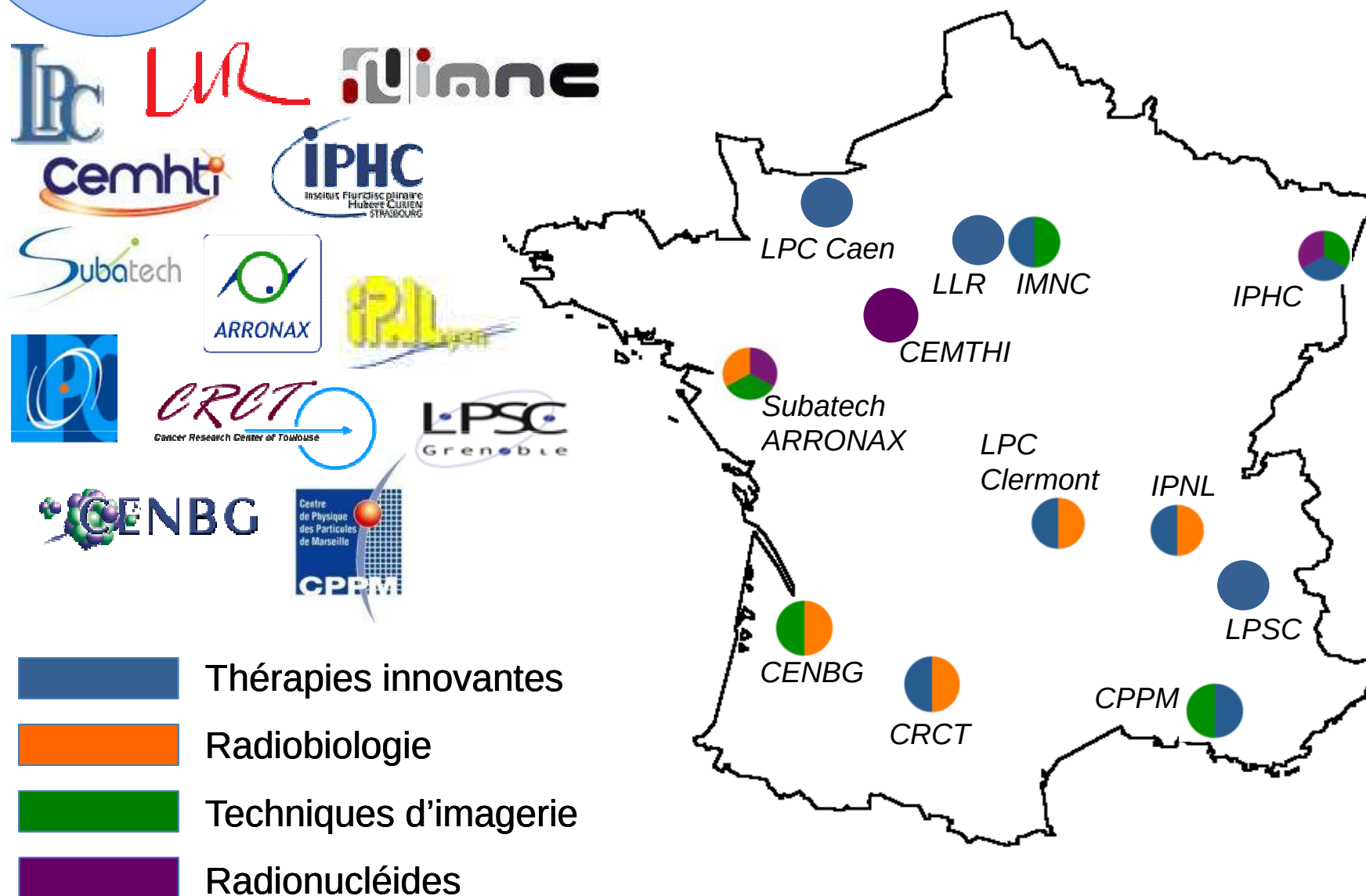
Les activités du GDR, se sont recentrées en 2008 sur un nouveau projet intitulé :

« Instruments et Méthodes Nucléaires pour la lutte contre le Cancer »

Renouvelé puis restructuré en 4 pôles sur les recommandations de ce conseil scientifique d'Institut en 2010, l'activité du GDR s'est développée avec le support de l'AVIESAN, de l'ITMO (Institut Multi-Organismes) ITS (Institut des Technologies pour la Santé) dans le cadre du second plan cancer (2009-2013).

Le GDR a été renouvelé pour 4 ans pour la période 2015-2019 avec une feuille de route incluant l'ouverture vers de nouveaux partenaires et la mise en place de projets fédérateurs par le biais de financements pour le démarrage.

En dehors des AP IN2P3 sur l'axe Santé, qui permettent d'amorcer des projets et fournir du fonctionnement, les financements viennent de projets souvent soutenus dans le cadre de politiques de site, PIA (LabEx, EquipEx) comme France Hadron, ANR, Programmes Européens, Conseils Régionaux, collaborations industrielles,... la plupart du temps aujourd'hui dans des projets collaboratifs comprenant plusieurs groupes de l'IN2P3.



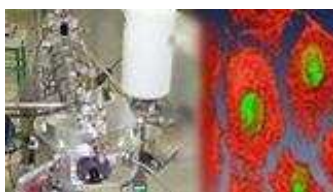
Structuration actuelle du GDR

Recensement GDR 2014 (ETP)			
Chercheurs - enseignants	41	Doctorants	31
ITAs	35	Post-docs/CDD	24
Total (ETP) : 131			



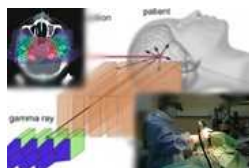
Méthodes et instruments pour l'imagerie

Responsables : Ch. Morel, L. Ménard



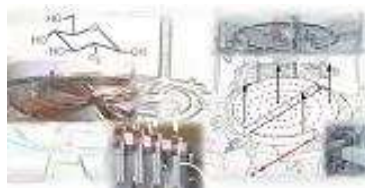
Outils et méthodes pour la radiobiologie

Responsables : M. Beuve, H. Seznec



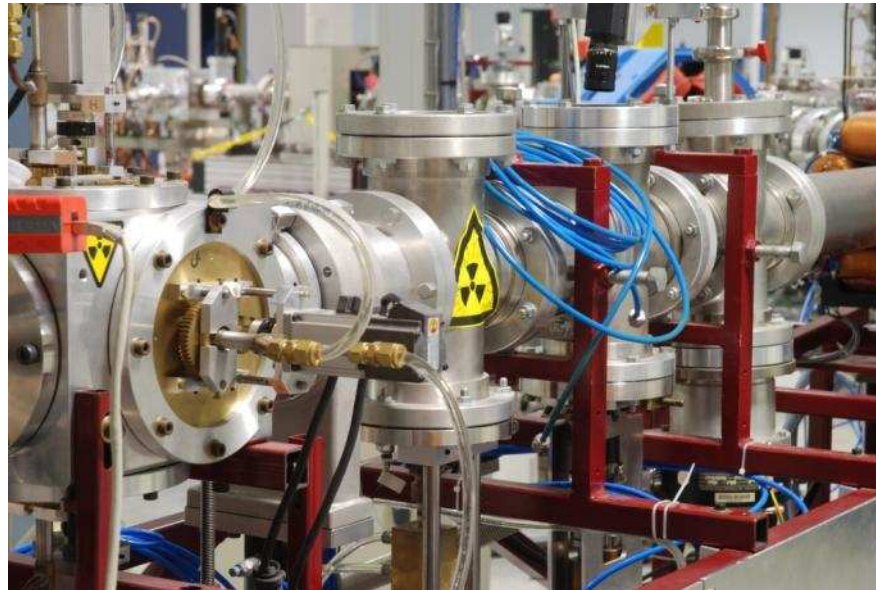
Thérapies innovantes et imagerie associée

Responsables : Y. Prezado, M. Labalme

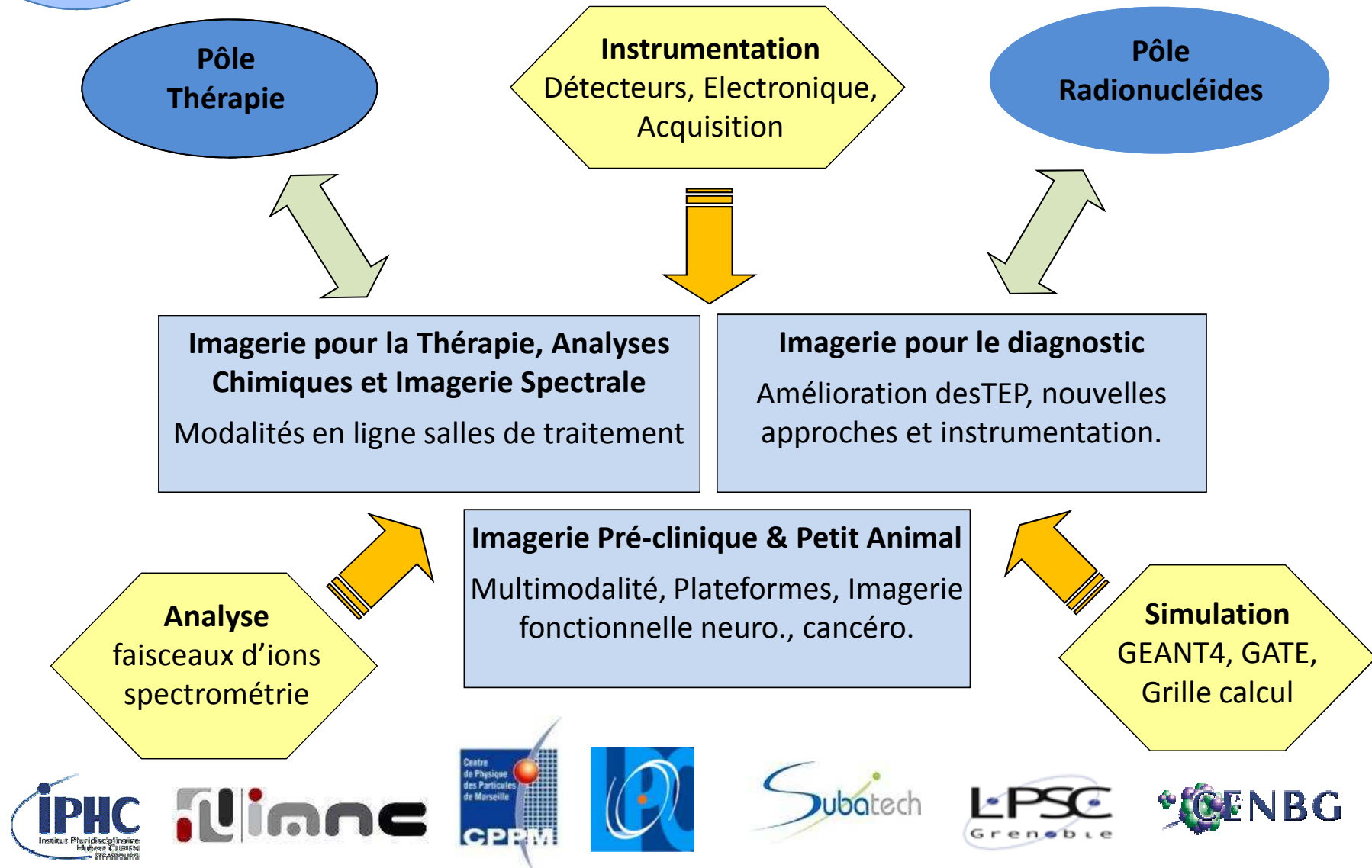


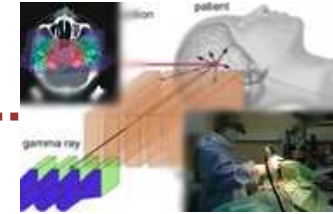
Radionucléides pour l'imagerie et la thérapie

Responsables : F. Haddad, A. Ouadi



Les pôles





R&D Imagerie clinique:	Ruptures technologiques pour les futures générations d'imageurs
Imagerie clinique portable:	Guider la thérapie en cancérologie (per-opératoire, ambulatoire)
Imagerie préclinique:	Multi-modale et multi-échelle
Quantification en imagerie:	Suivi et planification thérapeutique
Imagerie Chimique:	Analyse par faisceaux d'ions - imagerie chimique cellulaire, tissus

Actions fédératrices

TEP temps-de-vol : franchir la barre des 100ps FWHM en coïncidence (MCP-PMT, cristaux photoniques, détection de la lumière Cerenkov)

CT spectral : détecteurs à comptage de photons (pixels hybrides, technologies 3D, capteurs de haute densité)

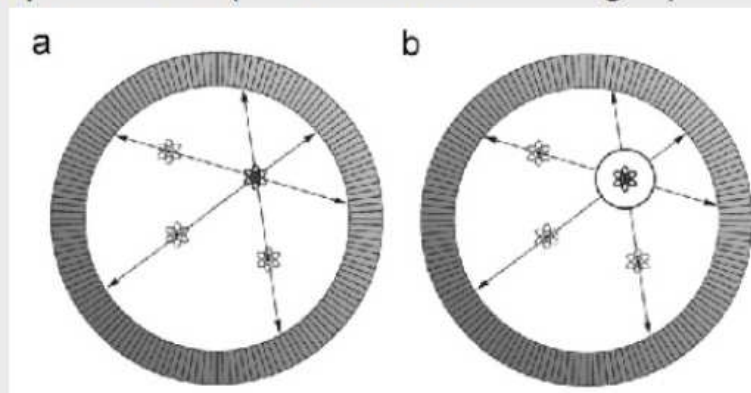
Imagerie miniaturisée : dispositifs de détection miniaturisés (capteurs silicium, électronique intégrée) pour les applications cliniques et précliniques

Imagerie par proton : Groupe de travail pCT du GDR MI2B (LPC-Caen, LPC-Clermont, IPNL, IPHC, CPPM, CAL-Nice)

Plateforme GATE : faire de GATE la première plateforme de modélisation théranostique (projet tGATE)



– Le temps de vol (TOF : Time Of Flight)



Moses, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA

Gain théorique (reconstruction analytique)

$$SNR_{TOF} = \sqrt{\frac{D}{\Delta x}} SNR_{non-TOF} \quad \Delta x = \frac{c\Delta t}{2}$$

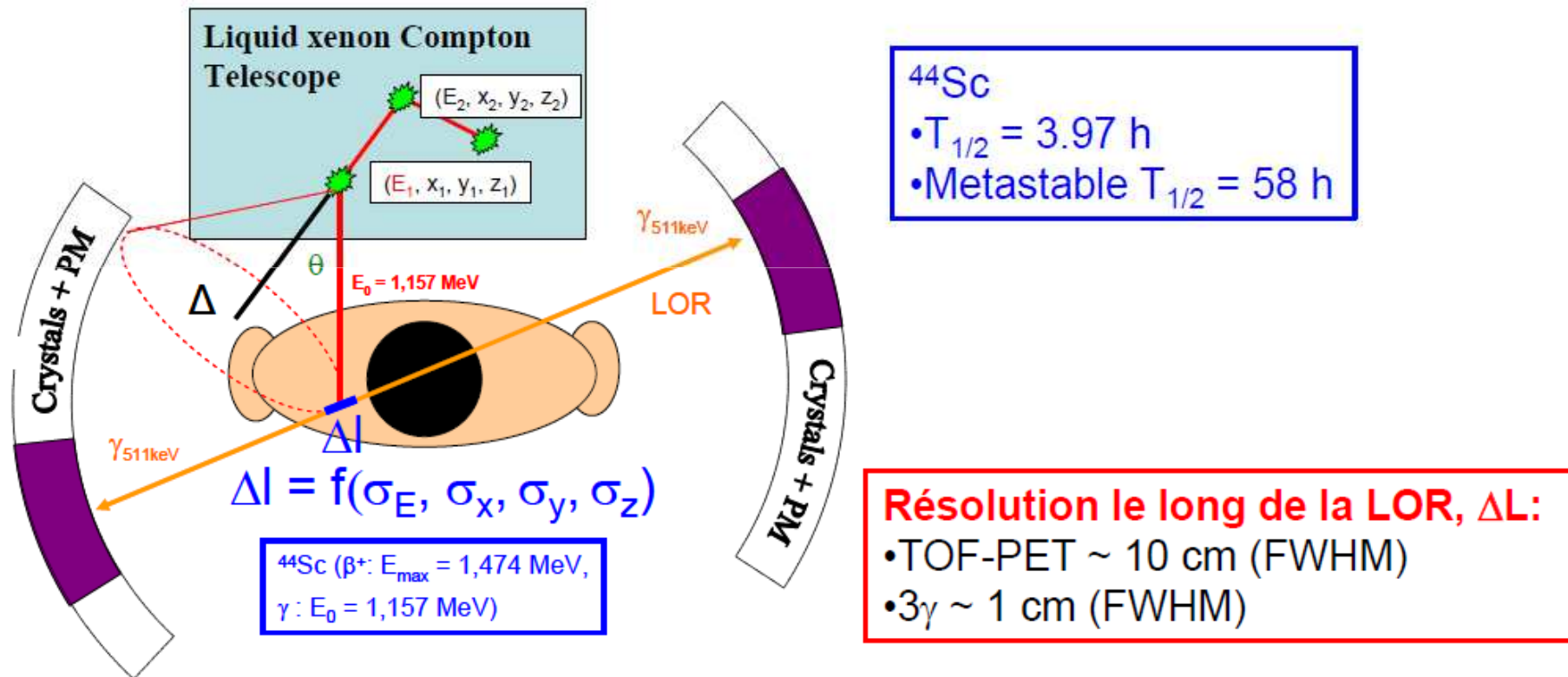
Résolution temporelle la plus petite possible !

Actuellement (système clinique) : 500-700 ps FWHM

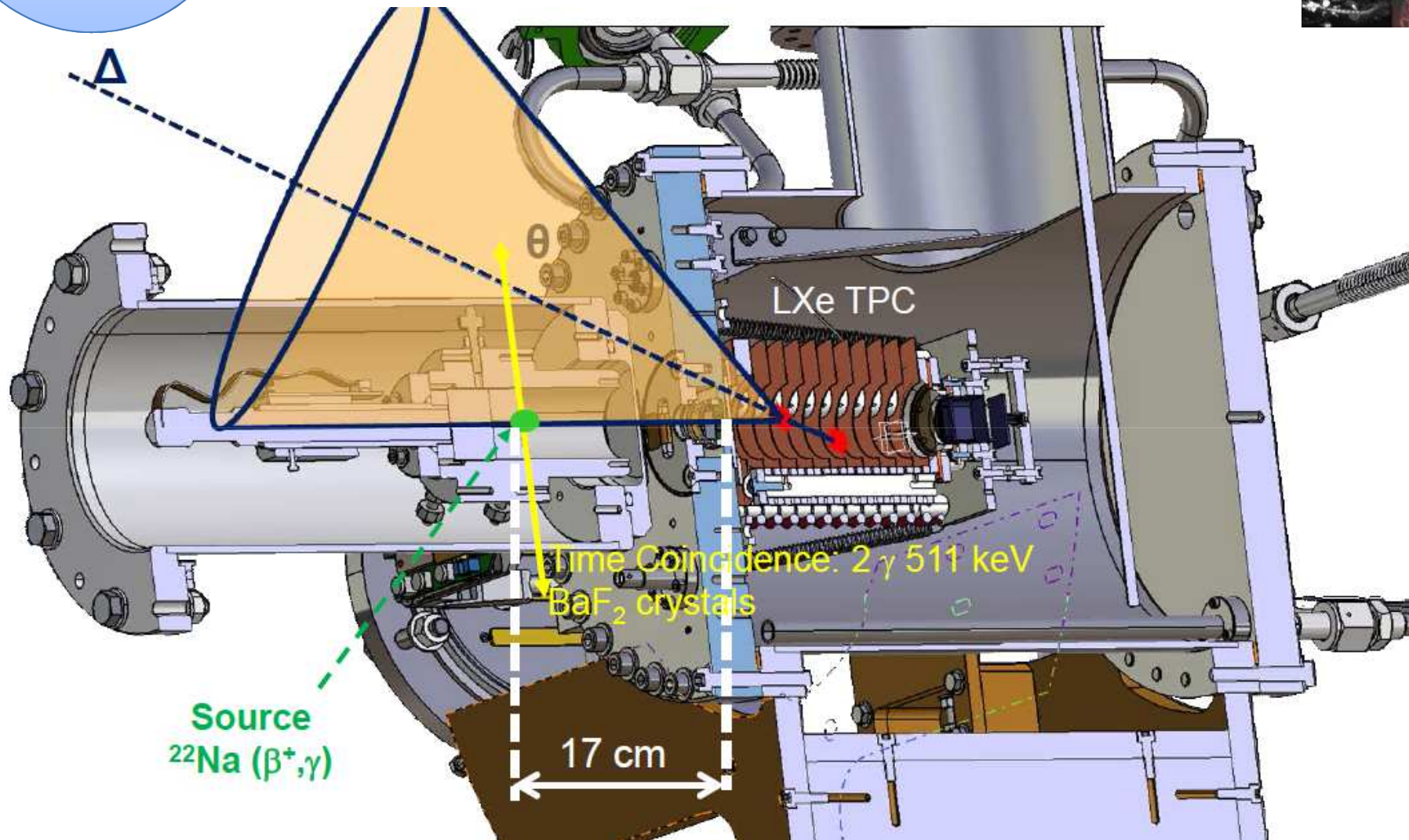
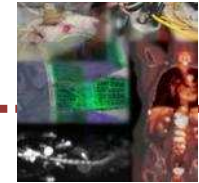
On injecte moins (2-3 MBq/kg vs 5-7 MBq/kg sans TOF)
L'examen est plus rapide (15-20 mn vs 30-40 mn sans TOF)

Imagerie 3 gamma avec un télescope Compton à Xénon liquide

Production du vecteur marqué au ^{44}Sc (ARRONAX)
Expertise en instrumentation avec LXe (Subatech)



Objectif : réduire d'un facteur ~ 20 l'activité injectée

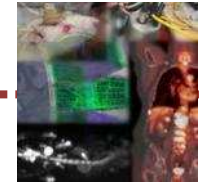


Jean Pierre Cussonneau et al.

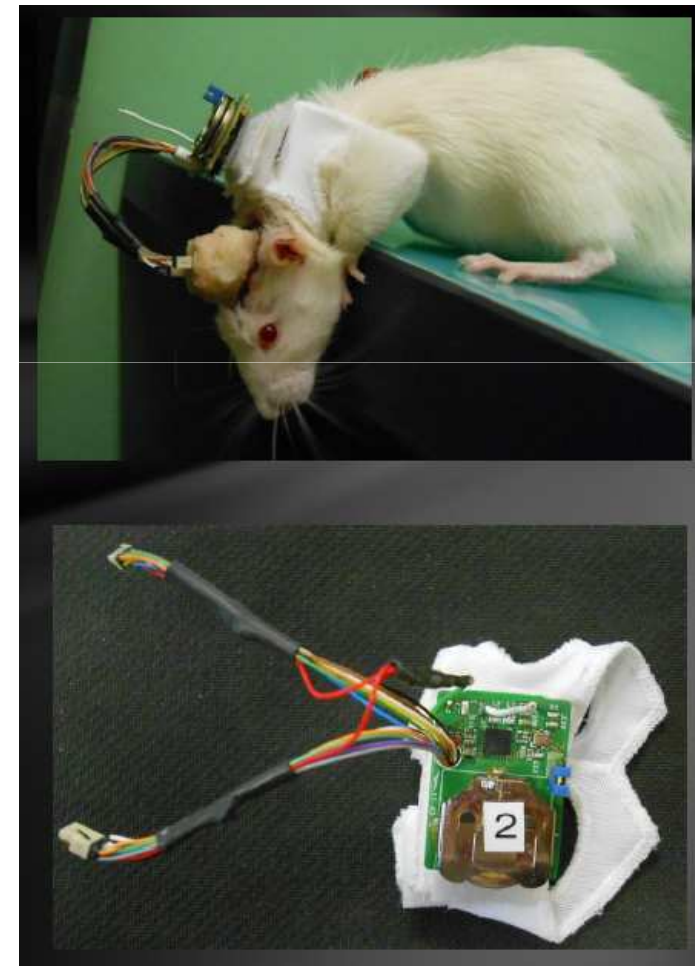
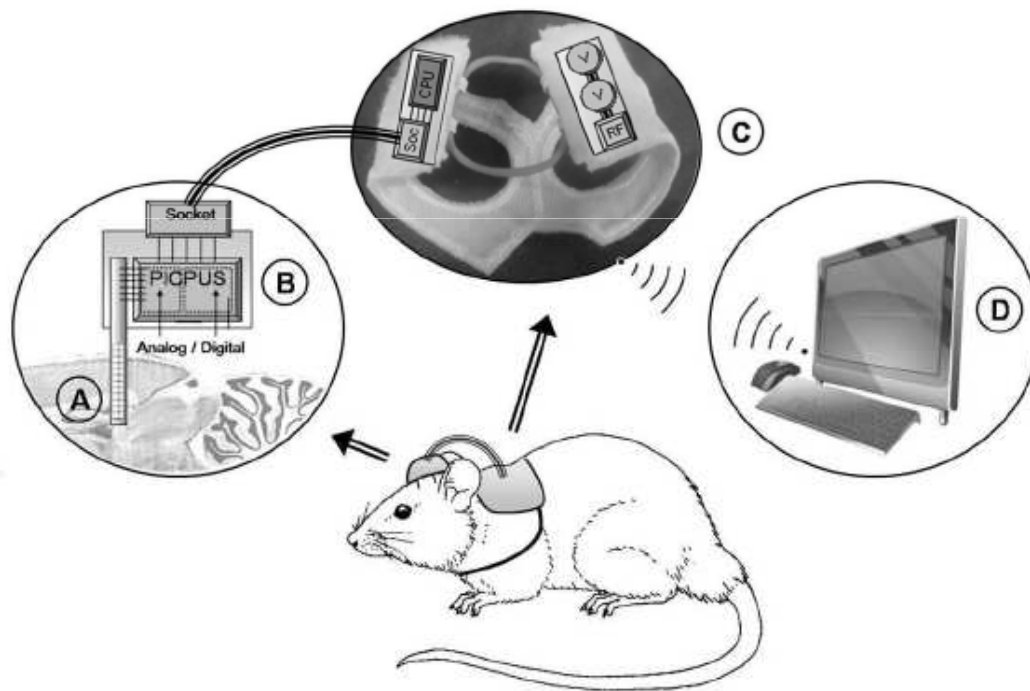
Conseil Scientifique de l'IN2P3, 25 juin 2015, Paris

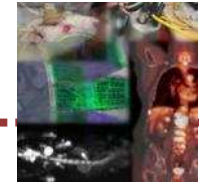


Instrumentation pour la neuro-imagerie comportementale



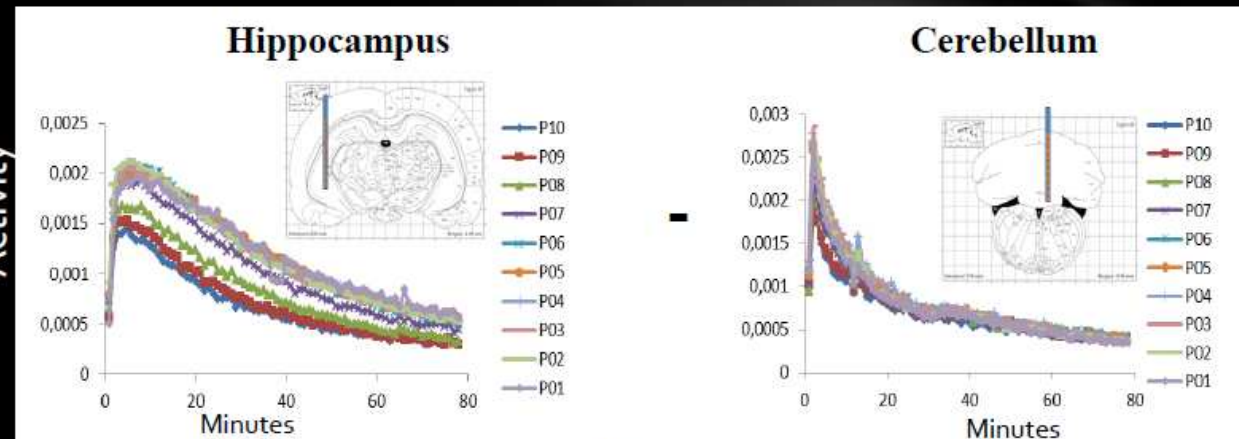
Sonde intracérébrale silicium pour la mesure cinétique de radiotraceurs chez l'animal éveillé et libre de ses mouvements (ANR PIXSIC, IMNC-CPPM)



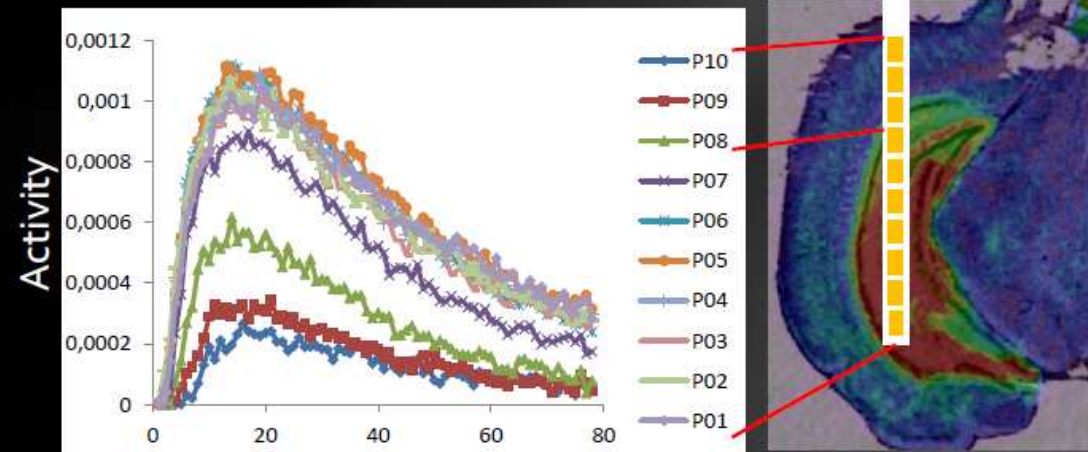


Injection:
[^{18}F]-MPPF
Recepteurs 5-HT_{1A}
n = 3
Double implantation:
Hippocampus (spe)
Cerebellum (non spe)

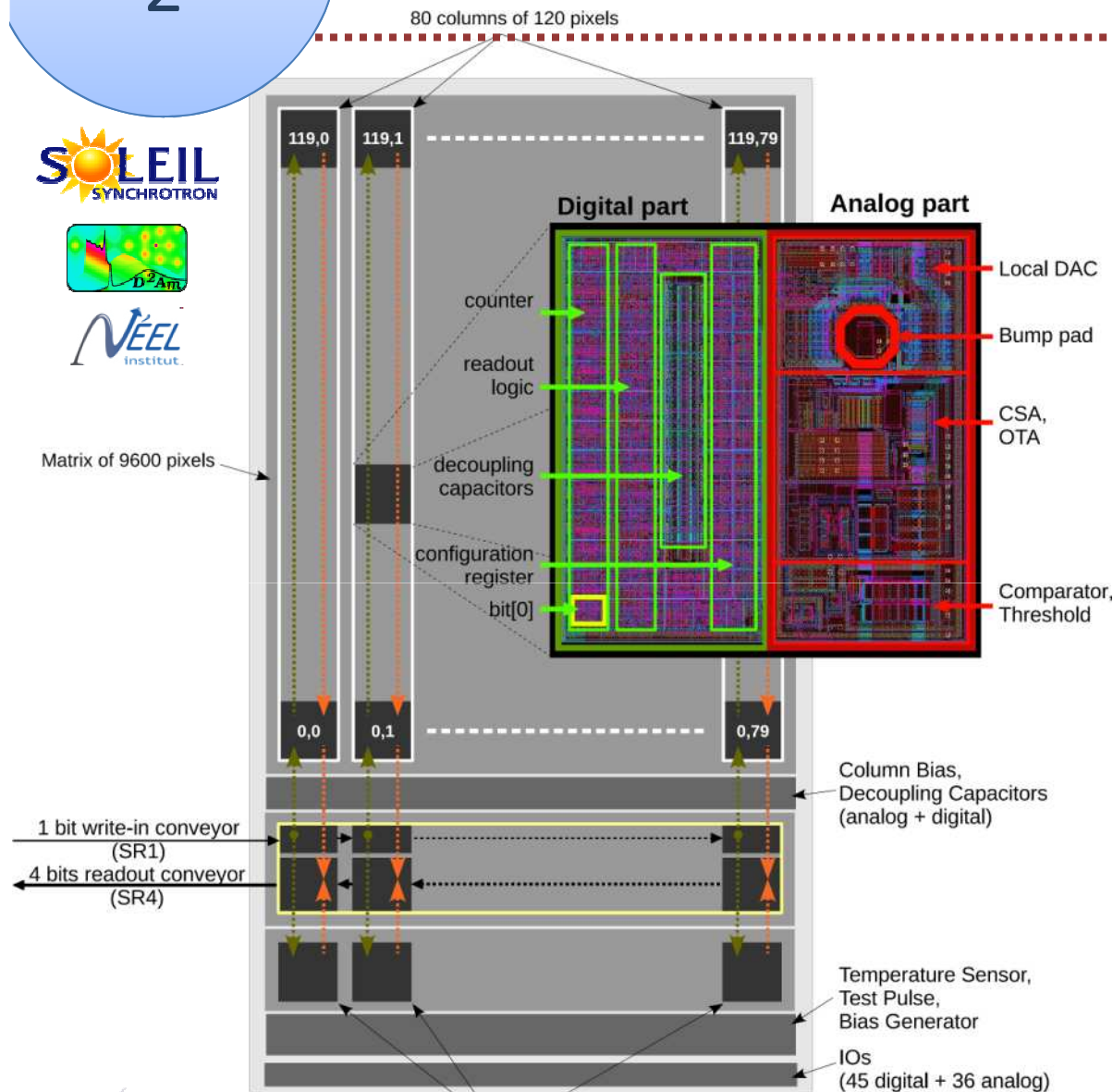
Activity



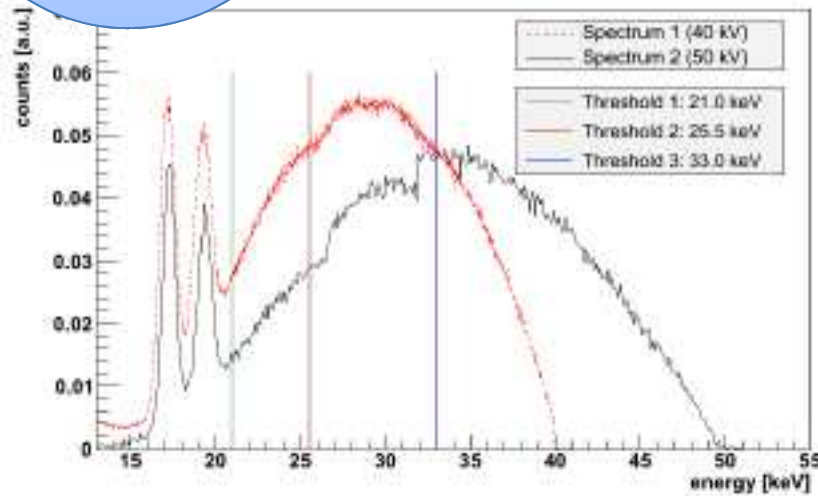
hippocampus specific binding



XPAD3: Si et CdTe Pixels Hybrides pour la détection X



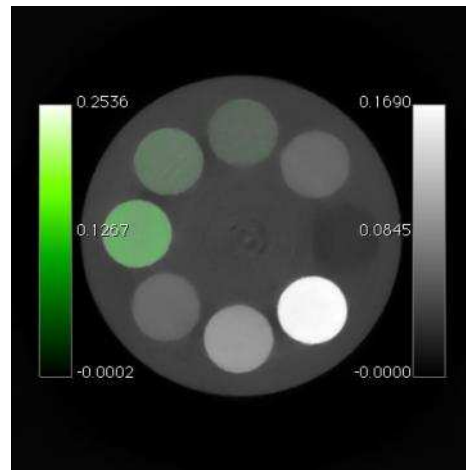
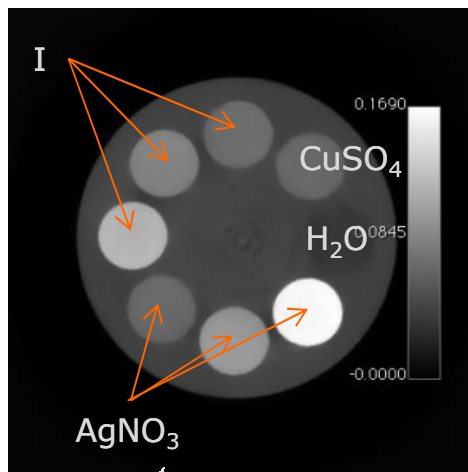
- 0.25 μm IBM CMOS technology
- $(130 \times 130) \mu\text{m}^2$ pixels
- $80 \times 120 = 9600$ pixels
- 12 bit counter + overflow
- Count rate up to 10^6 ph/pixel/s
- < 1 ms readout time
- 5-35 keV adjustable thresholds



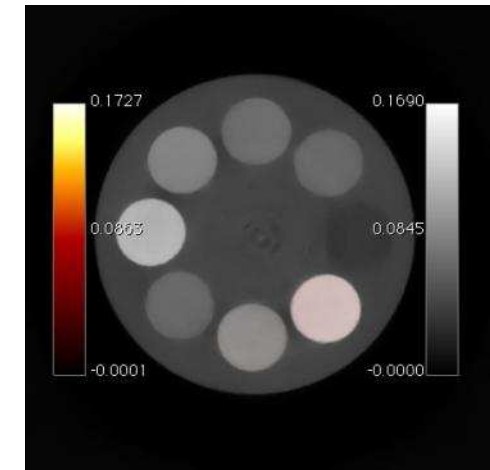
TDM classique

Silver	Iodine
$E_{1Ag} = 21 \text{ keV}$	$E_{1I} = 25.5 \text{ keV}$
$E_{2Ag} = 25.5 \text{ keV}$	$E_{2I} = 33 \text{ keV}$
$E_{3Ag} = 33 \text{ keV}$	$E_{3I} = 40/50 \text{ keV}$

Imagerie au K-edge de l'iode et de l'argent



$$(E_{2I} - E_{3I}) - (E_{1I} - E_{2I})$$



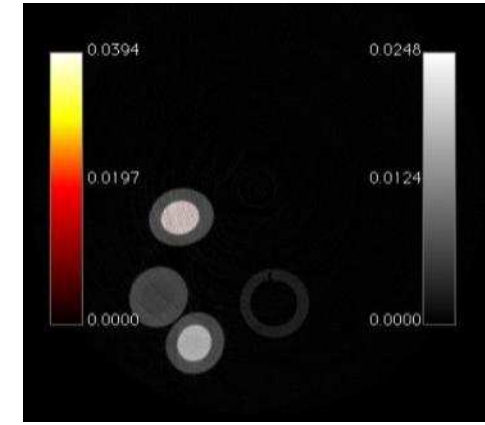
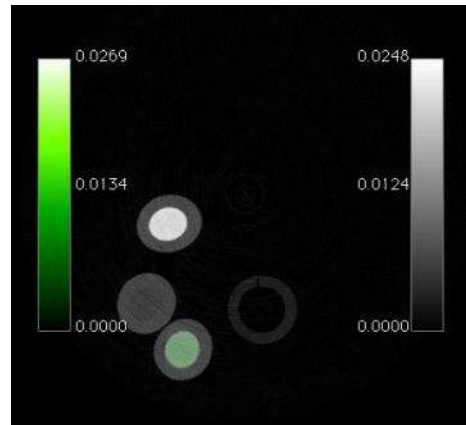
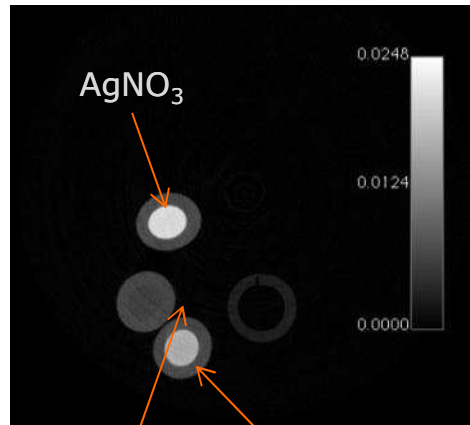
$$(E_{2Ag} - E_{3Ag}) - (E_{1Ag} - E_{2Ag})$$

2

TDM classique

X-ray spectral CT avec XPAD3

Imagerie au K-edge de l'iode et de l'argent



TDM classique

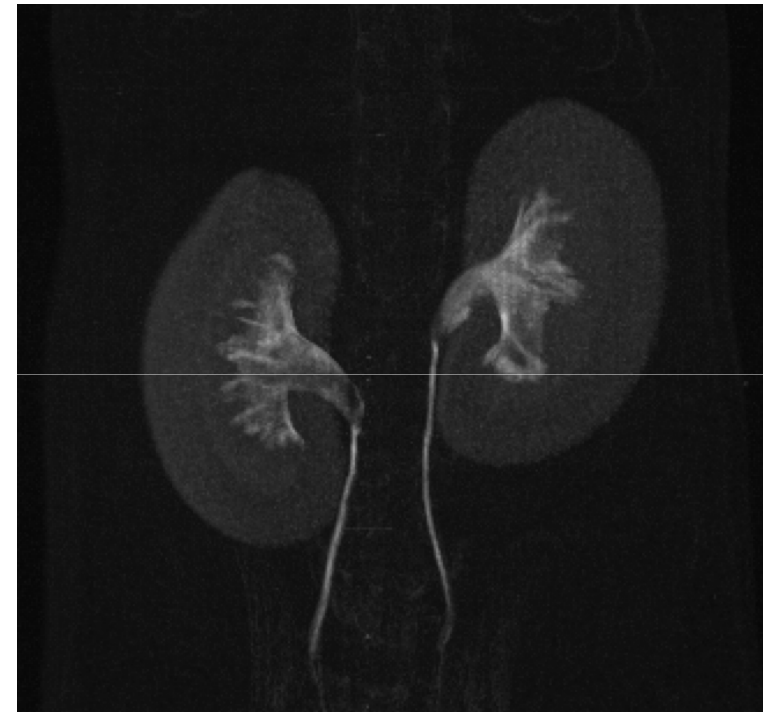
Maximum intensity projection



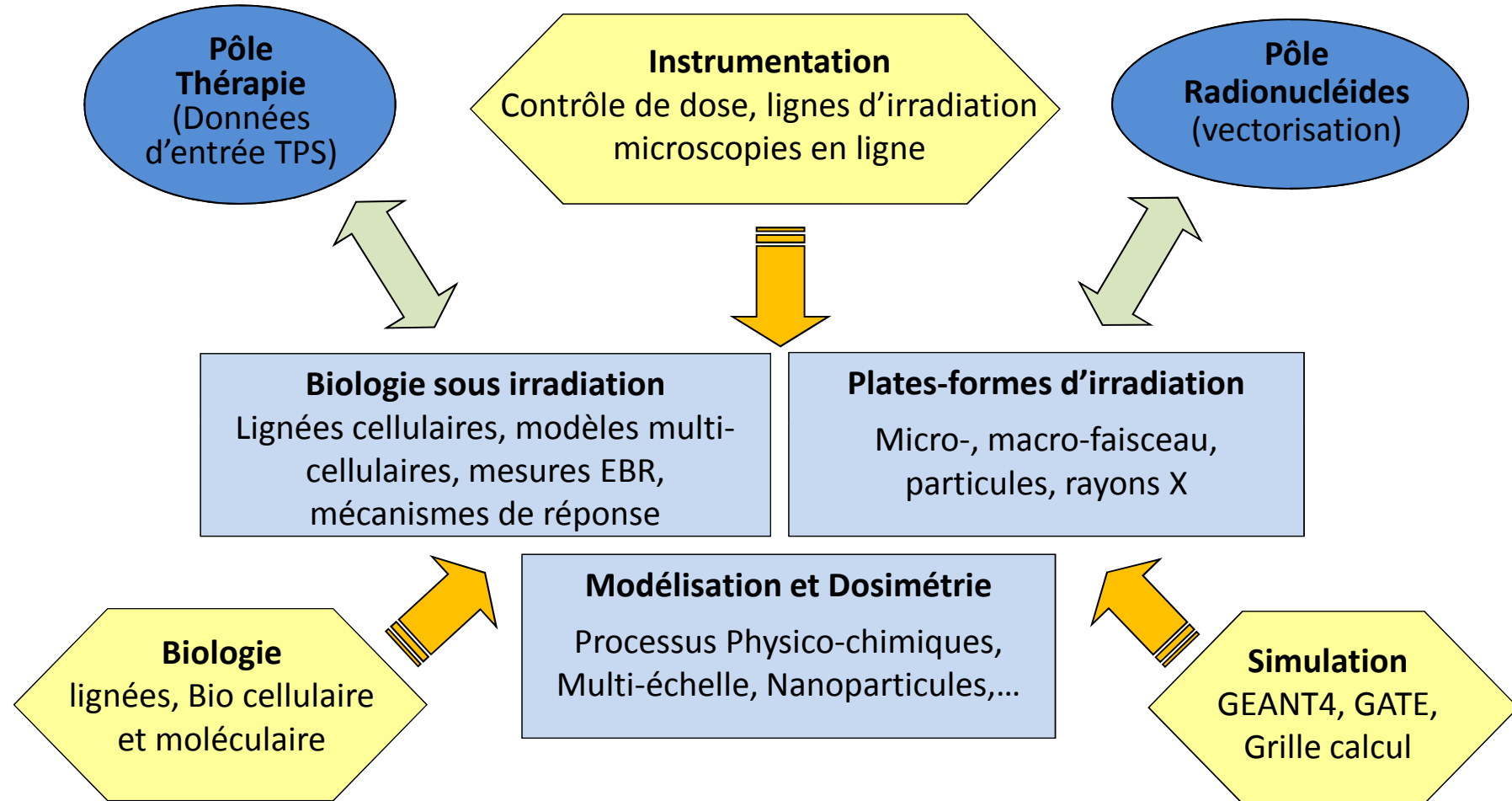
- Injection de 200 μ L d'ioméron
- Tube à anode de molybdène
- 50 kVp, 30 W

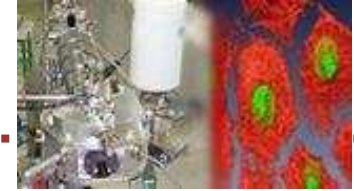
Imagerie au K-edge de l'iode

Maximum intensity projection



- Filtre 100 μ m Cu
- Temps d'exposition 5 s/images
- 360 projections





Motivations : Etude des mécanismes d'action des rayonnements ionisants sur le vivant et application au traitement du cancer.
Impact des modalités de délivrance (particule, énergie, débit,..), des adjuvants radiosensibilisants (éléments lourds, nanoparticules)

Développements instrumentaux

Facilités d'irradiation, dosimétrie multi-échelle, microscopies,...

Acquisition et analyse des données radiobiologiques

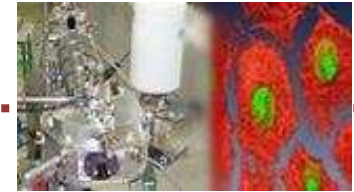
Innovation via les conditions d'irradiation, les outils et les méthodes d'analyse
Application de méthodes employées en Physique : outils statistiques , traitement de volumes importants de données, analyse d'image, tracking, modèles et simulations...

Modélisation des effets des rayonnements sur le vivant

De l'échelle moléculaire à celle du patient

De la femto-seconde jusqu'aux effets à long terme

Evènements physiques, physico-chimiques, chimiques, dommages sub-cellulaires, taux de survie cellulaire, contrôle tumoral



Développements instrumentaux

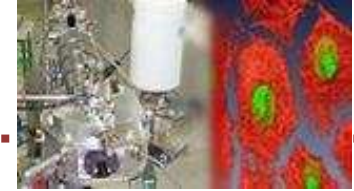
- Transfert technologique d'une ligne micro-irradiation à l'IRSN/AMANDE (CENBG)
- Evolution de la ligne micro-irradiation du CENBG - intégration et mise en œuvre opérationnelle d'un système FRAP (Laser) (Projet Phylas/CRA)(CENBG)
- Achèvement de la ligne Radiograaff de l'IPNL

Acquisition et analyse des données radiobiologiques

- Mise en évidence d'une réponse spécifique des ions (Endommagement des télomères IPNL, LRCM)
- Etudes de la radiosensibilité induites par protons de lignées cancéreuses issues de patients (projet POPRA/SARCOME) (CENBG)
- Etudes de la radiosensibilité induites par nanoparticules (CENBG)
- Etudes de réponses biologiques radio-induites en temps réel – de la cellule à l'organisme multicellulaire (*C. elegans*) (CENBG)

Modélisation des effets des rayonnements sur le vivant

- Geant4-DNA (CENBG, CRCT-INSERM, IRSN) – voir <http://geant4-dna.org>
 - Amélioration des modèles physiques dans le milieu biologique (sections efficaces)
 - Prototype délivré publiquement pour la phase physico-chimique et chimique de Geant4-DNA
 - Combinaison avec des modélisation géométriques de cibles biologiques en cours
 - Vérification et validation en continu (par ex. exemples « étendus » dédiés dans Geant4)
- Finalisation de Nanox I Prédiction de la mort cellulaire induite par les ions (IPNL)
 - Demande de brevet déposée



Développements instrumentaux

- Constitution de ResPlaNDIR (Réseau de Plateformes National pour la Dosimétrie l'Instrumentation et la Radiobiologie)

Acquisition et analyse des données radiobiologiques

- Constitution d'une base de données coordonnée via les WP2-3 de France Hadron, notamment pour paramétrer et tester les modèles biophysiques

Modélisation des effets des rayonnements sur le vivant

- Modélisation du RBE par des approches de nano et microdosimétrie et incorporation dans G4DNA et GATE (LPC-Clermont, IPNL, CENBG)
- Simulation des processus physiques, physico-chimiques et chimiques, et des dommages précoces
 - Geant4- DNA (coordination : CENBG) : <http://geant4-dna.org/>
 - LQD/PhyChemL, CHEM (IPNL, LPC-Clermont, LPSC) <http://lqd.in2p3.fr/>
- Construction d'un projet fédérateur : plate-forme modélisation ouverte
 - Outils, modèles et méthodes accessibles à la communauté avec interfaçage
 - Multi échelle (de la nanodosimétrie au patient) et multi disciplinaire (physico-chimie-bio)
 - Interaction des rayonnements avec le vivant

Photobleaching en ligne sur la ligne de micro-irradiation cellulaire du CENBG

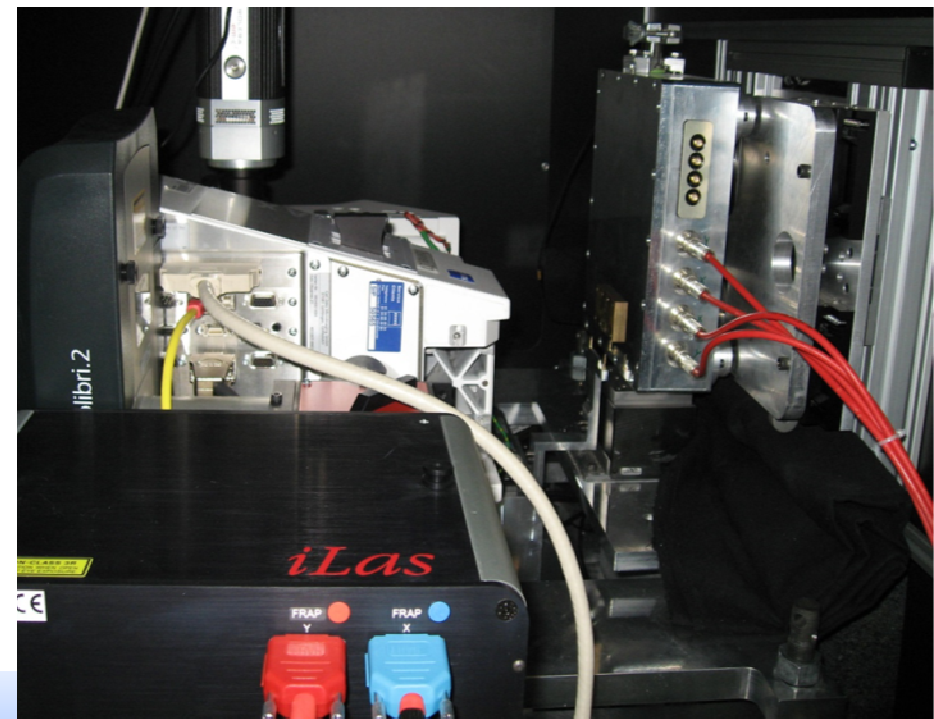
FRAP : Fluorescence Recovery After Photobleaching

- Manipulation de l'état de fluorescence des protéines d'intérêt avant ou après irradiation
- Etudes dynamiques de relocalisation de protéines aux sites endommagés

2014 : installation d'un système de balayage laser sur le microscope de la ligne d'irradiation (Projet Philas, Région Aquitaine) – En cours de validation

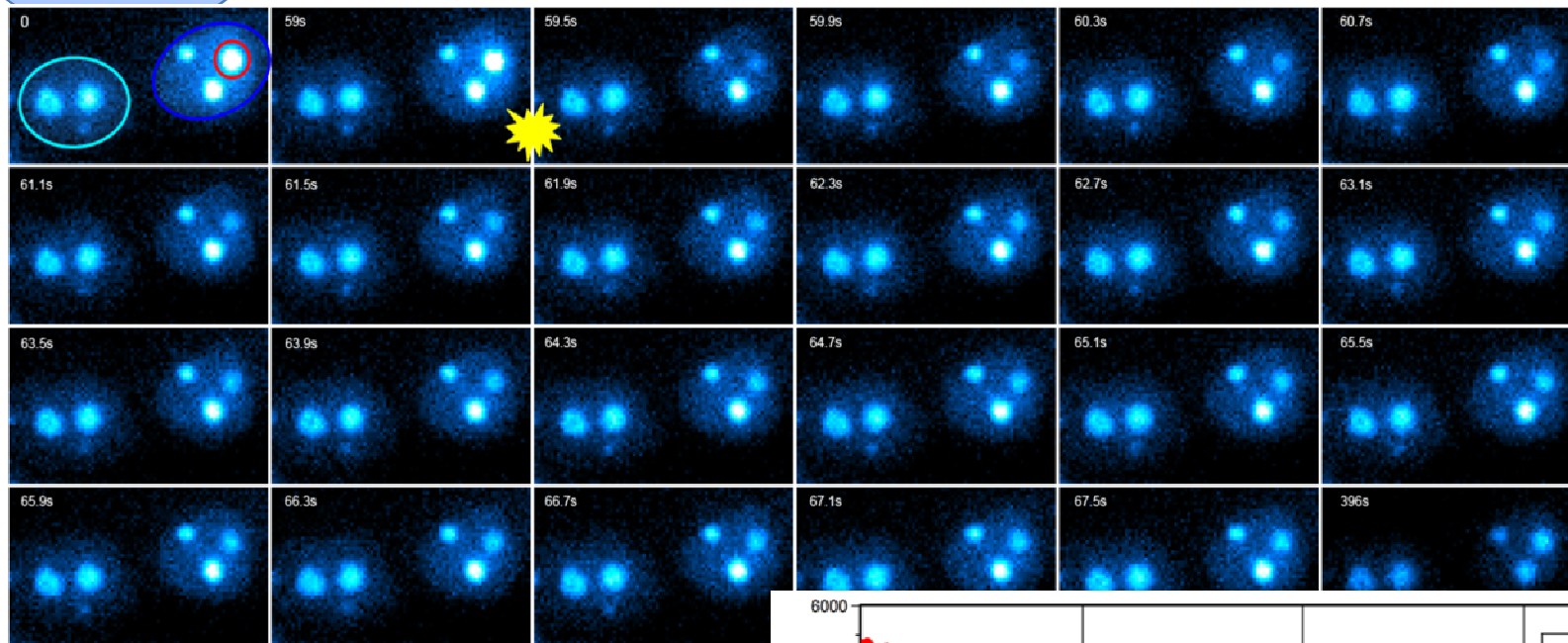


Système Roper™
iLas sur le
microscope de la
ligne



3, 25 juin 2015, Paris

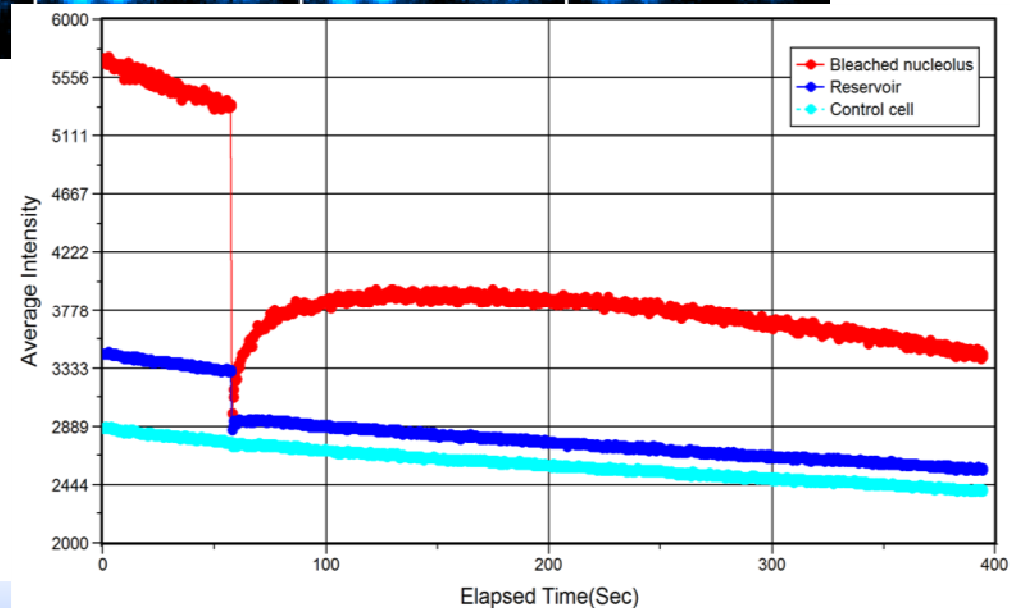
Photobleaching en ligne sur la ligne de micro-irradiation cellulaire du CENBG

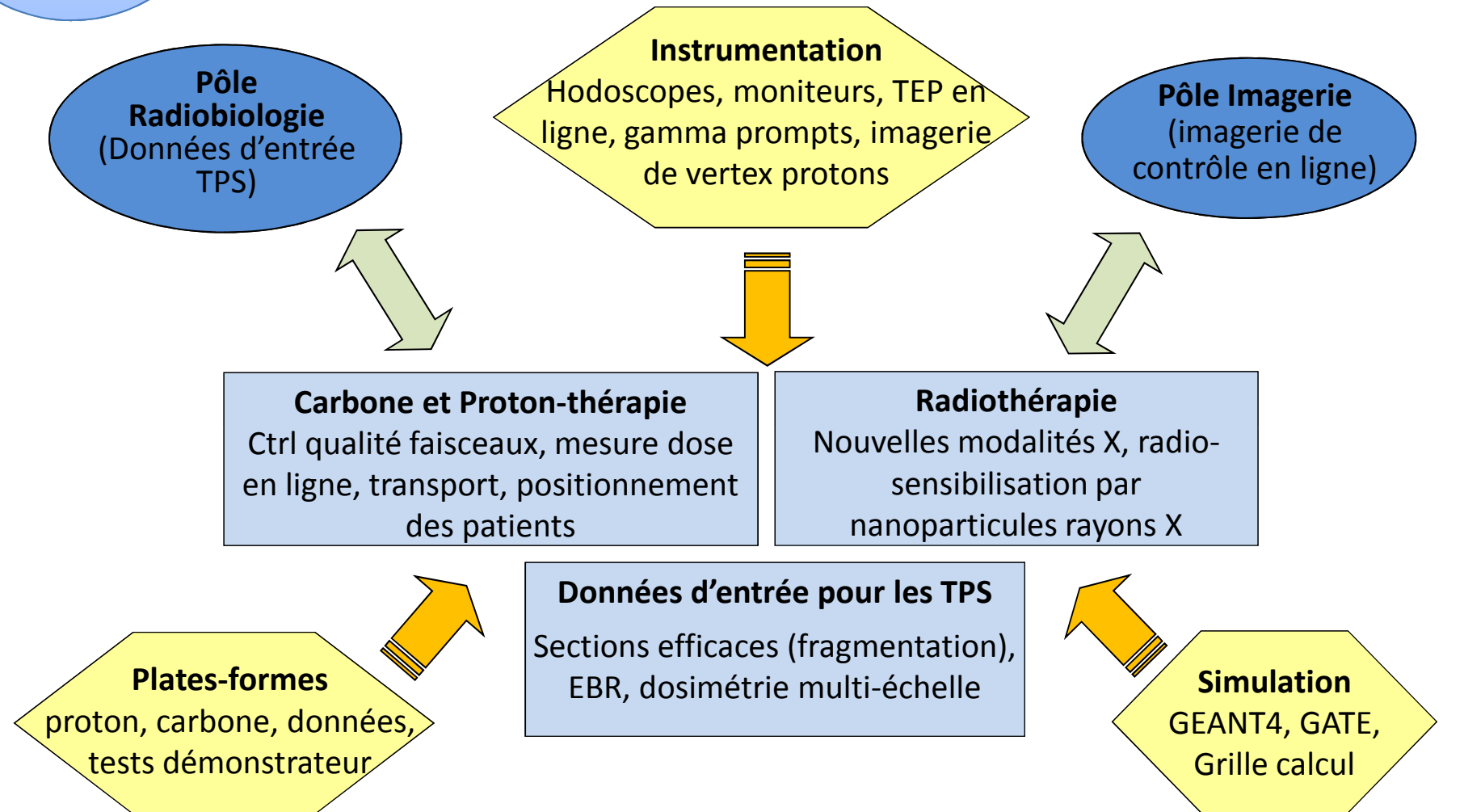


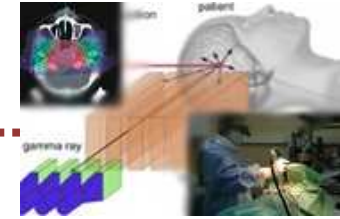
FRAP sur cellules U2OS NOP52-GFP (marquage nucléolaire). Haut :

Acquisition en vidéo-microscopie avec une image toutes les 400ms. La suppression de la fluorescence a lieu 60 sec après le début de l'acquisition.

Droite : Variation de l'intensité de fluorescence dans les 3 zones d'intérêt : Cyan : contrôle; bleu : noyau complet; Rouge : nucléole photo-blanchi







Challenge : Nouvelles thérapies et techniques d'imagerie associées

Contrôle de faisceau pour la hadronthérapie et radiothérapie

Contrôle faisceau hadronthérapie

Moniteur de faisceau protonthérapie

Contrôle faisceau radiothérapie

Données et modèles Physique pour les TPS hadronthérapie

Simulation de références de dose physique

Plateforme de simulation pour TPS

Mesures de données fondamentales pour la simulation de la dose physique

Contrôle de dose en ligne pour la hadronthérapie

Contrôle de dose par imagerie bêta+

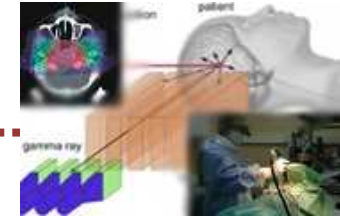
Contrôle de dose par imagerie gamma prompts

Contrôle de dose par imagerie de vertex des protons secondaires

Optimisation des traitements

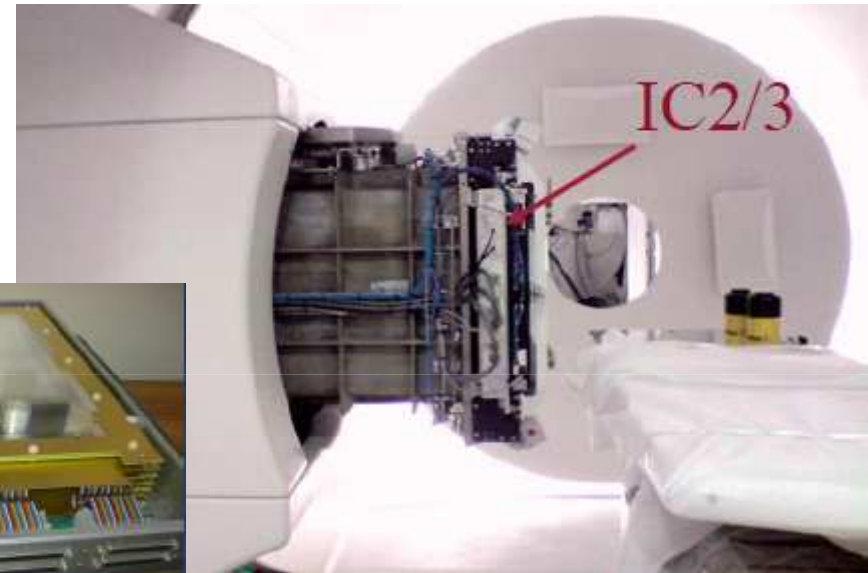
Radiosensibilisation par des nanoparticules

RT à l'aide de mini-faisceaux X



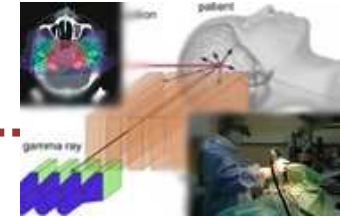
Chambre d'ionisation IC2/3 équipant les centres de protonthérapie (active scanning) IBA

- Positionnement du faisceau
 - Mesure de taille du faisceau
 - Mesure de débit de dose
- (LPC Caen, IBA)



Augmentation des débits de dose machine :
Développement d'un nouveau moniteur de faisceau haut débit

- Détecteurs pour forts taux de comptage
 - Electronique digitale (FASTER)
- (LPC Caen, ARCHADE, IBA)



- Contrôle faisceau pour la radiobiologie au GANIL
Développement du moniteur faisceau DOSION (C - Xe énergie de 10 à 95 MeV/u)
(GANIL-LPC Caen-CIMAP)

- Amélioration du moniteur : DOSION3

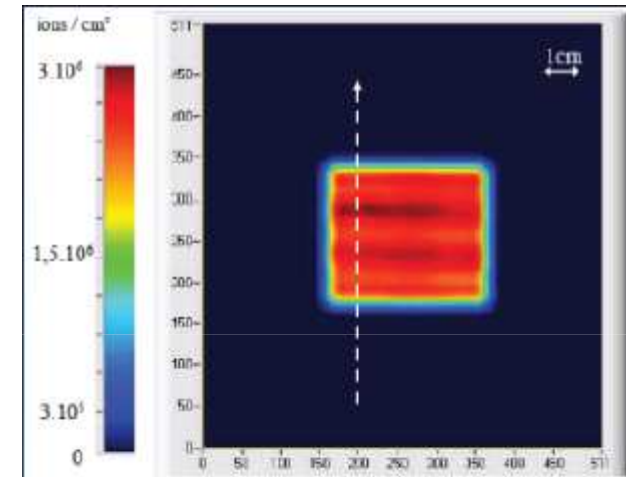


Electromètres multi-voies (FASTER)

Chlo multipiste et simple d'utilisation/calibration

Faisceau France Hadron (09/2013)

Evolution vers le contrôle faisceau d'ARCHADE



- Hodoscope faisceau développé au LLR
Profileur basé sur des fibres scintillantes lues par CCD

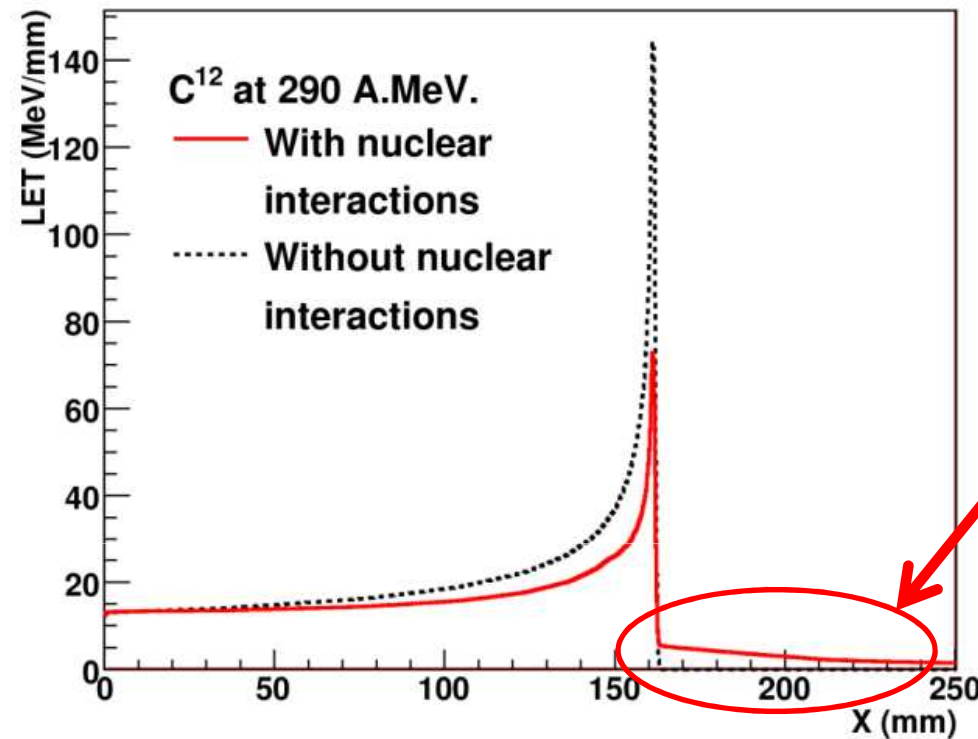
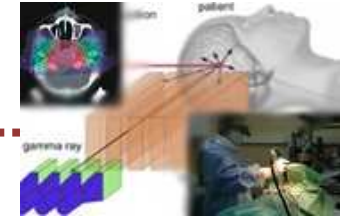


Mesures de profils/position

Mesures d'intensité faisceau envisagées

Hodoscope fourni à CNAO et transfert de technologie en vers MedAustron





Les simulations ne reproduisent pas la fragmentation avec la précision requise :

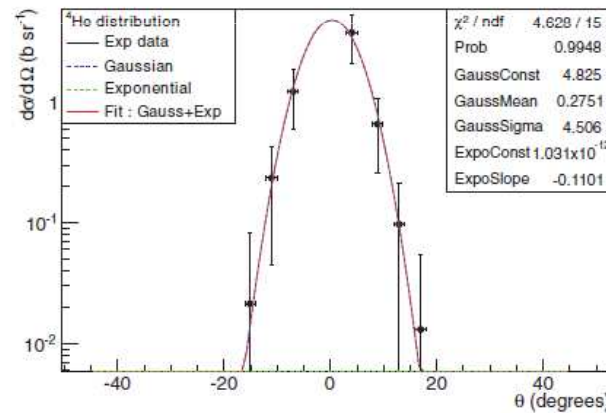
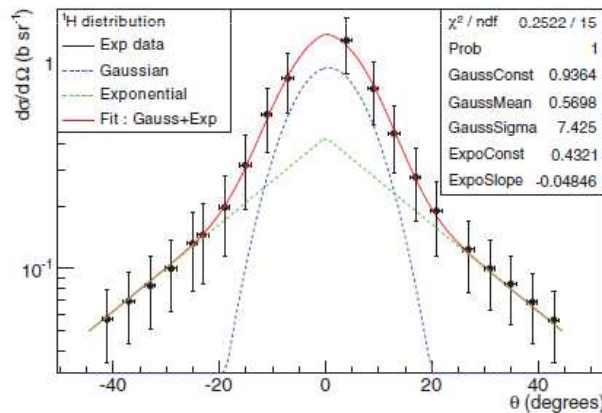
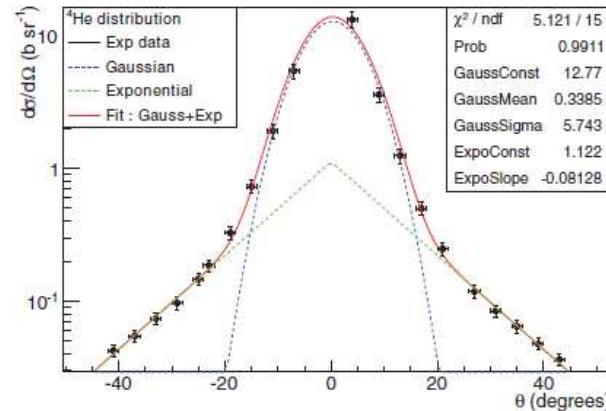
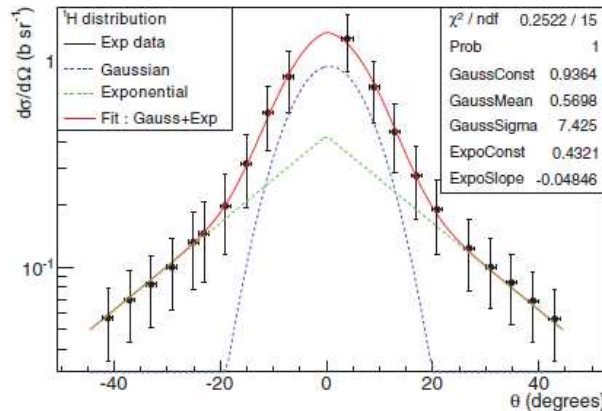
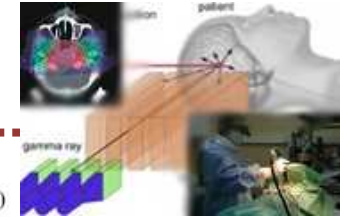
~2.5% & ~1 mm sur le dépôt de dose

Imagerie de contrôle en ligne

→ Besoin de données nucléaires

→ Besoin d'améliorer/contraindre les codes de calcul

→ Intégration dans un TPS



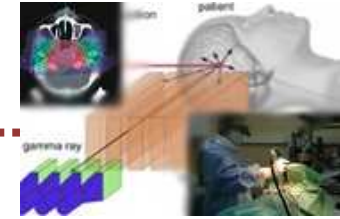
IPHC

IPHC
Institut Physicochimique
Hubert Curie
STRASBOURG

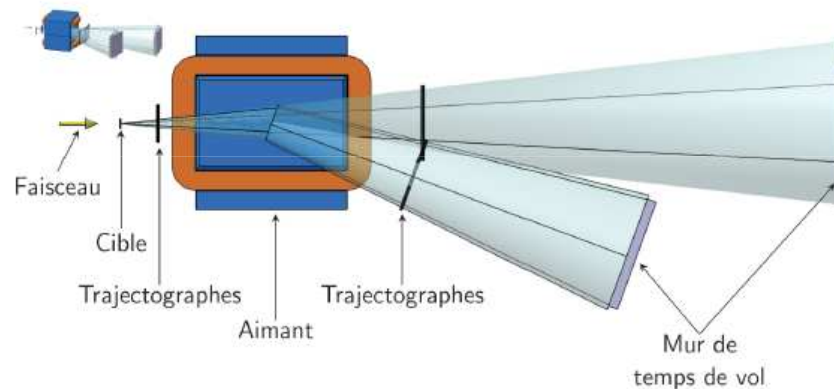
IPHC

Angular distributions of protons and alphas production for the carbon (upper panels) and hydrogen (lower panels) targets. The distributions have been fitted by a sum of a Gaussian and an exponential functions

Double-differential fragmentation cross-section measurements of 95 MeV/nucleon ^{12}C beams on thin targets for hadron therapy - PHYSICAL REVIEW C 88, 024606 (2013)

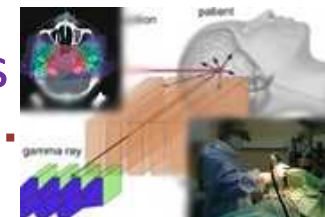


Développement d'un système de détection system à plus haute énergie :
 FRACAS for "FRAgmentation du Carbone et sections efficACes"
 Il sera installé en 2019/2020 dans la salle de recherche Physique du
 projet ARCADE



FRACAS permettra l'identification en charge et en masse des particules produites lors de la fragmentation du ^{12}C jusqu'à une énergie de 400 MeV/n sur cible minces et la mesure de sections efficaces doublement différentielles.

Collaboration LPC – IPHC



Dispositifs développés

Caméra collimatée à TOF $\rightarrow$ [IPNL – CREATIS + IBA]

Caméra Compton à TOF $\rightarrow$ [IPNL – CREATIS – LPC-Clermont]

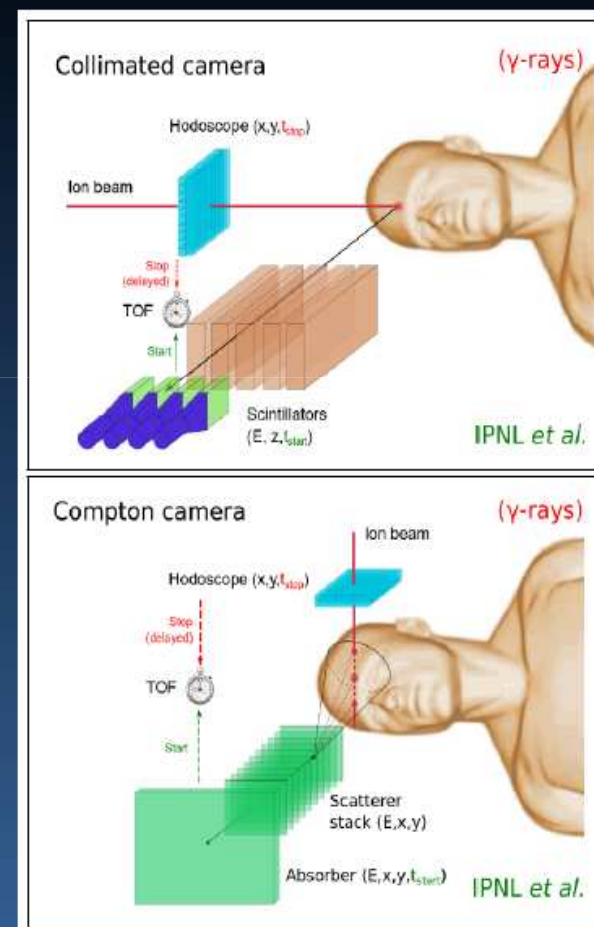
Hodoscope (étiquetage spatial et temporel) $\rightarrow$ [IPNL]

Résolution spatiale (cible homogène): [IPNL+CREATIS+IBA]

Contrôle à l'échelle d'un 'pencil beam' en protonthérapie

Compétitif avec la slit-caméra (IBA)

Détection de déviations en conditions cliniques (cibles hétérogènes) $\rightarrow$ [CREATIS+IPNL]



Mesures gamma prompts

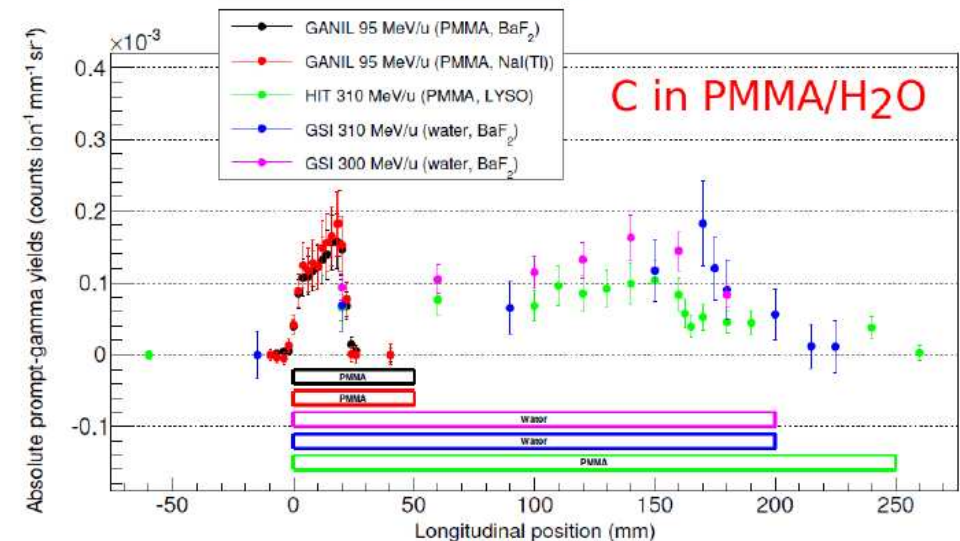
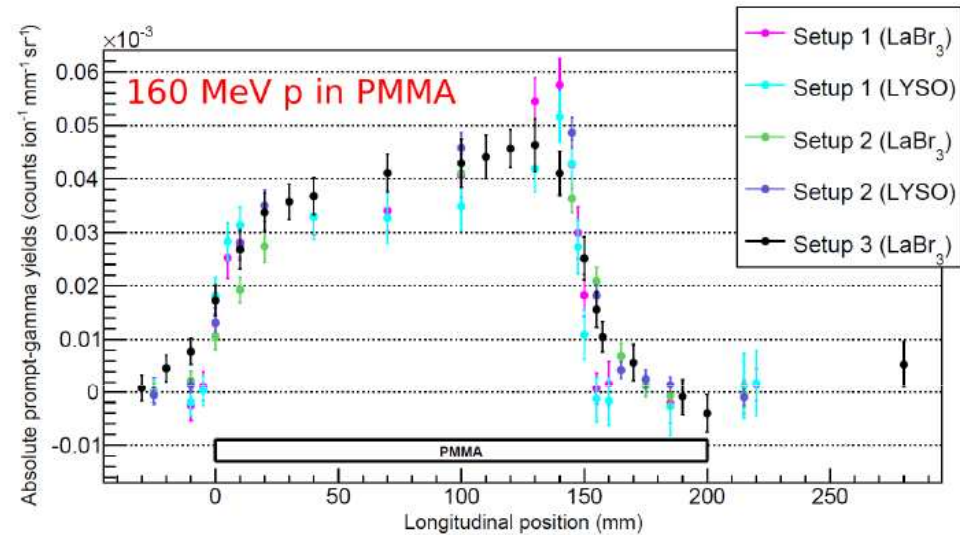
- Rendements absolus proton et carbone sur toutes les données Lyon
($E > 1$ MeV, dans 4π)
Protons: 0,03%/p.cm.sr
Carbone: 0,2%/ion.cm.sr

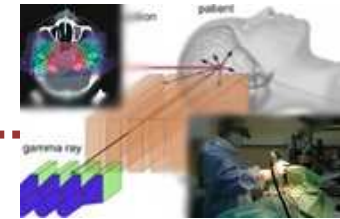
M. Pinto et al,

Phys Med Biol 60 (2014) 565

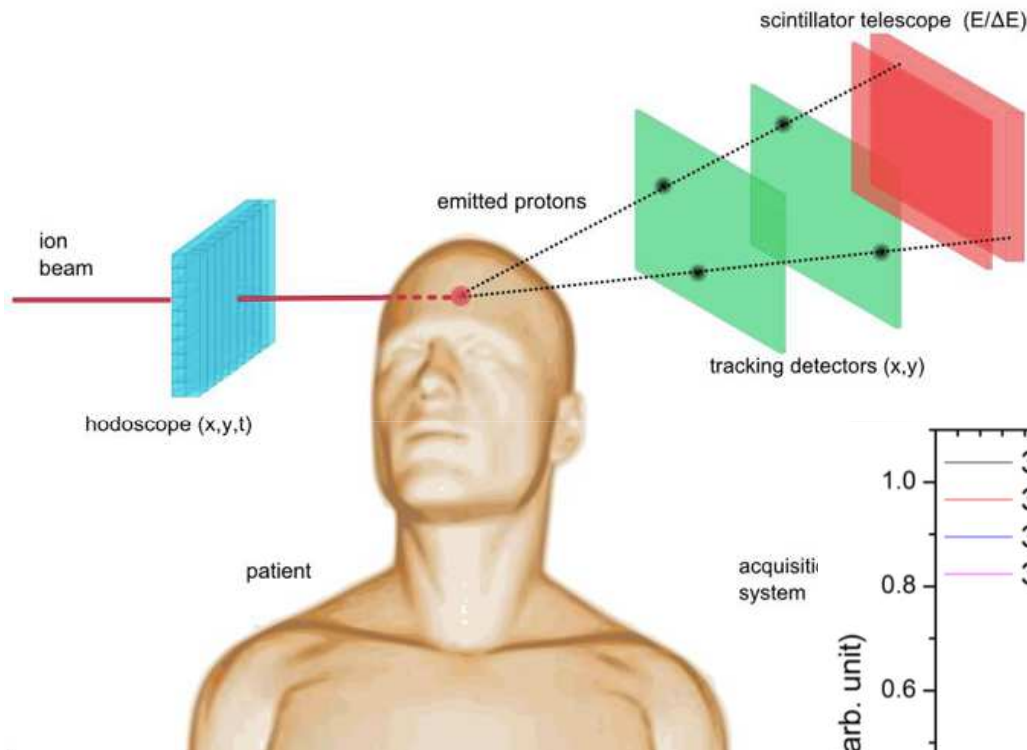
- Mesures de rendements en fonction de la cible: projet GammaDosi

- Modélisation des rendements
G. Dedes et al,
Phys Med Biol 59(2014) 1747

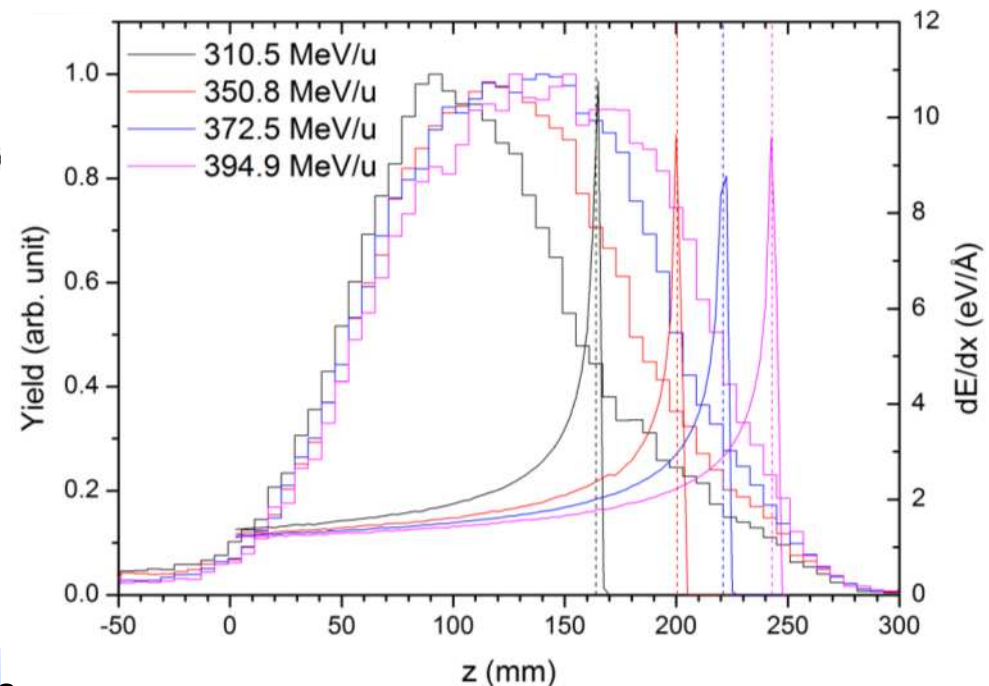




Imagerie de vertex de protons secondaires



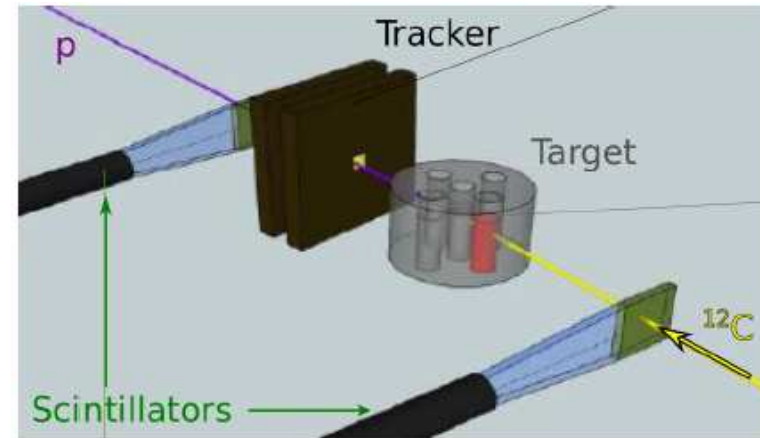
Projet : QAPIVI (Quality Assurance for carbon therapy by proton interaction Vertex imaging)



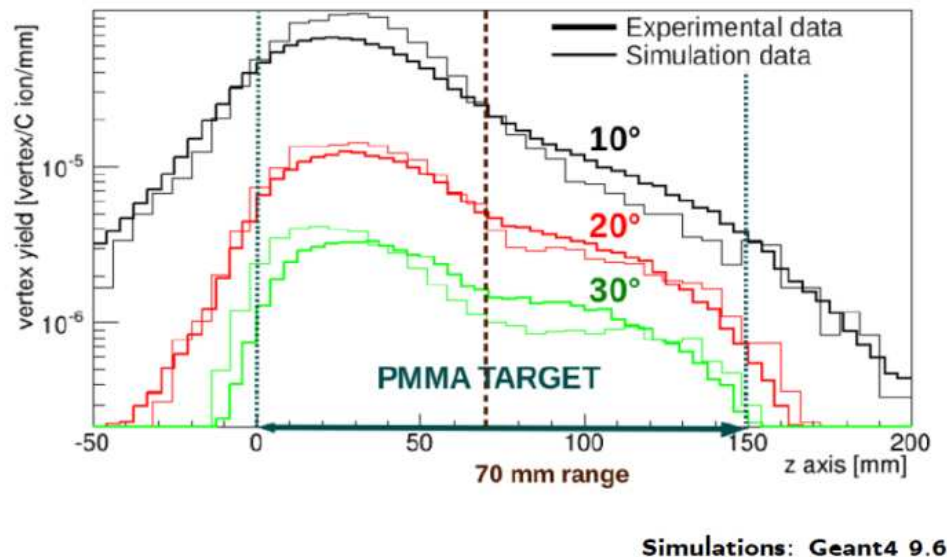
Interaction Vertex Imaging

Collaboration IPNL-IPHC

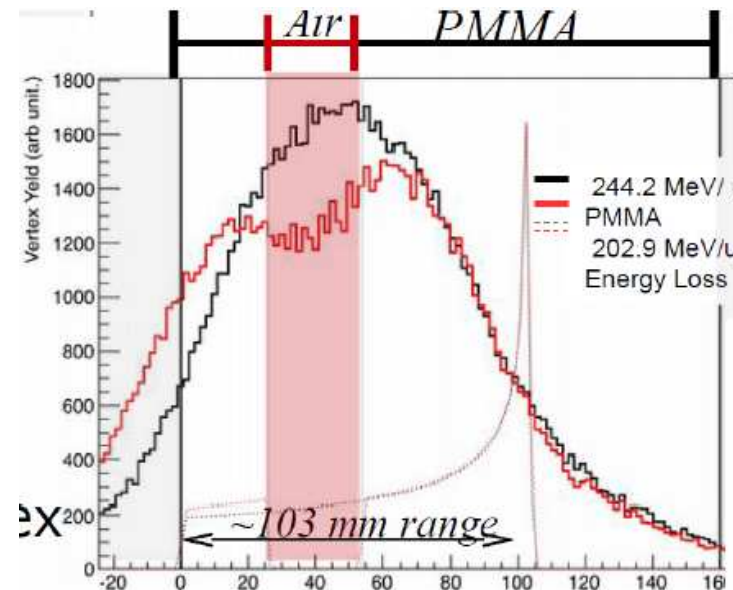
- Tracker = CMOS telescope
- Cibles homogènes (PMMA) et hétérogènes (inserts)



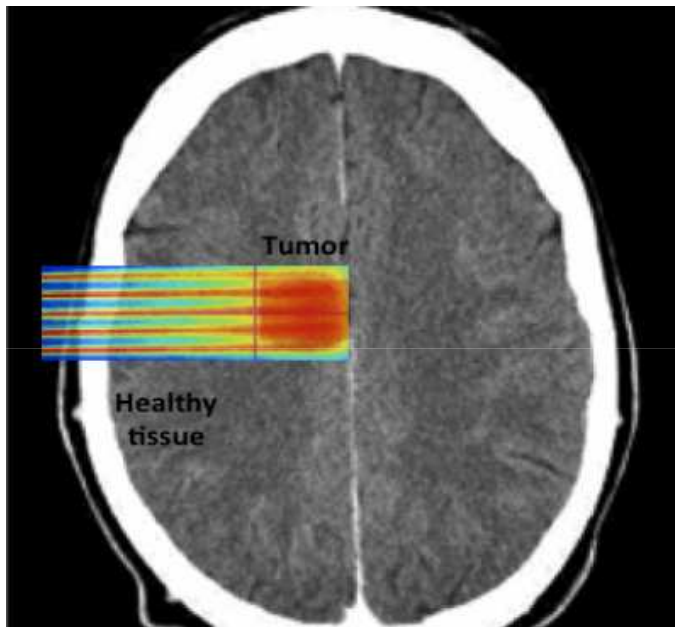
Comparaison expériences –simulations
(V. Reithinger et al, PTCOG 2013)



Étude en fonction de la position d'inserts d'air
(Rescigno et al, ICTR-PHE 2014)

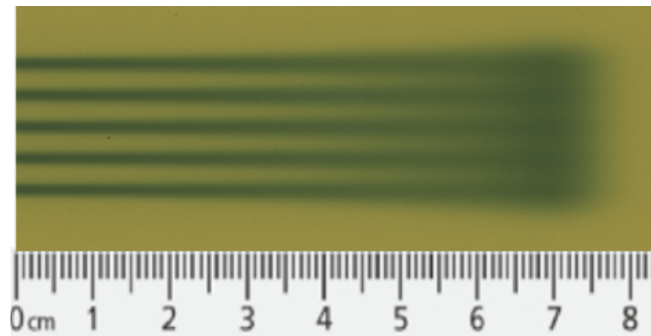


1. Implementation d'une nouvelle approche: radiothérapie par minifaisceaux de protons au Centre de protonthérapie d'Orsay (IMNC)



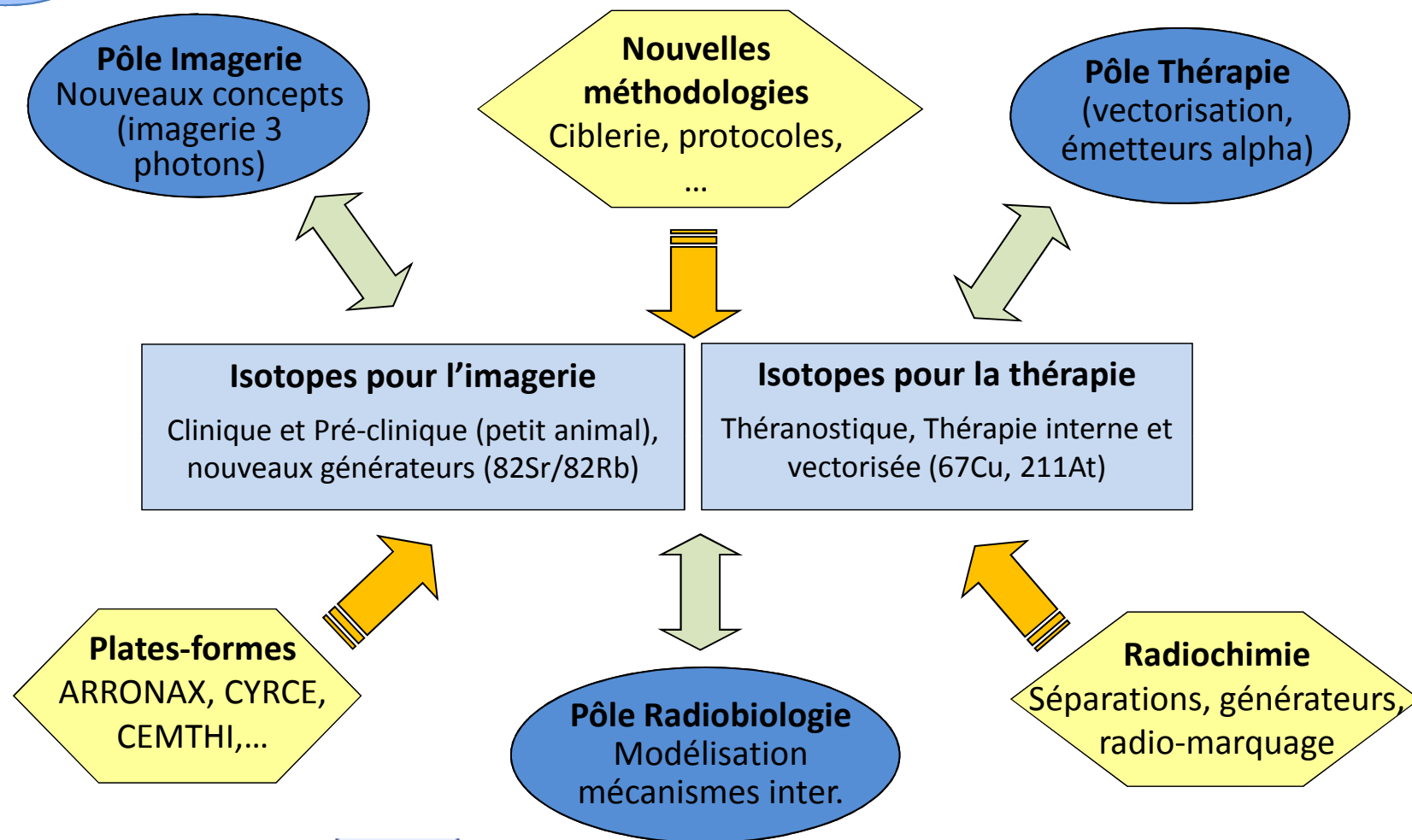
Avantages du fractionnement spatial et des petites tailles de champ + balistique plus précise des protons.

Implementation à l'ICPO + dosimétrie
Études radiobiologiques en cours



2. Transfert de la radiothérapie par minifaisceaux rayonnement X du synchrotron vers un équipement à faible coût. Début des études radiobiologiques







Objectif: Promotion des radionucléides innovants pour l'imagerie et la thérapie

Coordination entre les plates-formes nationales de production par accélérateur

ARRONAX, CYRCE@IPHC, GANIL, CEMTHI

Mettre en place des synergies entre les acteurs nationaux dans le domaine

Workshop annuel / participation au club des radiopharmaceutiques

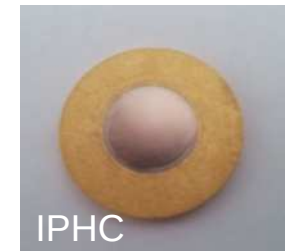
Développer des méthodologies communes

Echanges sur la ciblerie : Cu-64 (ARRONAX/Subatech/IPHC) –
At-211 (ARRONAX/Subatech/GANIL)



Développer des projets de recherche communs

Labex IRON (Cu-64, Zr-89), projet (At-211, Lu-177)



Diffuser une information de qualité auprès de la communauté scientifique et du public

Liste des plateformes de productions et d'études des radio-isotopes sur le site du GDR
Livres blancs sur le Cu-64, At-211 et Tc-99m produit par accélérateur



Plates-formes de production

- Cyclotron ARRONAX (multi-particules, 70 MeV, haute intensité)
- Cyclotron Cyrcé (proton 24 MeV, haute intensité)
- Cyclotron CEMHTI (multi-particules, 40 MeV)
- LINAG SPIRAL2 (multi-particules, 40 MeV, haute intensité)
- Tandem IPN Orsay (multi-particules)

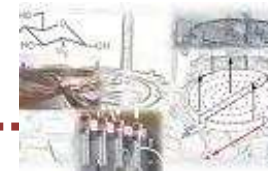
Equipements spécifiques

- Moyens analytiques (électromobilité, HPLC, ...)
- Enceintes blindées – Laboratoires stériles
- Automates de synthèses



- Radiothérapie vectorisée
 - Emetteur alpha : astate 211
 - Emetteurs beta : cuivre 67 – scandium 47
- Imagerie TEP
 - Générateurs $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$: cardiologie
 - Générateurs $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$: oncologie, neurologie
 - Cuivre 64 : imagerie moléculaire, dosimétrie TEP
 - $^{44\text{m}}\text{Sc}/^{44}\text{Sc}$: imagerie moléculaire, dosimétrie TEP
 - Scandium 44 : bêta+ et gamma (caméra 3 photons)



**Fluor-18:**

Cyrcé – pré-clinique

Carbone-11:

CEMHTI - pré-clinique

Cuivre-64:

CEMHTI - pré-clinique

Cyrcé – pré-clinique (*en cours de développement*)

ARRONAX - pré-clinique & clinique (*en cours de développement*)

Astate-211:

CEMHTI : pré-clinique

ARRONAX : pré-clinique & clinique (*en cours de développement*)

Scandium-44/Scandium-44m:

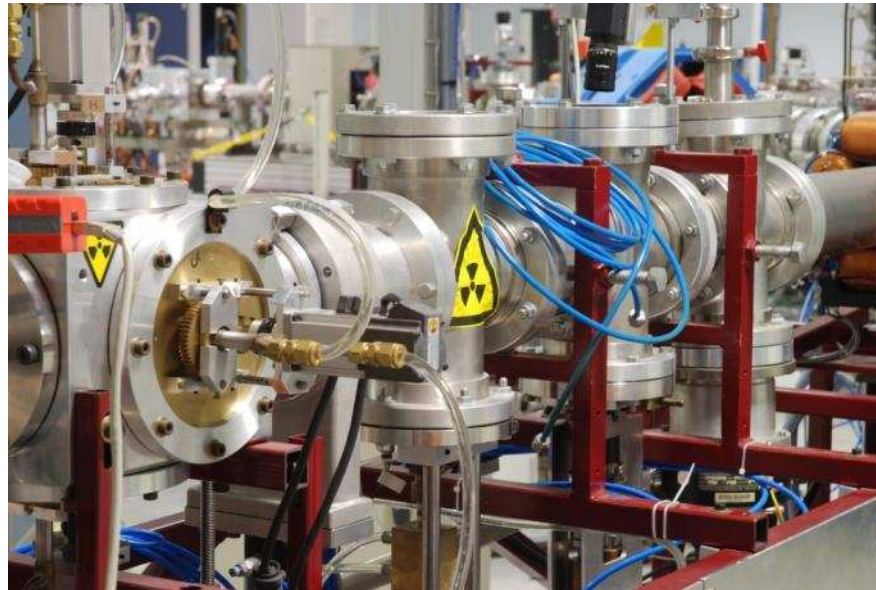
ARRONAX pré-clinique (*en cours de développement*)

Zirconium-89:

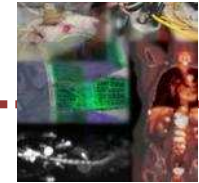
Cyrcé – pré-clinique (*en cours de développement*)

Autres isotopes d'intérêt

Ga-68, Tc-99m, In-111, Cu-67, Sc47, Ho-166, Lu-177, Re-188, Tb161



Les plates-formes et projets fédérateurs



Enjeux : Répondre à la diversité des besoins des études précliniques sur modèles animaux en proposant des solutions d'imagerie dédiées et complémentaires

✓ Plateformes d'imagerie *in vivo* multimodale (TDM, TEMP, TEP, optique)

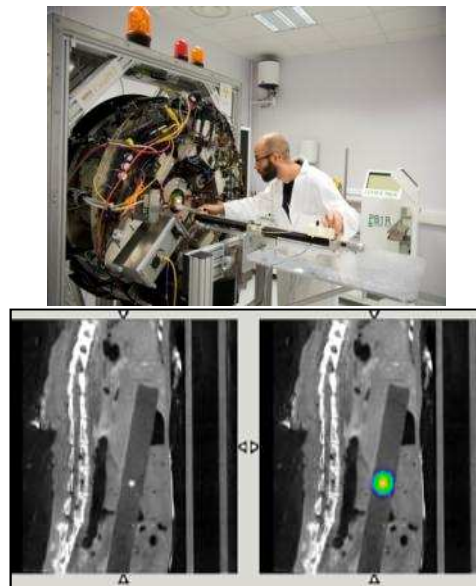


AMISSA



Plateforme TEMP/TDM
séquentielle
(plus de 600 exam./an)

El Bitar et al IEEE TNS 2011



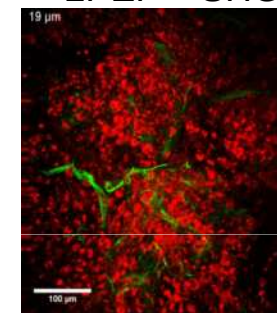
ClearPET/XPAD et
PIXSCAN II

Tomographie hybride TEP/TDM simultanée
Faisceaux X coniques

Nicol et al IEEE NSS/MIC 2009

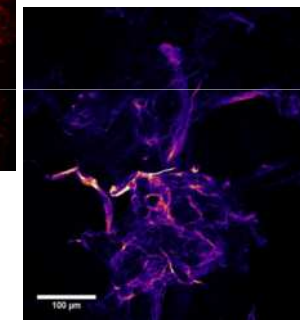


2PEF + SHG



Tumeur

SHG



PIMPA (IMNC)

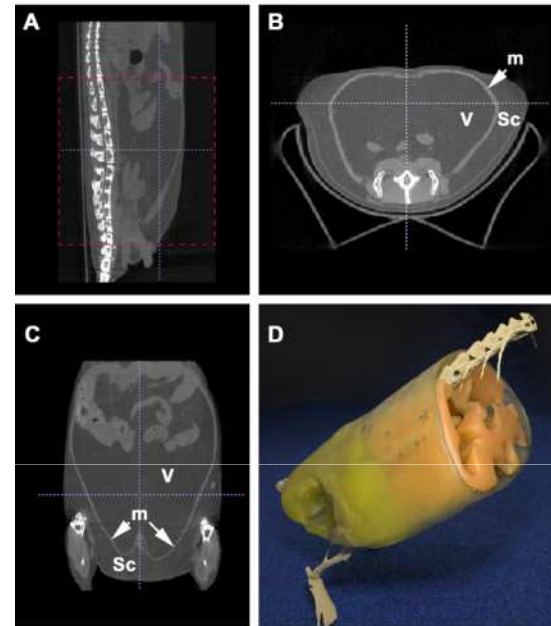
Imagerie multiphotonique en
microscopie optique non-
linéaire



Plateforme d'imagerie du petit animal

Plateforme AMISSA : Approche Séquentielle

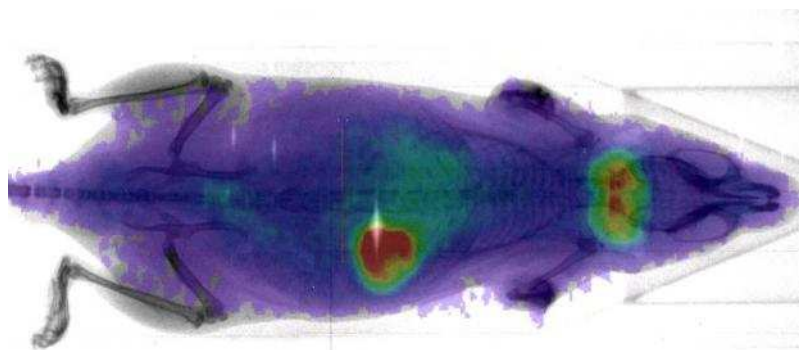
A Multimodality Imaging System for Small Animal



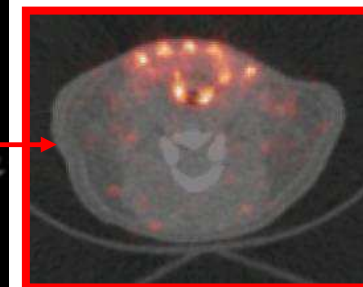
μ CT



μ SPECT

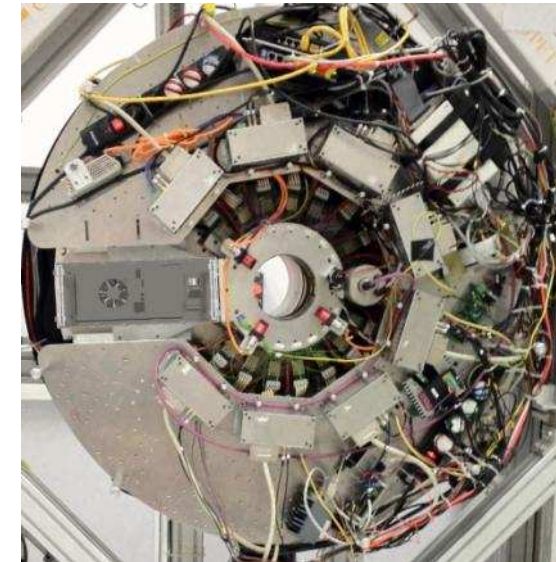
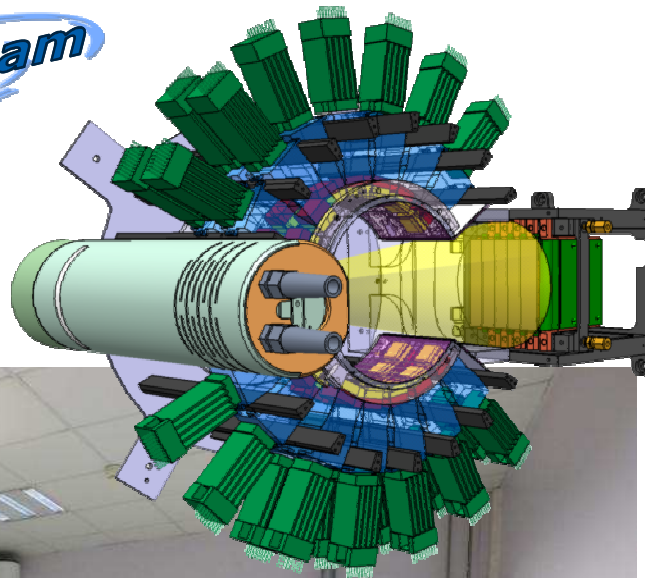


Screening 2D (fusion d'images)

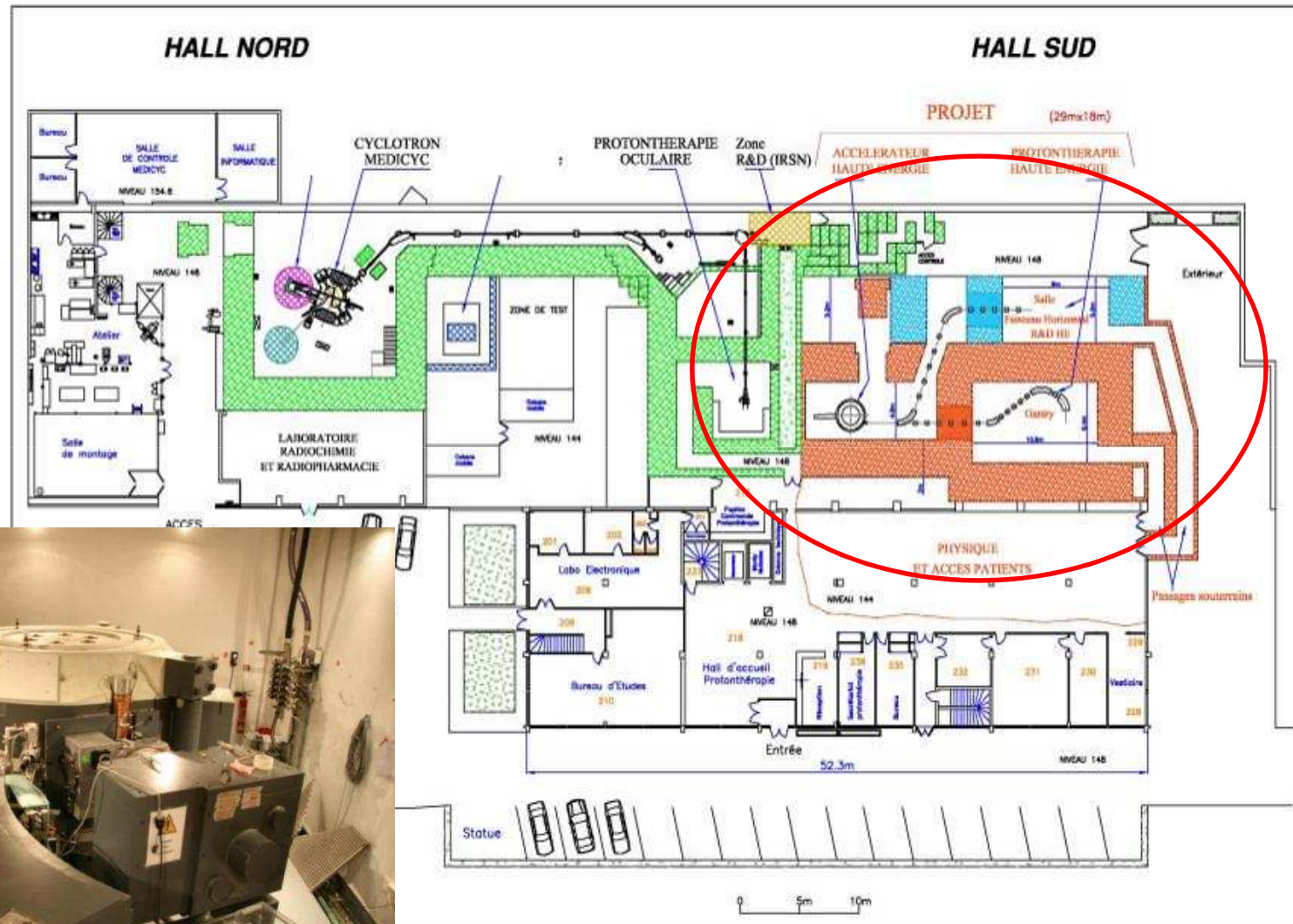


CT :

- Caméra XPAD3
- 500,000 Si pixels
(130 x 130) μm^2
- Tube à rayons X à anode
de Mo (RTW)


 imXgam
**TEP :**

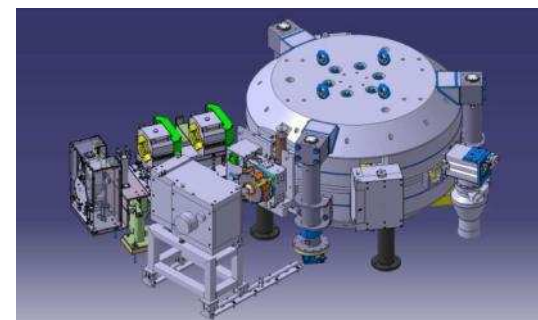
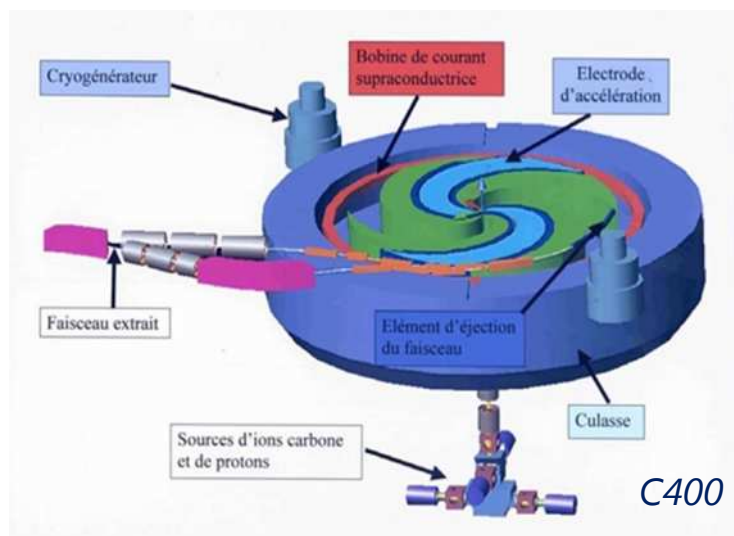
- 21 Modules phoswich
LSO/LuYAP
- (8 X 8) cristaux de
(2 x 2 x 8) mm^3
- MaPMT à 64 canaux
(Hamamatsu)



Vue cyclotron S2C2 implanté au CAL Paris

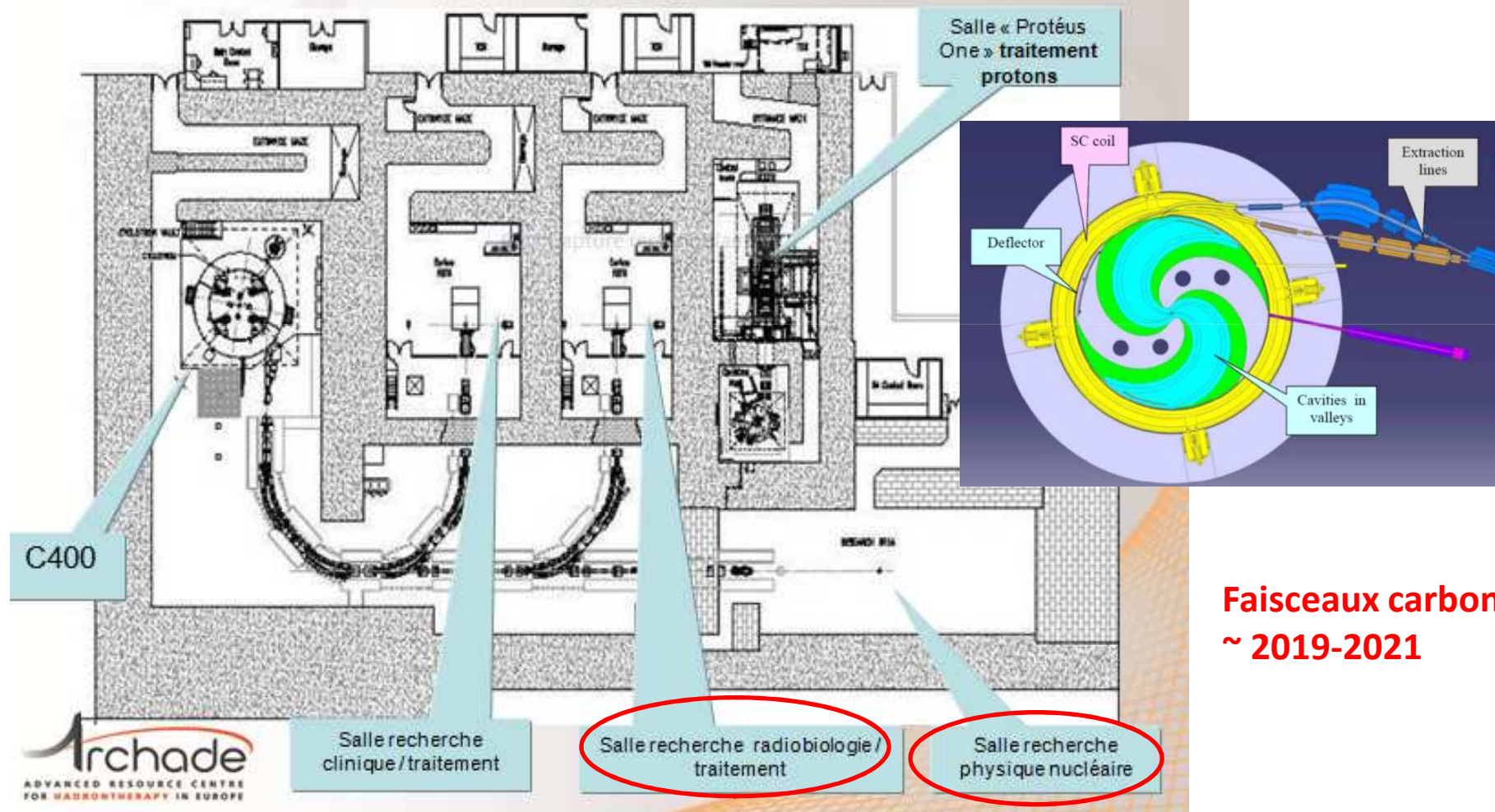


*Perspective bâtiment ARCHADE- phase finale APS -
 SOGEA Nord-Ouest (groupe VINCI)*



S2C2

Plan du niveau salles d'irradiation – Phase 3



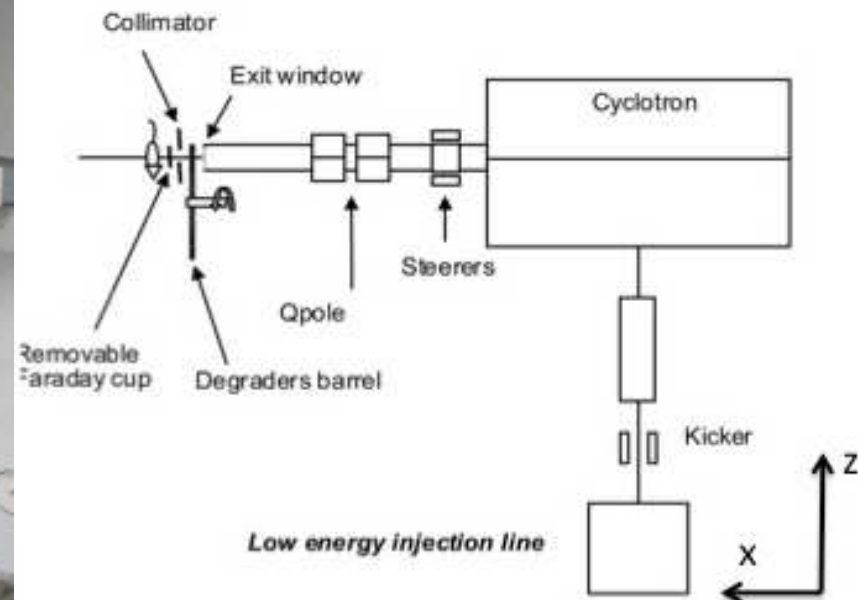
**Faisceaux carbone
~ 2019-2021**

Le cyclotron CYRCE à l'IPHC Strasbourg

Le projet PRECY : « Plateforme de Radiobiologie Expérimentale auprès de Cyrce »

Phase I : Extraction du faisceau à 24 MeV et injection dans une nouvelle ligne pour l'irradiation. Applications: Irradiation de lignées cellulaires, mesures EBR, xénogreffes sur petit animal...

Phase II : post-acceleration des protons jusqu'à 70 MeV et applications à des études pré-cliniques, petit animal in vivo.



Plates-formes ArronaxPlus

Plate-forme 1

Production de radionucléides



Radionucléides innovants

At-211, Cu-64, Sc-44

Augmentation de la productivité

Sr-82, Ge-68



Station d'irradiation
Transport automatique navette

Plate-forme 2

Chimie, radiochimie, radiopharmacie

Synthèse et radiomarquage



Annexe de la Pharmacie à Usage interne
(APUI)

CHU de Nantes



Enceintes blindées

Plate-forme 3

Réseau d'expérimentation préclinique et d'essais cliniques

- Radiothérapie moléculaire
- Imagerie animale

Rongeurs : CIMA
microTEP/CT, Xemis2



CHU de Nantes

Gros animaux : CEMA
TEMP/CT, TEP/CT



- Essais cliniques phase I et II
(imagerie et thérapeutique)

CHU de Nantes

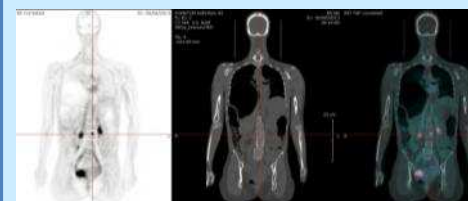
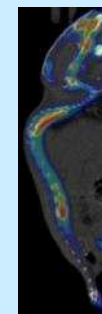
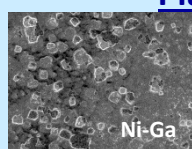


Plate-forme 4 – Rayonnements ionisants et matière inerte et vivante



PIXE



Ni-Ga



Physique
Radiolyse
Radiobiologie



MEB



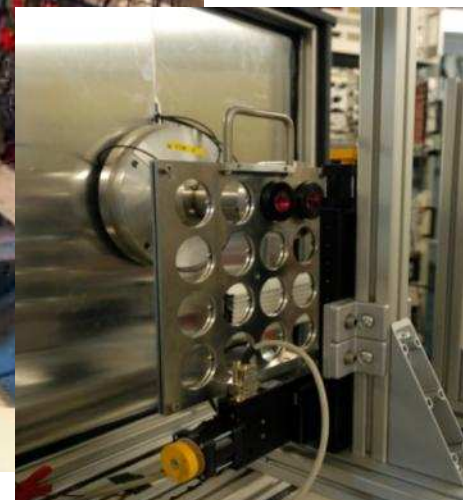
RPE

Plate-forme 5 – Formation





La ligne
d'irradiation



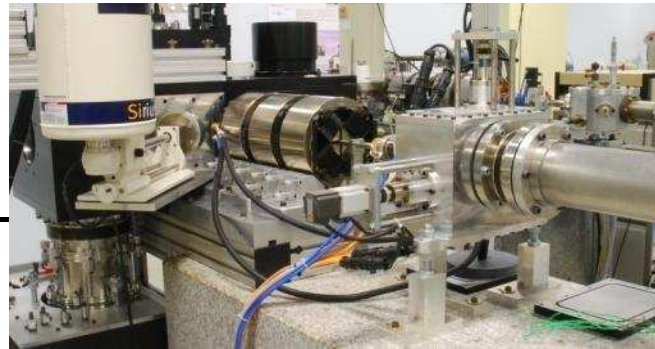
Passeur
d'échantillons
automatisé

- Irradiation test de cellules in-vitro avec proton 3 MeV
(Dose uniforme +/- 3 % - Surface = 3 cm²)
 - Passeur d'échantillons + enceinte thermostatée
- Laboratoire de radiobiologie (depuis mai 2013)

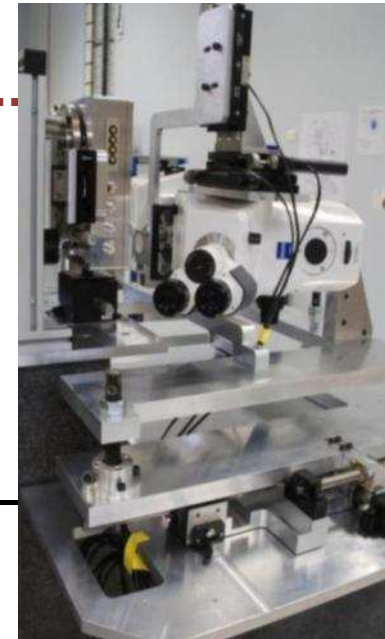


Plate-forme AIFIRA au CENBG

Nanoprobe
high resolution analysis
tomography
micro-irradiation
charge induction



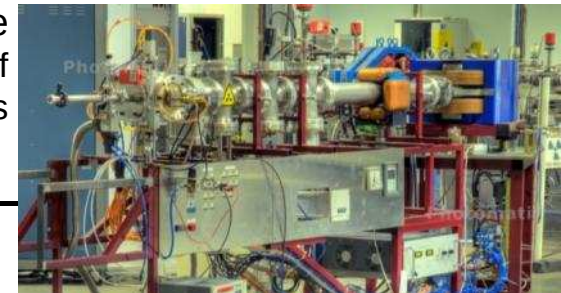
Irradiation
microbeam
radiation biology



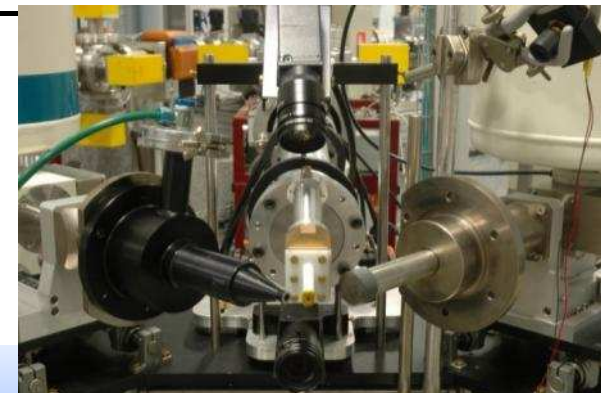
AIFIRA au CENBG

- Contrôle dose/cible, microfaisceaux de particules (proton et alpha 3 MeV) échelle micrométrique, enceinte thermostatée, microcopie confocale, photoblanchiment laser,
Laboratoire de biologie : cellulaire, moléculaire, microbiologie + plateforme d'imagerie

Physics beamline
Production of neutrons



External beam
in-air analysis
Archaeo-materials



Les nouveaux laboratoires qui intègrent de GDR avec le nouveau mode de fonctionnement (pas de distribution de crédits)

CEMTHI

CRCT

LIRIS

MEDICIS

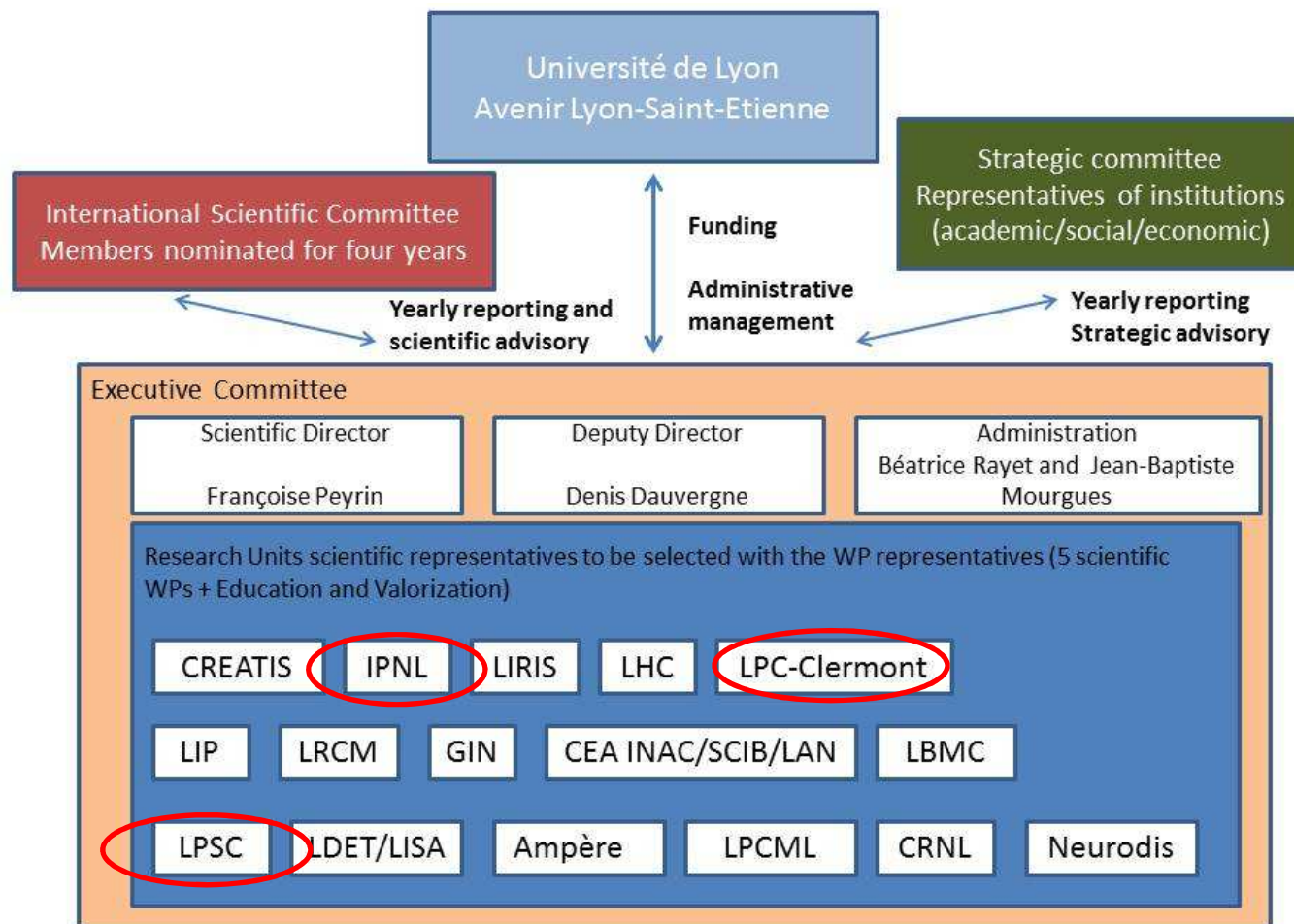
ILL

...

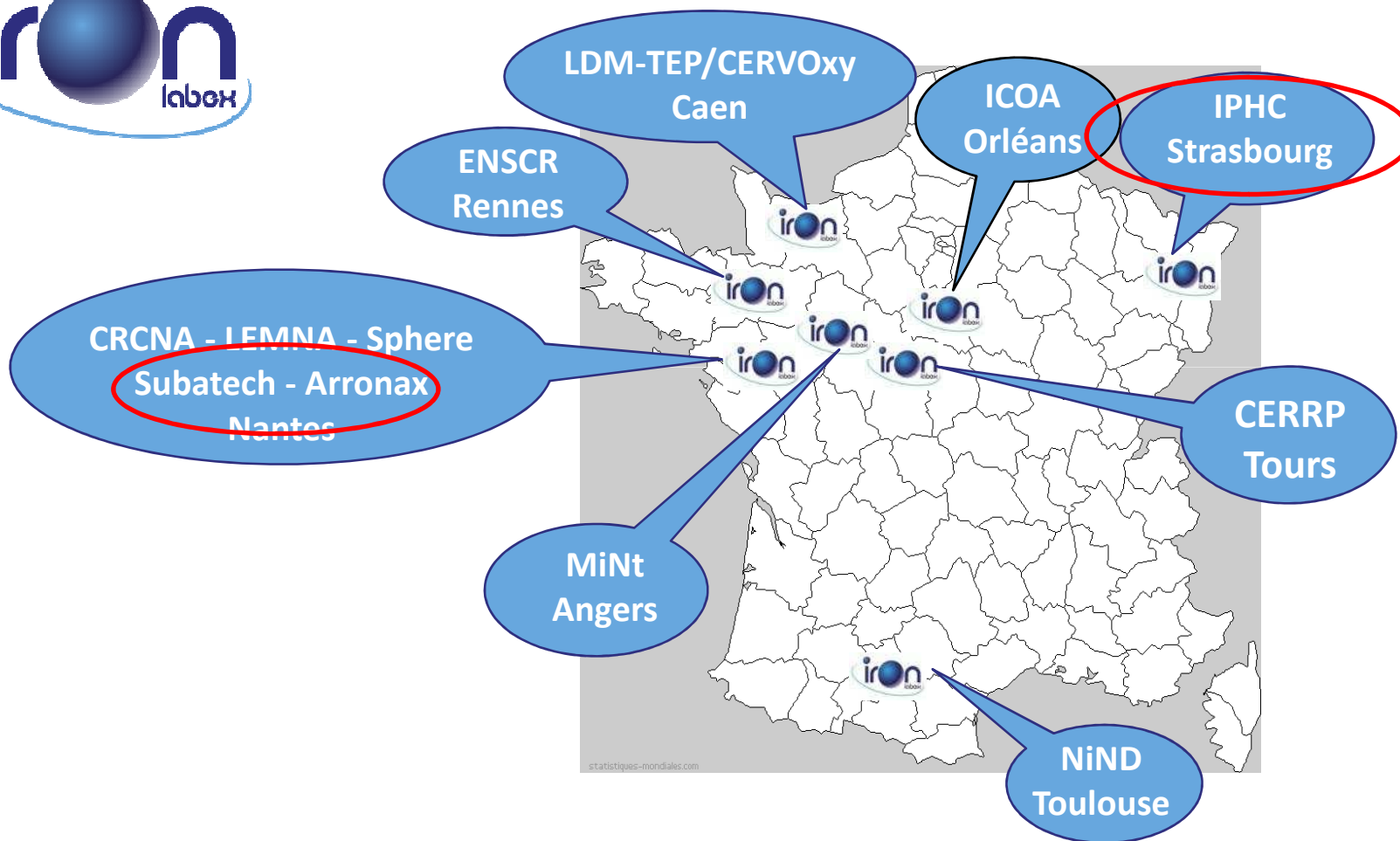
Le lien avec les labex : IRON, PRIMES

Le lien avec France Hadron

Le lien avec les autres GDR dans le domaine de la santé (STIC-Santé, MIFOBIO et IMAGIV)



Labex IRON : douze partenaires



- La thématique santé au sein de l'IN2P3 est un atout et un moyen d'ancrage fort dans les politiques de sites.
- Une structuration nationale est nécessaire pour cette communauté qui fonctionne de plus en plus en réseaux de laboratoires au même titre que les autres disciplines de l'Institut. Le GDR participe à cette mise en réseau.
- Une bonne partie des activités est basée sur du développement d'instrumentation innovante qui permet de mettre au service des sciences du vivant les ruptures technologiques développées dans les axes de cœur de la discipline et de valoriser les compétences et le savoir faire des équipes de l'IN2P3.
- Le GDR a évolué pour s'adapter à son nouvel environnement. Sa feuille de route : aide à la structuration autour de projets en réseau et ouverture à de nouveaux partenaires.
- L'accès aux plates-formes est devenu crucial pour le développement de notre activité !



[Bienvenue](#)

[Programme](#)

[Inscription](#)

[Accès](#)

[Participants](#)



Assemblée Générale du GDR MI2B

Marseille, 4 Septembre 2015

Le GDR Modélisation et Instrumentation pour l'Imagerie Biomédicale ([MI2B](#)) est un groupement de recherche dont l'objectif est la structuration des activités à l'interface entre la physique et les sciences de la vie et de la santé. Initié par les laboratoires de l'IN2P3, il s'ouvre aussi à d'autres acteurs de la recherche dans le domaine des applications du nucléaire pour la santé. Pour cela, le GDR MI2B promeut la mise en place d'une réelle interdisciplinarité des travaux engagés. Les activités du GDR se décomposent en quatre pôles scientifiques :

- Le pôle "imagerie"
- Le pôle "radiobiologie"
- Le pôle "thérapie"
- Le pôle "radionucléides"

http://imxgam.in2p3.fr/GDR_MI2B_2015/