



Groupement
de recherche

MI2B Outils et méthodes nucléaires
pour la lutte contre le cancer

Pôle « Outils et méthodes Physiques pour les Radiothérapies Innovantes »

Co-Responsables du pôle:

Rachel DELORME (LPSC, Grenoble)

Jean-Michel LÉTANG (CREATIS, Lyon)

Organisation de la session: jeudi 10 octobre 24

- **9h: Rachel DELORME** (LPSC, Grenoble, 20') : « Activités équipes du pôle RT: faits marquants des 5 dernières années »
- **9h20: Jean LETANG** (CREATIS, Lyon, 20') : « Activités laboratoire CREATIS au Centre Léon Bérard (CLB) »
- **9h40: Christophe THIEBAUX** (LLR, Palaiseau, 20') : « Status du détecteur PEPITES »
- **10h: Jayde LIVINGSTONE** (LPSC, Grenoble, 20') : « Développements des détecteurs Diamant pour le médical au LPSC »

Pause café

- **10h50: J.F. ADAM** (STROBE, Grenoble, 20') : « Development of a medical physics suite for microbeam radiation therapy »
- **11h10: Gauthier DAVIAU** (GANIL, Caen 20') : " Development of a 3-dimension scintillation dosimeter for small irradiation fields control in pencil beam scanning proton therapy "
- **11h30: Thao Nguyen PHAM** (LPC, Caen, 20') : " Predictive Modeling Approach for Assessing Optical Toxicity in Proton Therapy" → en distanciel

11h50 : Session « transverse Modélisation »

Session « transverse Modélisation » : **14h05: Maxime JACQUET** (CREATIS, Lyon, 20') : "Réduction de variance pour le calcul Monte-Carlo des doses hors-champs en radiothérapie "

Session « Imagerie » : **9 Oct –: A. ANDRE** (LPSC, Grenoble), **A. GARNIER** (CPPM, Marseille) & **M. PINSON (LPSC)** : 3 présentations projet TIARA.

Organisation de la session: jeudi 10 octobre 24

- **9h: Rachel DELORME** (LPSC, Grenoble, 20') : « Activités équipes du pôle RT: faits marquants des 5 dernières années »
- **9h20: Jean LETANG** (CREATIS, Lyon, 20') : « Activités laboratoire CREATIS au Centre Léon Bérard (CLB) »
- **9h40: Christophe THIEBAUX** (LLR, Palaiseau, 20') : « Status du détecteur PEPITES »
- **10h: Jayde LIVINGSTONE** (LPSC, Grenoble, 20') : « Développements des détecteurs Diamant pour le médical au LPSC »

Pause café

- **10h50: J.F. ADAM** (STROBE, Grenoble, 20') : « Development of a medical physics suite for microbeam radiation therapy »
- **11h10: Gauthier DAVIAU** (GANIL, Caen 20') : " Development of a 3-dimension scintillation dosimeter for small irradiation fields control in pencil beam scanning proton therapy "
- **11h30: Thao Nguyen PHAM** (LPC, Caen, 20') : " Predictive Modeling Approach for Assessing Optical Toxicity in Proton Therapy" → en distanciel

11h50 : Session « transverse Modélisation »

Session « transverse Modélisation » : **14h05: Maxime JACQUET** (CREATIS, Lyon, 20') : "Réduction de variance pour le calcul Monte-Carlo des doses hors-champs en radiothérapie "

Session « Imagerie » : **9 Oct –: A. ANDRE** (LPSC, Grenoble), **A. GARNIER** (CPPM, Marseille) & **M. PINSON** (LPSC) : 3 présentations projet TIARA.

Actions menées au sein du pôle

○ 2020:

- Workshops Moniteurs faisceau & Archade → à renouveler 2025+ ?
- **Contribution aux Prospectives IN2P3 GT 10** «Radiation Physicsfor Health» → representation des activités du pôle autour des RT innovantes

○ 2021:

- **Journée IRSN**, renouvellement de l'accord cadre CNRS - IRSN (2020-2024) : présentation des activités du pôle.

○ 2022 :

- **Mars 22** : Workshop thématique « **Radiothérapie Interne Vectorisée alpha** » (Montpellier)
4 ½ journées couvrant les **Enjeux cliniques**, les **Vecteurs et radionucléides**, la **Dosimétrie** et la **Radiobiologie**. Succès ~150 participants
- **Sept 22**: Groupe de travail **INSERM – CNRS** sur l'**alphathérapie** (feuille de route rédigée 2023) → donné lieu à projets structurants interdisciplinaires
- **Nov 22**: Workshop thématique « **Nanoparticules en Radiothérapie et Radiobiologie** » (Clermont)

○ ...

Activités du pôle: Quelles équipes

- Orsay : IJCLab – Pôle Santé / Institut Curie (équipes NARA, CPO)
- Palaiseau : LLR / LOA
- Strasbourg : IPHC
- Caen: LPC-Caen / GANIL
- Nantes : Subatech / ARRONAX
- Clermont-Ferrand : LPC – Clermont
- Lyon : IP2I / CREATIS / LIRIS
- Grenoble : LPSC / Equipe STROBE
- Marseille : CPPM
- Montpellier: IRCM
- ...




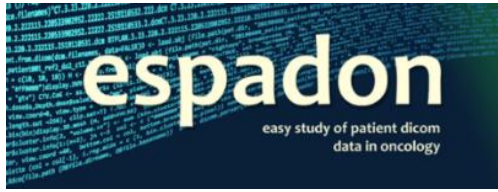
Quels projets par type de Radiothérapies

* Présentations dédiées

- **Radiothérapie photon** → Dose à la peau (*IPHC, LPC-Caen*), Modélisation/IA (*CREATIS*)*, PMRT (*LPC-Caen*)*
- **Hadronthérapie** (p, α , ^{12}C)
 - Outils numériques → ESPADON, PMRT (*LPC-Caen*), NanOx (*IP2I*), BioDoseActor (*LPCLermont*)...
 - Systèmes de dosimétrie → Scintillateur 3D (*GANIL*)*, Dose 2ndaire (*IPHC*), μ détecteurs (*IJCLab*)
 - Moniteurs faisceaux → PEPITE (*LLR-Arronax*), Diamants* (*LPSC-CLARYS-Arronax*)...
 - Contrôle en ligne du parcours des ions → Collab. CLARYS (*IP2I-CPPM-LPSC-CREATIS*), TIARA/PGTI* (*LPSC-CPPM*), PGEI (*LPSC*), detect. Bremsstrahlung (*Subatech*), CLINM/FOOT (*IPHC*)
- **Thérapie FLASH /VHEE**
 - Inst. Curie, plateformes Arronax & Precy
 - IDORA (*LPSC*), Dosi-FLASH (*LPC-Caen*), Subatech, LPSC...
 - LOA, PEPITES (*LRR*)*
- **Fractionnement spatial** → Minifaisceaux (*Inst. Curie*), Microfaisceaux (*LPSC-STROBE*)*
- **Capture Neutronique par le Bore (BNCT)** → AB-NCT & PICTURE (*LPSC*)
- **Radiothérapie interne** → IRCM, LATIM, LPSC, dosimètre α (*GANIL*), CREATIS*, THIDOS (*IJCLab*), CRCI2NA...
- **Radiothérapie + Nanoparticules...** → cf. pôle Effets des Irradiations sur le Vivant

Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen: LPC Caen** 

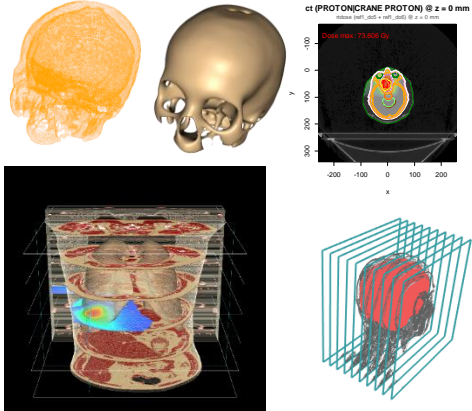


<https://CRAN.R-project.org/package=espadon>
 Information sur <https://espadon.cnrs.fr>

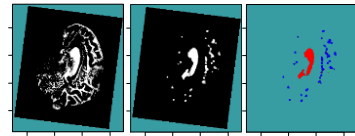
librairie logicielle R

- lecture fichiers DICOM
- pseudonymisation
- contrôle qualité : représentation 2D-3D, lien entre les données
- calcul de métriques usuelles + nouvelles
- automatisation des analyses et des études cliniques
- exploration

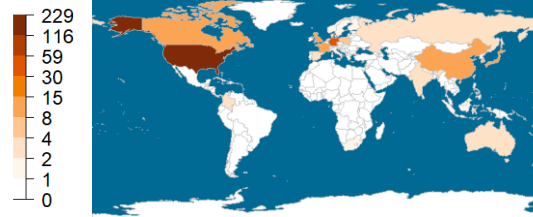
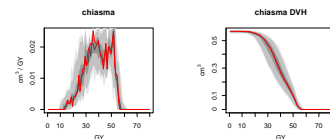
Représentations 2D/3D, Changement de repère



morpho-mathématique, clusterisation

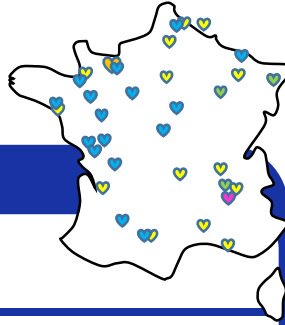


Critères de qualité des traitements



~350 ↓/mois en 2024

C. & J.M. Fontbonne



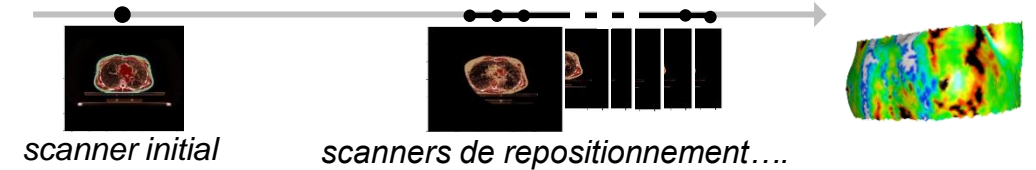
Collaborations



Thèse de Nathan Azémar



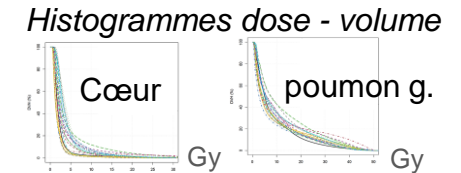
Etude des corrélations dose / dermites radiques & œdèmes.



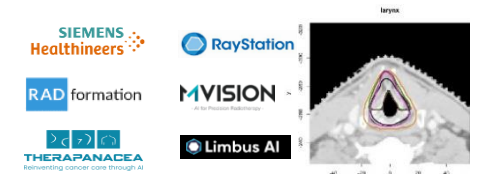
ARPHYCO



Comparaison multicentrique d'un traitement du cancer du sein



Comparaison des délimitations automatiques des OAR TPS / délimitations manuelles de référence.



Comparaison des CT et synthetic CT (←IRM), + conséquence sur la dosimétrie.



Développement d'outils pour le calcul de la dosimétrie en cas de ré-irradiations (cancer secondaire).

Spécification du Parcours Médical (SPaM)

J.Hommet, D.Cussol



- Formalisme permettant la spécification des pratiques médicales et la description des parcours médicaux.
- Implantation en langage ADA
- Utilisations de SpaM

➔ Présentation Thao PHAM à 11h30

- Etude des toxicités comparées de traitements avec des RX et des protons au CLCC Baclesse
 - PREFERANCE** (J.Balosso) : Irradation des tumeurs de l'encéphale
 - PIOTOX** (J.Thariat, J.M.Fontbonne, N.Azémar) : toxicités oculaires
 - MOPROS** (C.Laurent, A.Corroyer-Dulmont) : toxicités cutanées
- Utilisation d'**ESPADON** (C.Fontbonne, J.M.Fontbonne, N.Azémar) pour la lecture et la manipulation des images



Exemple de spécification d'un parcours médical

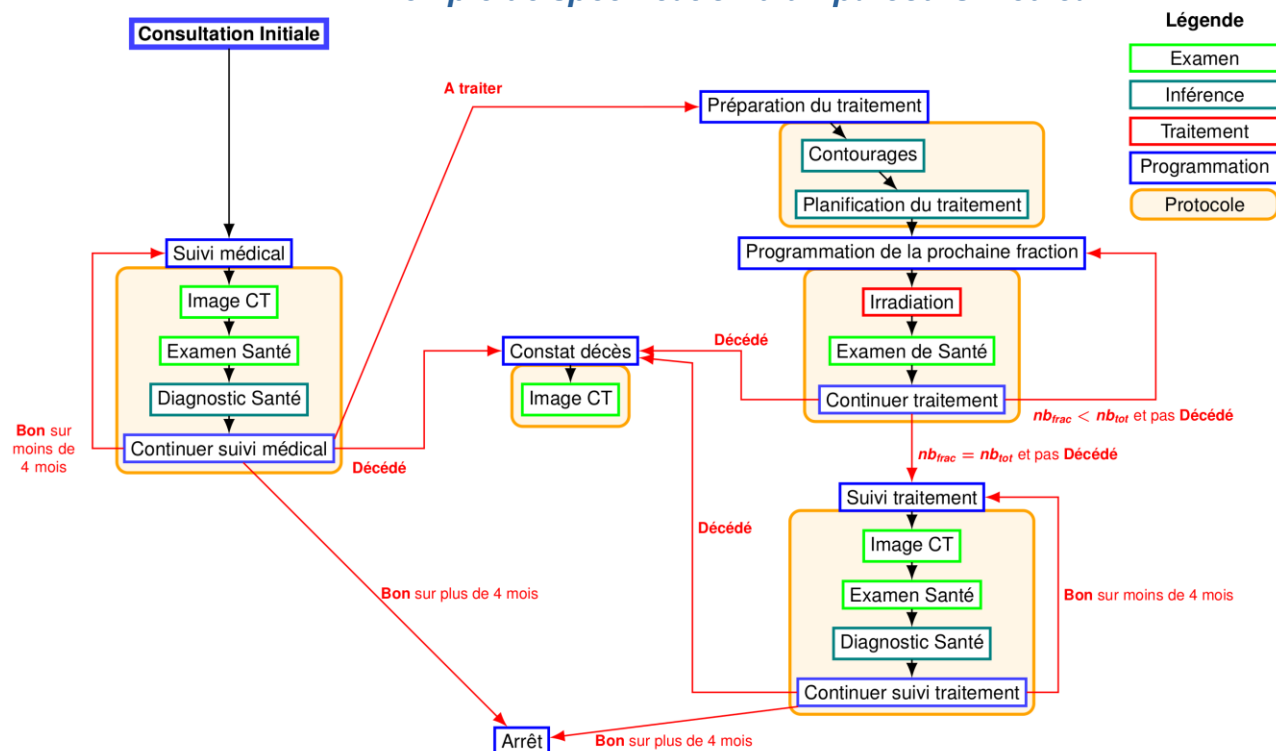


Tableau Comparatif des NTCPs

ROI/NTCP	RX Dosimetry	Proton Dosimetry
Brain		
Mental Disorder	: 0.01 % (1.09643E-04)	0.02 % (2.35200E-04)
Mental Trouble	: 23.43 % (2.34299E-01)	37.17 % (3.71662E-01)
Necrosis/Infarction	: 0.00 % (1.19209E-07)	0.00 % (1.78814E-07)
Chiasma		
Altered view	: 35.55 % (3.55547E-01)	60.20 % (6.02040E-01)
Blindness	: 0.71 % (7.05943E-03)	2.18 % (2.17566E-02)
Eye L		
Altered view	: 1.71 % (1.71446E-02)	0.55 % (5.48735E-03)
Blindness	: 0.10 % (1.01840E-03)	0.04 % (3.62009E-04)
Dryness	: 65.56 % (6.55623E-01)	35.65 % (3.56519E-01)
Eye R		
Altered view	: 1.81 % (1.81056E-02)	0.45 % (4.53568E-03)
Blindness	: 0.11 % (1.07208E-03)	0.03 % (3.06368E-04)
Dryness	: 67.02 % (6.70154E-01)	31.34 % (3.13374E-01)
Lens L		
Cataract requiring intervention	: 45.98 % (4.59847E-01)	0.68 % (6.77693E-03)
Lens R		
Cataract requiring intervention	: 56.35 % (5.63454E-01)	1.54 % (1.53589E-02)
Optic Nerve L		
Altered view	: 9.00 % (9.00496E-02)	3.28 % (3.27869E-02)
Blindness	: 0.09 % (8.86589E-04)	0.03 % (2.57760E-04)
Pain	: 62.45 % (6.24523E-01)	37.20 % (3.71984E-01)
Optic Nerve R		
Altered view	: 18.37 % (1.83733E-01)	11.93 % (1.19270E-01)
Blindness	: 0.24 % (2.38827E-03)	0.13 % (1.29005E-03)
Pain	: 81.11 % (8.11137E-01)	70.04 % (7.00353E-01)

DeCuPro : Mesure Dose Peau

R. Lafaye



Evaluation de la dose à la peau pour le traitement des tumeurs cutanées non mélanocytaires (TCNMs) en radiothérapie conventionnelle et protonthérapie.

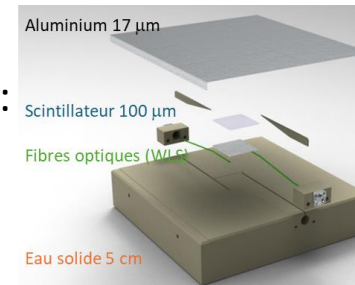
LPC: JM Fontbonne, R. Lafaye et G. Tosetti (doctorante)

Baclesse: A. Corroyer-Dulmont, D. Lebhertz, C. Moignier et A. Vela

Problématique: l'utilisation d'un bolus avec les faisceaux RX ou e- entraîne un gap d'air qui impacte la dose (*mal pris en compte dans le calcul*). L'utilisation de protons peut améliorer la dose à la peau en épargnant les tissus sous-jacents.

Développement de détecteurs 2D pour l'évaluation des traitements des tumeurs superficielles par photonothérapie et protonthérapie.

- 1er prototype LPC pour la mesure de dose peau en RX (2024) :



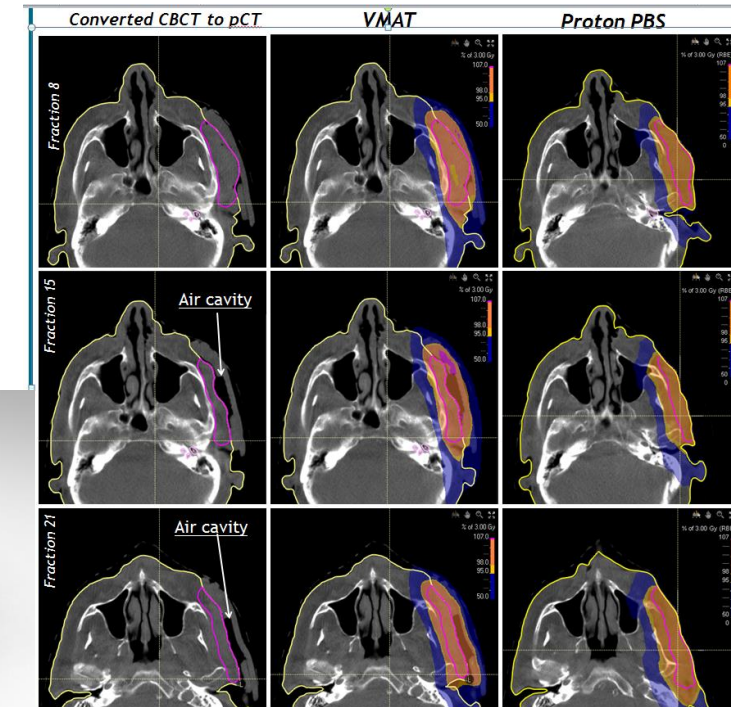
Projet MITI/AAP Conjoint CNRS-IRSN 2025-2026 déposé.

- Amélioration du dispositif par scintillation pour mesure photons.


Tests complémentaires en faisceau de photons au CFB en 2025.

- Réalisation dispositif avec chambre à ionisation, adapté aux protons en 2025.

Tests en faisceaux de protons prévus avec ARRONAX en 2025 et CYCLHAD en 2026.



Focus faits marquants équipes 2020-2024

- Caen: LPC Caen 

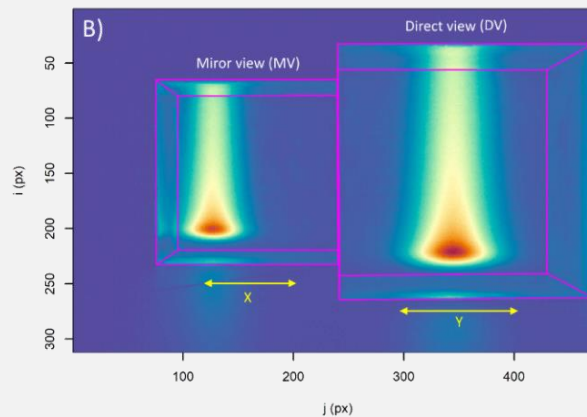
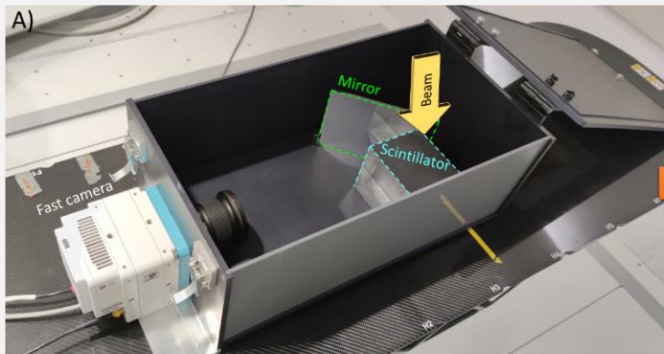
- GANIL 

Sous-groupe d'appartenance GDR: Radiothérapies innovantes

➔ **Présentation Gautier DAVIAU à 11h10**

Thématique générale : dosimétrie en proton thérapie

Développement d'un nouveau dosimètre à scintillation:



Scintillateur plastique BC412 $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$
Caméra ultra rapide : jusqu'à 5200 fps pour $1200 \times 800 \text{ px}$
Synchronisée à la délivrance des pencil beams (1 kHz) → signal logique fourni par le Proteus®ONE

- Contrôle qualité (caractéristique des faisceaux délivrés)
- Dosimétrie 3D

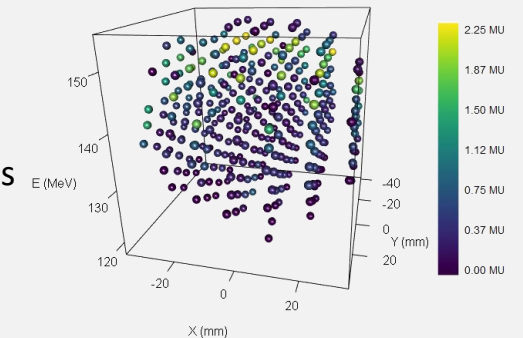
Collaborations:



Faits marquants 2020-2024

Validation du fonctionnement et des performances pour le contrôle des caractéristiques des pencil beams

Frelin A-M et al, Med. Phys. 2024.
<https://doi.org/10.1002/mp.17388>



Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen: LPC Caen**  
- **IPHC – équipe DeSIs** 

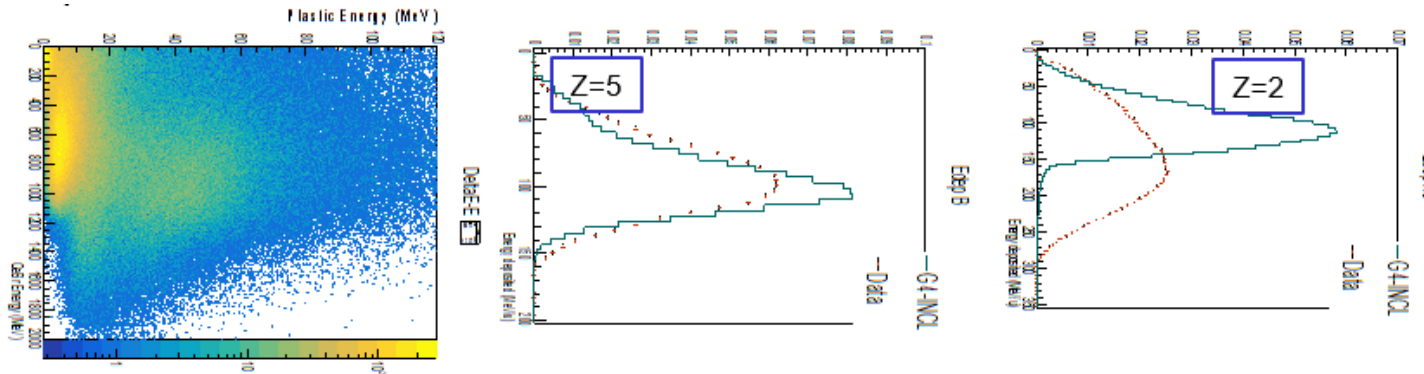
Equipe DeSIs/IPHC - Projets CLINM & FOOT

M. Vanstalle

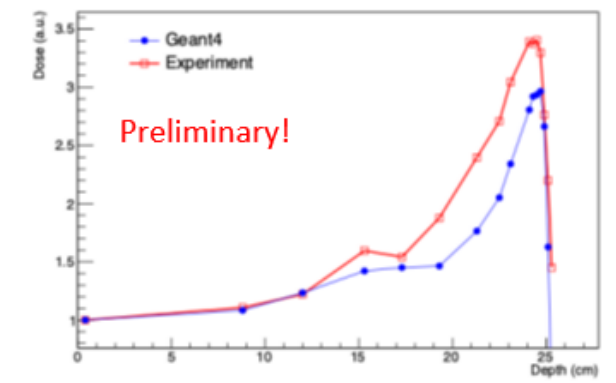


2 projets visant la mesure de particules secondaires pour l'hadronthérapie et la radioprotection spatiale.

- **Projet CLINM** : Mesure de taux de production de particules secondaires pour déterminer l'impact sur la radiolyse. 1ers tests sous faisceaux de ^{12}C (CNAO) et ^8Li (GANIL).

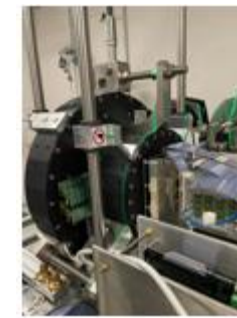


Profils de dépôt de dose expérimental et simulé de ^8Li de 63.82 MeV/u
Stage de Clara Pfeffer-Richarme (L3)



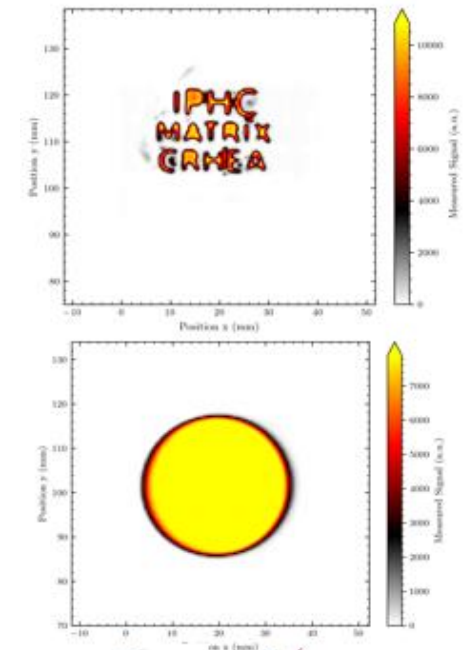
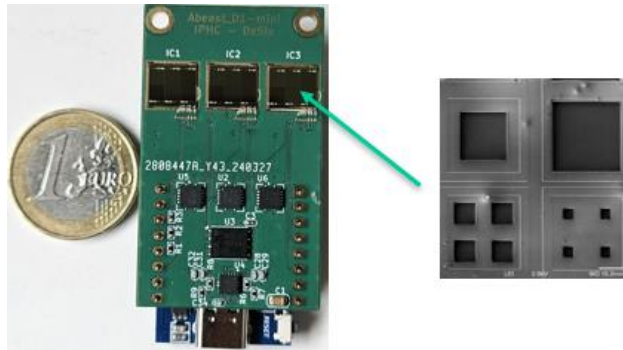
Comparaisons des distributions d'énergie simulées et mesurées à CNAO de particules de Z=5 et Z=2, produites par du ^{12}C de 200 MeV/u interagissant avec une cible équivalent-tissu de 5 cm, détectés à 5°.
Extrait de la thèse de Lévana Gesson.

- **Collaboration FOOT**: mesures de sections efficaces pour l'hadronthérapie : Premières mesures de sections efficaces différentielles avec le dispositif complet @ CNAO.



Instrumentation

- **Dosimétrie neutron: prototype fonctionnel** du système de **mesure temps-réel des flux de neutrons thermiques/rapides** (technologie CMOS *AlphaBeast*). Thèse 80 PRIME CNRS (Octobre 2024, Lucia Garcia)
- Développement d'un **moniteur faisceau à base de GaN** (projet ANR MATRIX porté par le CRHEA): tests sous faisceau (Cyrécé, protons)



Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen: LPC Caen** 
- **Strasbourg: IPHC – équipe DeSIs** 
- **GANIL** 
- **Palaiseau: LLR** 

PEPITES 2020-2024 – LLR

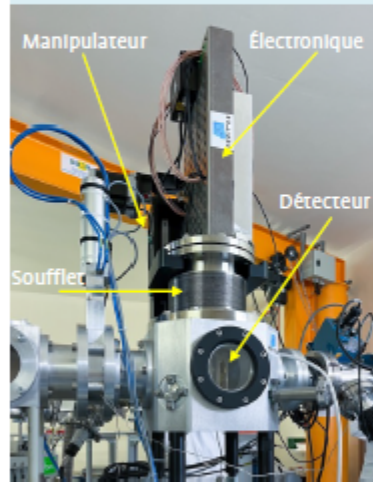
C. Thiebaux, M. Verderi



Radiothérapies innovantes

PEPITES @ARRONAX

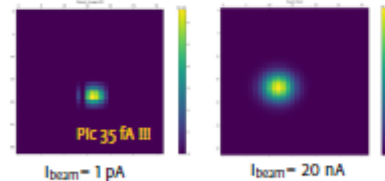
ANR 10.2017-06.2022



2024/10/10

2022.04 Détecteur installé (ON et OFF beam)

2022.05 Premier faisceaux $1 \text{ pA} < I_{\text{beam}} < 20 \text{ nA}$



PEPITES - AG GdR Mi2B 2024



10 μm WET
2 x 32 channels
Low noise readout
electronic (CEA)

8

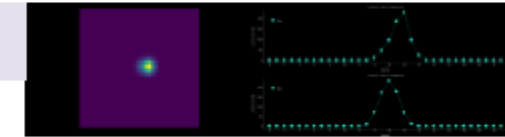
Thématique générale

Profil faisceaux thérapeutiques conventionnels ET Flash

Faits marquants 2020-2024

2022 Premiers profil PEPITES

2022.06 Premier faisceau FLASH !!!
($E_p=68 \text{ MeV}$, $I_{\text{beam}}=1 \mu\text{A}$, 10ms pulse)



➔ Présentation Christophe THIEBAUX à 9h40

Collaborations (intra et extra GDR)

ARRONAX / CPO

CNAO (accord CNRS-CNAO pour PEPITES)

THERYQ (discussions)

Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen:** LPC Caen 
- **Strasbourg:** IPHC – équipe DeSIs 
- **Orsay:** Institut Curie 
- **GANIL** 
- **Palaiseau:** LLR 

Sous-groupe d'appartenance GDR

Radiothérapies innovantes

Thématique générale

Radiothérapie FLASH

Collaborations (intra et extra GDR)

- Détecteurs Ultra-Haut Débit de Dose (Université La Sapienza, Rome; Centre National de Microélectronique, Barcelone)
- Système de monitoring faisceau (Jean-Marc Fontbonne, LPCaen)
- Accélérateur « jumeau » (Université d'Anvers)
- Accélérateur laser-plasma (Alessandro Flacco, LOA)

Faits marquants 2020-2024



Sept
2020

Installation de l'accélérateur d'électrons (7 MeV) à Ultra-Haut Débit de Dose **ElectronFLASH** (Sordina IORT)

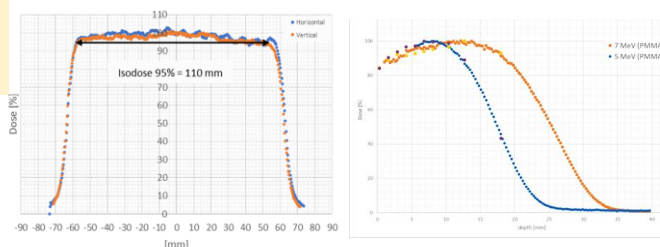
Oct
2024

Ouverture de l'ElectronFLASH aux équipes extérieures : Plateforme **e-FIRE** – electron FLASH Irradiation Research Environment
Contacts : Sophie.Heinrich@curie.fr, Charles.fouillade@curie.fr

Plate-forme e - FIRE

Faisceaux ElectronFLASH

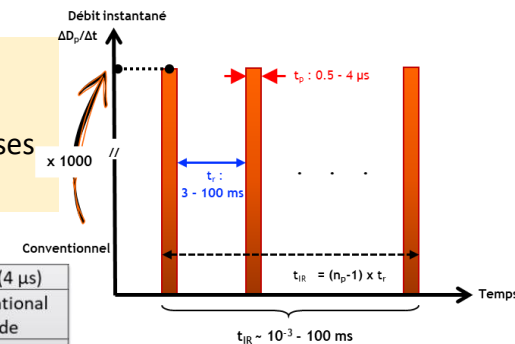
- électrons 5 – 7 MeV
- IR verticale ou horizontale
- Champ homogène > 10 cm Ø
- Collimation réglable pour IR localisée
- Anesthésie gazeuse
- Dose-par-pulse : 0.05 – 20 Gy
- Débit de dose : 0.1 – 4000 Gy/s



Giuliano *et al.*, Applied Sciences, 2023

Débit et dose/pulse ajustables en réglant

- la durée du pulse
- la fréquence de répétition des pulses
- la longueur de l'applicateur



Field size [mm]	7 MeV - Dose per pulse (4 μs)		5 MeV - Dose per pulse (4 μs)	
	Flash mode	Conventional mode	Flash mode	Conventional mode
120	3	0,04	2	0,004
100	5	0,06	3	0,007
50	13	0,15	9	0,014
40	16	0,19	10	0,018
35	19	0,23	12	0,021
30	19	0,24	12	0,022
10	30	0,21	15	0,024

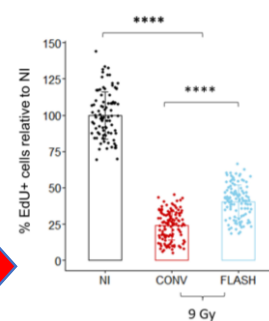
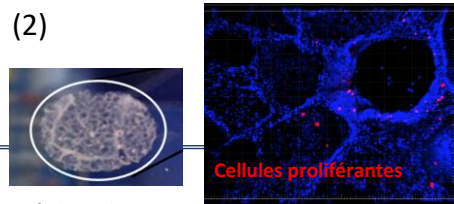
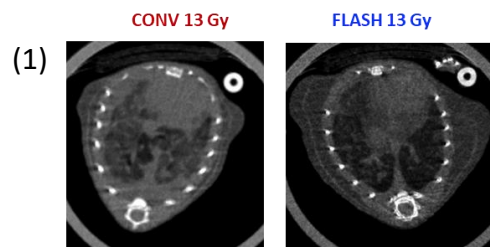
Marinelli *et al.*, Medical Physics, 2022

Effet « FLASH » démontré

Préservation des tissus sains

- In vivo : fibrose pulmonaire (1), préservation des cryptes intestinales
- Ex vivo : prolifération cellulaire dans le tissu pulmonaire murin et **humain** (2)
- ...

Efficacité anti-tumorale préservée in vitro et in vivo (A549, TP1-Luc).



Dubail *et al.*, Cells, 2023
Dubail *et al.*, Clinical Cancer Research, in review

Dosimétrie :

- Détecteur diamant FLASH
- Monitoring faisceau par Beam Current Transformer
- Dosimétrie 2D par films Gafchromic
- Chambre d'ionisation

Laboratoire de la casemate

Zone « publique » de radioprotection, Zone d'animalerie conventionnelle Curie.

- Micro-scanner petit animal (1)
- Chambre à hypoxie
- Incubateur de cellules (3 – 20% O2)
- Hotte chimique

Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen:** LPC Caen 
- **Strasbourg:** IPHC – équipe DeSIs 
- **Orsay:** Institut Curie 
- **Grenoble:** LPSC 
- **GANIL** 
- **Palaiseau:** LLR 

LPSC – équipe PNAM - PGEI

S. Otmani, D. Dauvergne



MÉTHODE PGEI

CREATIS



Travail de thèse de Sarah OTMANI supervisé en collaboration par Denis DAUVERGNE (LPSC, Grenoble), Jean Michel LÉTANG (CREATIS, Lyon), Marie VIDAL (Centre Antoine Lacassagne, Nice), Etienne TESTA (CREATIS, Lyon) et Marie-Laure GALLIN-MARTEL (LPSC, Grenoble).

Contexte : Développement d'un système de **contrôle du dépôt de la dose** lors de l'administration du traitement en **protonthérapie** par détection de particules secondaires, les **gamma-prompts**.

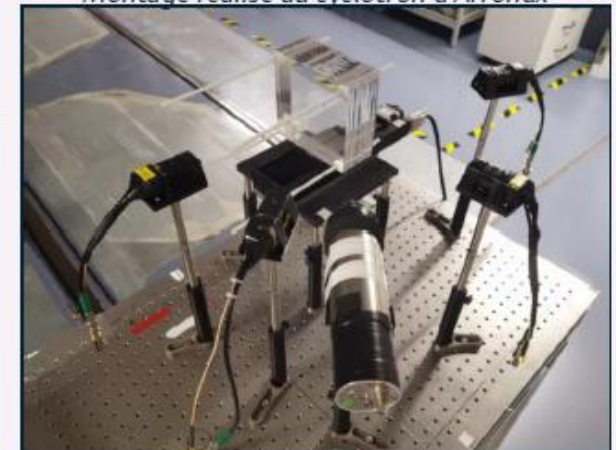
Méthode de détection : *Prompt Gamma Energy Integration (PGEI) P. Everaere et al., Front Phys (2024)*

- Plusieurs détecteurs de grande taille autour du patient
- Mesure de l'intégrale de l'énergie déposée pendant une impulsion ($\sim 10 \mu\text{s}$)
- Compatible avec les synchrocyclotrons (faisceaux pulsés, haute intensité crête, 1% cycle utile)

Système de détection développé :

- Cristal de PbWO_4 couplé à un photomultiplicateur à très faible temps de transit
- Carte d'intégration de charge (développé par Laurent GALLIN-MARTEL (LPSC))

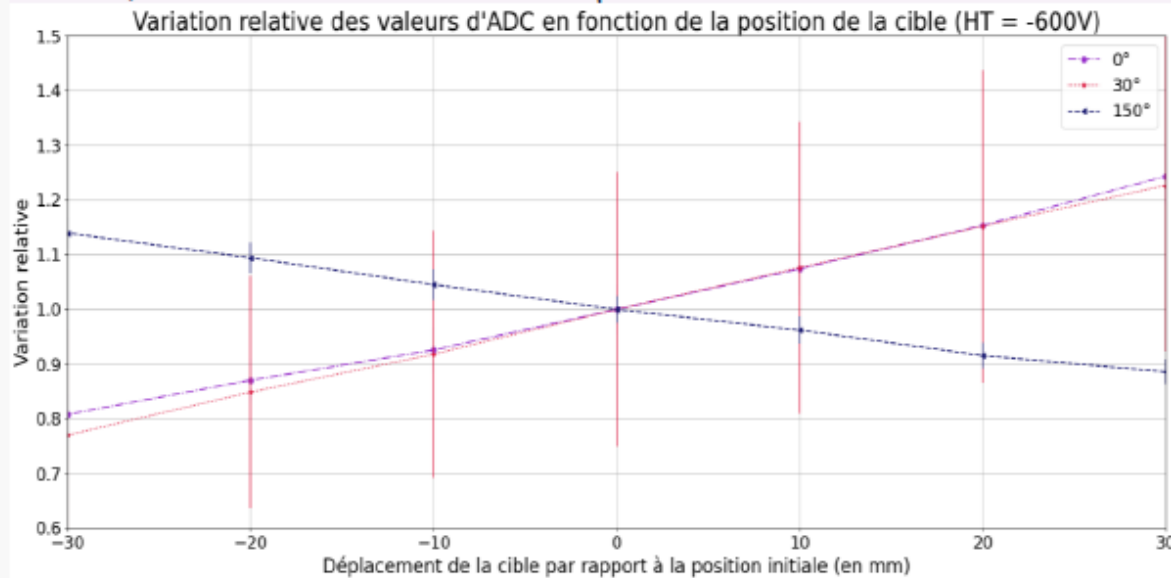
Montage réalisé au cyclotron d'Arronax



PREMIERS RÉSULTATS

EXPÉRIENCES

Paramètres du faisceau : Faisceau pulsé de protons de 65 MeV, d'intensité maximum d'1 μ A

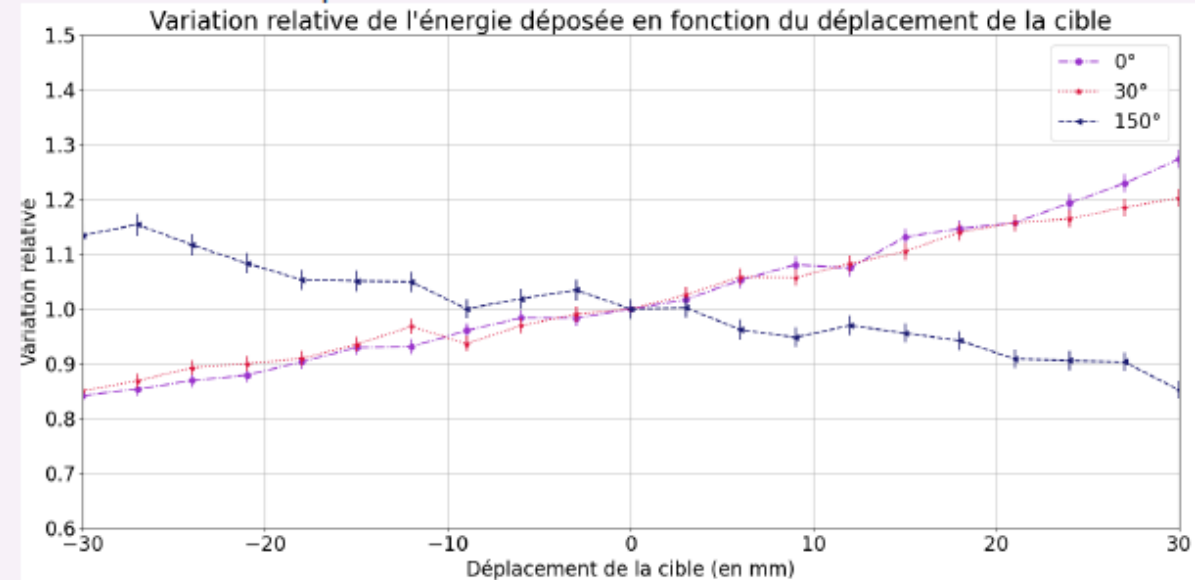


Observations :

- Variation de plusieurs dizaines de pourcents pour des déplacements de 3 cm sur le parcours des protons
- Cohérence entre les simulations et les résultats d'expérience

SIMULATION

Paramètres de la simulation : Simulation GATE 9.3 avec un faisceau de 10^9 protons de 65 MeV



Focus faits marquants équipes 2020-2024

- **Caen:** LPC Caen 
- **Strasbourg:** IPHC – équipe DeSIs 
- **Orsay:** Institut Curie 
- **Grenoble:** LPSC 
- **GANIL** 
- **Palaiseau:** LLR 
- **IJCLab** 
- **Lyon :** IP2I 

Projet BioALTO

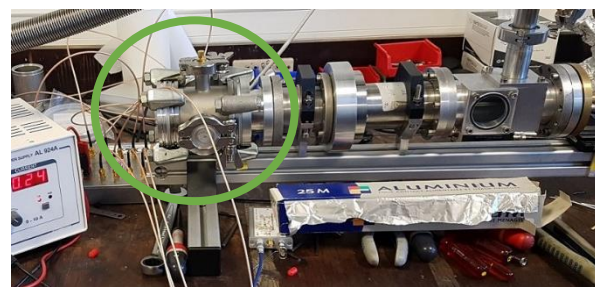
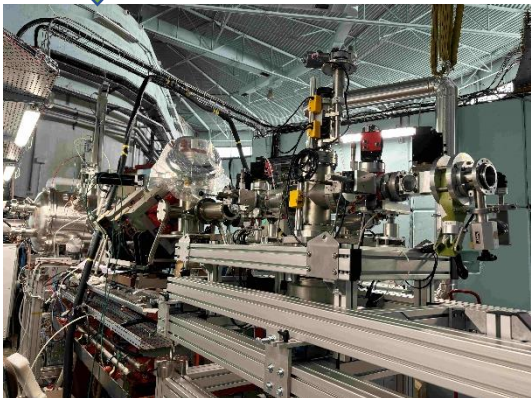
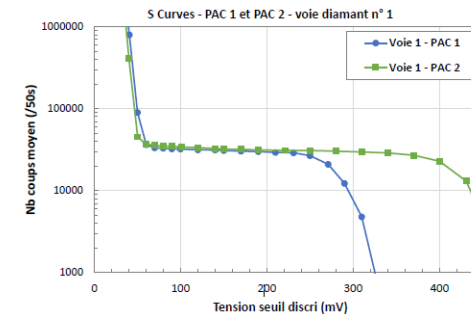
- BioALTO : développement d'une plateforme d'irradiation cellulaire sur l'accélérateur ALTO de l'IJCLab pour la radiobiologie des ions de "basse" énergie.
 - Création du Master Projet IN2P3 (2024-2026) (IJCLab-IP2I-LPSC)
 - Installation de la ligne d'irradiation « Radiograaff » (sans l'enceinte biologie, détecteurs..) sur un châssis dédié en salle 320
 - Validation du moniteur "diamant" LPSC sur le banc de test IP2I avec une source d' ^{241}Am → transfert sur BioALTO 2024

BioALTO



ALTO = accélérateur 14.8 MV Tandem
Faisceaux intenses (→ μA) d'ions (^1H - ^{127}I)
avec une énergie réglable

Ions	Max Energy (MeV)
p	25
α	43
^7Li	50
^{12}C	87



Installation ligne RG en salle 320 ALTO

Compteur 4 diamants & électronique dédiée développée LPSC

PICTURE

○ **Objectif** : Prédiction de dose biologique pour les radiothérapies ciblées : **BNCT & RIV-α**

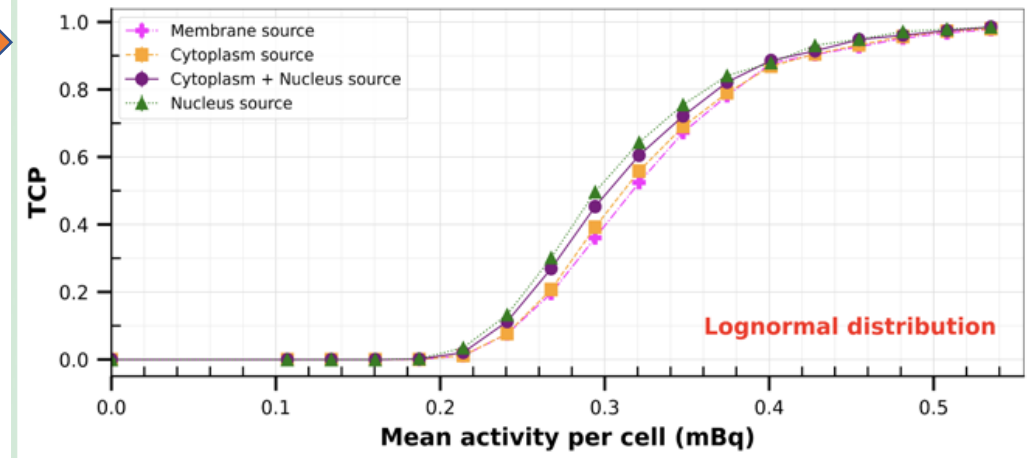
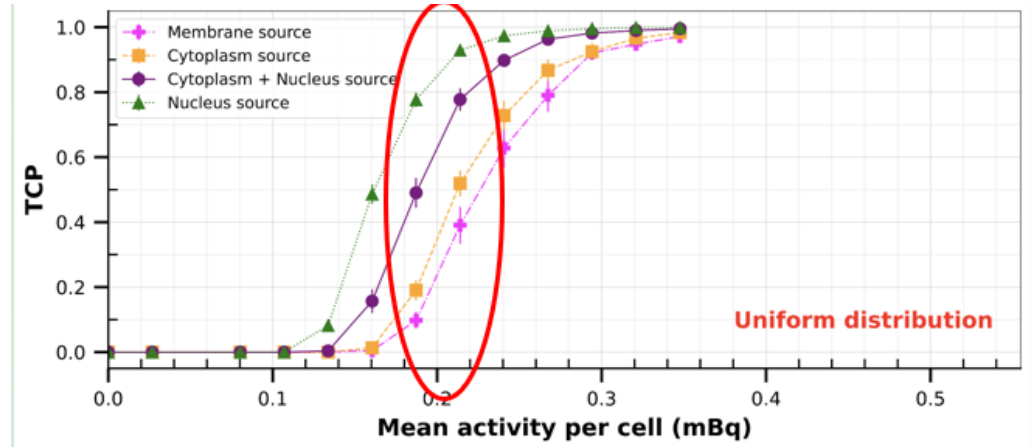
○ **Avancées** :

➔ [Dispo Github*](#)

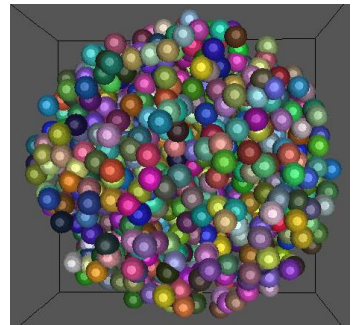
○ **Mise en place chaine de calcul CPOP/Geant4/NanOx.**
Algorithme adapté basses énergies

Alcocer-Avila, M., Levrague, V., Delorme, R., Testa, E. & Beuve M., Biophysical modeling of low-energy ion irradiations with NanOx. Med Phys. 2024;1-14.
<https://doi.org/10.1002/mp.17407>

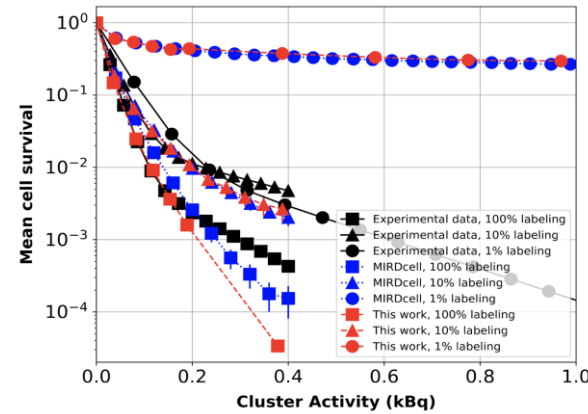
○ **Prédictions biophysiques <Survie> et TCP** pour configuration d'irradiation donnée ➔ **Etude d'impact hétérogénéité intratumorale et cellulaire en RIV-α**



Détermination des paramètres d'impact majeurs sur la réponse biologique en RIV-α



Comparaison modèle/experience littérature (proceeding Conf. ICCR 2024)



○ Perspectives : intégrer les dommages extra-nucléaires

➔ Soutenance de thèse Victor Levrague 25 octobre 2024 @14h ➔ zoom

PICTURE

○ **Objectif** : Prédiction de dose biologique pour les radiothérapies ciblées : **BNCT & RIV- α**

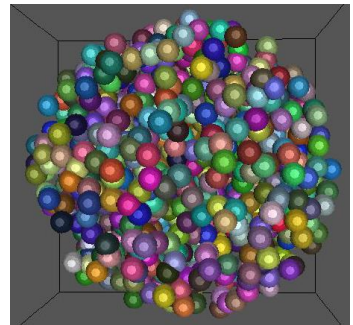
○ **Avancées** :

➔ Dispo Github*

○ **Mise en place chaine de calcul CPOP/Geant4/NanOx.**
Algorithme adapté basses énergies

Alcocer-Avila, M., Levrague, V., Delorme, R., Testa, E. & Beuve M., Biophysical modeling of low-energy ion irradiations with NanOx. Med Phys. 2024;1-14.
<https://doi.org/10.1002/mp.17407>

○ **Prédictions biophysiques <Survie> et TCP** pour configuration d'irradiation donnée ➔ **Etude d'impact hétérogénéité intratumorale et cellulaire en RIV- α**



Comparaison
modèle/experience
littérature (proceeding Conf.
ICCR 2024)



○ **Perspectives : intégrer les dommages extra-nucléaires**

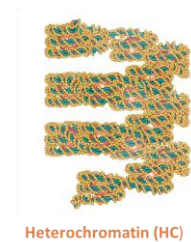
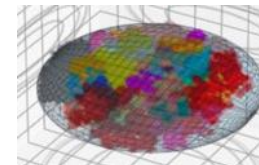
IEA (2023-24)



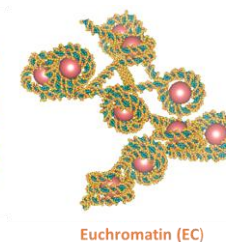
○ **Objectif** : Radioprotection du spatial : déterminer l'impact de la compaction de l'ADN et l'ordre d'irradiation d'ions de différents LET sur l'induction de cancers avec Geant4-DNA/RITCARD

○ **Avancées** :

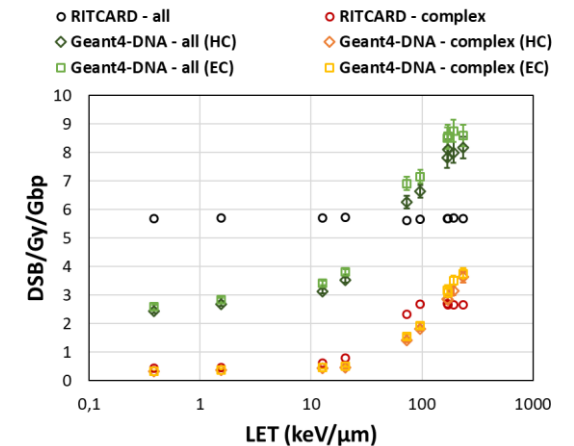
- Benchmark physique μ /nanodosi G4-DNA vs Ritracks
- Modèles de noyaux de fibroblaste avec ADN compacté (ou non) à partir de l'ex. G4-DNA « dsbandrepair »
- 1ers résultats de quantification DSB / DSB complexes



Heterochromatin (HC)



Euchromatin (EC)



Organisation de la session: jeudi 10 octobre 24

- **9h:** Rachel DELORME (LPSC, Grenoble, 20') : « Activités équipes du pôle RT: fait marquant des 4 dernières années »
- **9h20:** Jean LETANG (CREATIS, Lyon, 20') : « Activités laboratoire CREATIS au Centre Léon Bérard (CLB) »
- **9h40:** Christophe THIEBAUX (LLR, Palaiseau, 20') : « Status du détecteur PEPITES »
- **10h:** Jayde LIVINGSTONE (LPSC, Grenoble, 20') : « Activités détecteurs Diamant au LPSC »

Pause café

- **10h50:** J.F. ADAM (STROBE, Grenoble, 20') : « Development of a medical physics suite for microbeam radiation therapy »
- **11h10:** Gauthier DAVIAU (GANIL, Caen 20') : " Development of a 3-dimension scintillation dosimeter for small irradiation fields control in pencil beam scanning proton therapy "
- **11h30:** Thao Nguyen PHAM (LPC, Caen, 20') : " Predictive Modeling Approach for Assessing Optical Toxicity in Proton Therapy" → en distanciel

11h50 : Session « transverse Modélisation »

Session « transverse Modélisation » : **14h05:** Maxime JACQUET (CREATIS, Lyon, 20') : "Réduction de variance pour le calcul Monte-Carlo des doses hors-champs en radiothérapie "

Session « Imagerie » : **9 Oct –:** A. ANDRE (LPSC, Grenoble), A. GARNIER (CPPM, Marseille) & M. PINSON (LPSC) : 3 présentations projet TIARA.

Merci à tous les contributeurs!