



# Assemblée générale GDR 2024

## *Pôle imagerie :*

# Méthodes et instruments en imagerie biomédicale

Marc Antoine Verdier ([marc-antoine.verdier@ijclab.in2p3.fr](mailto:marc-antoine.verdier@ijclab.in2p3.fr))  
[Mathieu Dupont](mailto:mdupont@c ppm.in2p3.fr) ([mdupont@c ppm.in2p3.fr](mailto:mdupont@c ppm.in2p3.fr))



# Pôle imagerie

- Pôle méthodes et instruments en imagerie biomédicale
  - Des laboratoires avec leurs projets
  - Des projets incluant plusieurs partenaires du GDR
  - Un événement organisé :
    - workshop Compton au CPPM en 2021
      - Utilisation de la caméra Compton en milieu médical et autre
      - Sortir de notre zone confort et confronter nos pratiques
- Liste (non exhaustive) des différents projets
  - Beaucoup de projets sont très intégrés localement
  - Beaucoup sont universels :
    - Développement de l'instrument
    - Modélisation de l'instrument
    - Reconstruction et analyse des données
    - Parfois jusqu'à la mise en production (pré)-clinique





# Projets par labo

# Subatech & XEMIS2

- **Projet caméra Compton au xénon liquide pour l'imagerie médicale (à trois photons)**
  - Phase d'installation prévue Automne 2024
  - Premières images prévue en 2025, après la phase de qualification
  - Voir présentation Théo Bossis
- **Collaboration entre :**
  - **Subatech**
    - Physique : Dominique Thers, Nicolas Beaupère, Théo Bossis
    - Coordinateur technique : Jean-Luc Beney
    - Électronique : Frédéric Lefevre (planification), Amaury Hervo, Olivier Lemaire, Patrick Leray, Eric Morteau, Patrice Pichot, Christophe Renard
    - Mécanique : Jean-Sébastien Sustzman
  - IMT Atlantique Brest : Debora Giovagnoli -> IA et représentation d'image
  - CRCI2NA :
    - Thomas Carlier, Simon Stute -> reconstruction d'image
    - Michel Chérel -> CIMA et recherche préclinique
  - LS2N : Jérôme Idier -> reconstruction d'image
  - CHU de Nantes : Françoise Kraeber-Bodere (Prof. Service Médecine Nucléaire)



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom



**CRCI<sup>2</sup>NA**  
CANCER & IMMUNOLOGY

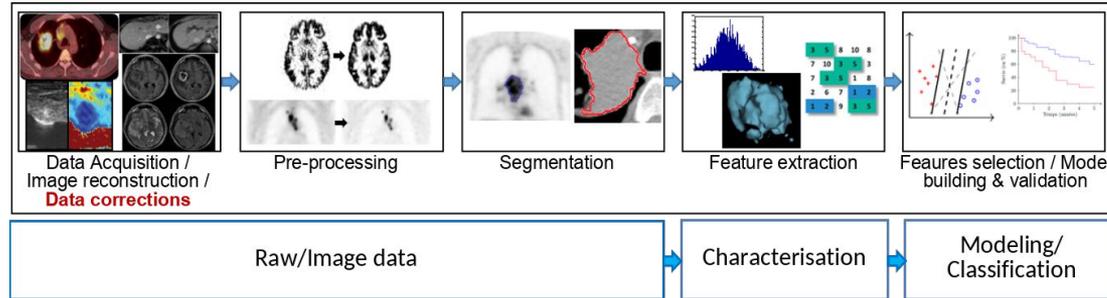


LABORATOIRE  
DES SCIENCES  
DU NOMBREUX  
DE NANTES



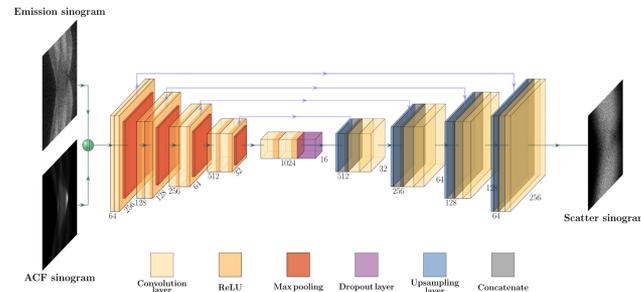
# LaTIM

Équipe ACTION ("Therapeutic ACTION guided by multimodality Imaging in ONcology"), D. Visvikis et al.

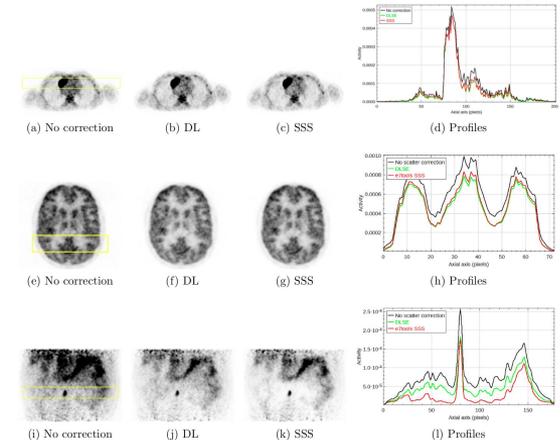


- Corrections de données pour l'imagerie nucléaire à l'aide de l'IA : intérêt de montrer que l'IA apprend la physique (lien entre l'émission, la diffusion et l'atténuation).

- DLSE: Deep Learning based scatter estimation
- Training only on simulated datasets



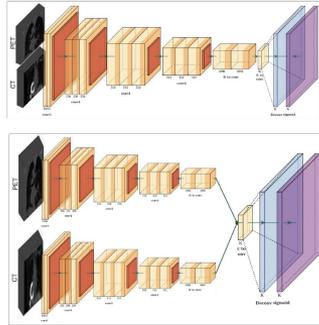
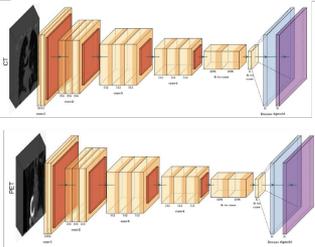
Laurent et al , Phys Med Biol 2023



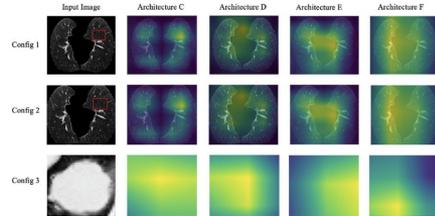
# LaTIM

- Radiomique avec IA montrant qu'il est possible de combiner l'imagerie PET et CT dans le même réseau avec de meilleurs résultats que l'imagerie PET et/ou CT seule.

Article | Open access | Published: 19 July 2024  
**Automated PD-L1 status prediction in lung cancer with multi-modal PET/CT fusion**  
 Ronick Da-Jins, Gustavo Andrade-Miranda, Olena Tarjivovych, Dimitris Vlastakis, Pierre-Henri Cozart & Catherine Cheek-Lie Steil  
 Scientific Reports 14, Article number: 10720 (2024) | Cite this article

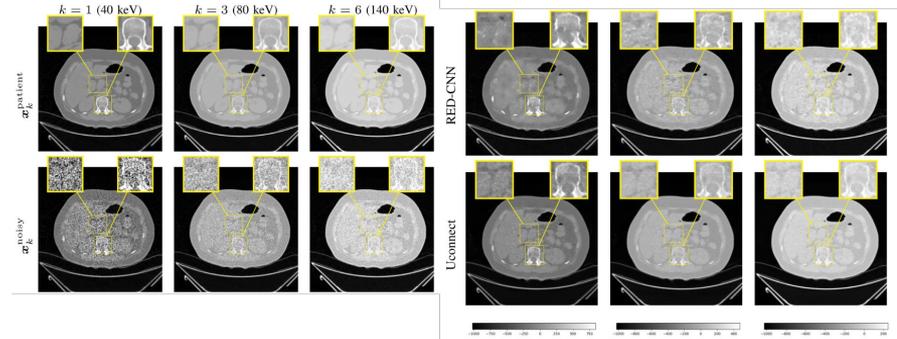
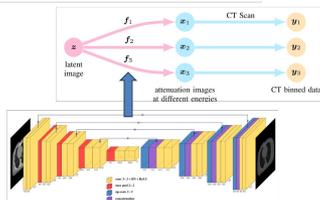


Model	Architecture	Mean AUC (95% CI)	Mean specificity (95% CI)	Mean sensitivity (95% CI)
ResNet	A	0.73 (0.72–0.75)	0.72 (0.71–0.75)	0.72 (0.70–0.75)
	B	0.78 (0.76–0.81)	0.75 (0.73–0.78)	0.74 (0.72–0.77)
	C	<b>0.83 (0.81–0.86)</b>	<b>0.79 (0.76–0.81)</b>	<b>0.77 (0.75–0.80)</b>
	D	0.77 (0.74–0.79)	0.75 (0.72–0.77)	0.76 (0.74–0.78)
	E	0.74 (0.72–0.76)	0.73 (0.70–0.75)	0.72 (0.70–0.73)
	F	0.73 (0.70–0.75)	0.71 (0.70–0.74)	0.73 (0.71–0.75)
	A	0.76 (0.73–0.78)	0.74 (0.72–0.76)	0.73 (0.71–0.75)
	B	0.72 (0.71–0.74)	0.73 (0.71–0.75)	0.72 (0.70–0.75)
	C	<b>0.84 (0.82–0.88)</b>	<b>0.80 (0.78–0.83)</b>	<b>0.78 (0.75–0.81)</b>
	D	0.80 (0.78–0.83)	0.76 (0.75–0.80)	0.76 (0.74–0.79)
	E	0.80 (0.77–0.81)	0.73 (0.70–0.75)	0.73 (0.72–0.75)
	F	0.76 (0.75–0.79)	0.75 (0.72–0.77)	0.76 (0.73–0.78)
Uconnect	A	0.78 (0.76–0.80)	0.74 (0.72–0.75)	0.73 (0.71–0.74)
	B	0.80 (0.79–0.82)	0.75 (0.73–0.77)	0.73 (0.71–0.74)
	C	0.74 (0.72–0.76)	0.73 (0.72–0.76)	0.73 (0.70–0.76)
	D	<b>0.83 (0.81–0.86)</b>	<b>0.80 (0.78–0.82)</b>	<b>0.80 (0.78–0.81)</b>
	E	0.77 (0.74–0.80)	0.75 (0.73–0.78)	0.74 (0.72–0.76)
	F	0.74 (0.72–0.76)	0.75 (0.73–0.77)	0.76 (0.74–0.78)



- Développement d'approches IA en imagerie X par comptage de photons, repoussant les limites de l'imagerie à ultra-faible dose.

222  
 IEEE TRANSACTIONS ON RADIOLOGY AND PLASMA MEDICAL SCIENCES, VOL. 6, NO. 2, FEBRUARY 2024  
**Uconnect: Synergistic Spectral CT Reconstruction With U-Nets Connecting the Energy Bins**  
 Zhihan Wang<sup>1</sup>, Alexandre Bouso<sup>2</sup>, Member, IEEE, Franck Verme<sup>3</sup>, Jacques Froment<sup>4</sup>, Béatrice Vedel<sup>1</sup>, Alessandro Perelli<sup>5</sup>, Jean-Pierre Tsou, and Dimitris Vlastakis, Fellow, IEEE

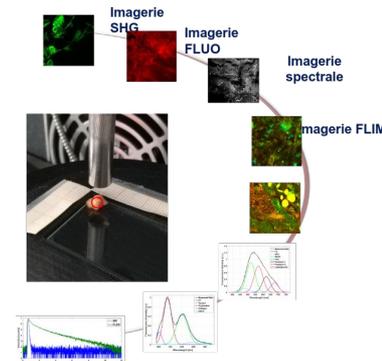


# IJCLab - Pôle physique santé

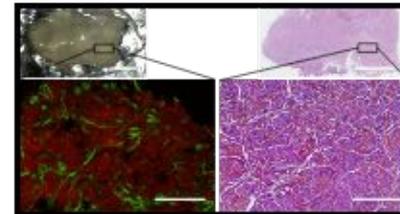
- Équipe Imagerie multimodale et imagerie tissulaire (IMIT)
  - Endoscopie non linéaire multimodale pour l'aide au diagnostic et la biopsie temps réel
    - Objectif : Renforcer, par méthode optique rapide et à résolution subcellulaire, la qualité du geste opératoire en développant un endomicroscope non-linéaire multimodal permettant l'aide au diagnostic immédiat et à la délimitation des berges des tumeurs infiltrantes, en temps réel pendant l'intervention chirurgicale.
    - Collaboration
      - IJCLab resp. D. Abi Haidar, C. Rimbault, F. Bouvet, T. Vaud, D. Reynet, H. Mehidine, L. Pinot, C. Ramos.
      - Hôpital Sainte Anne
      - hôpital Lariboisière
      - SOLEIL,
      - BML Florida
      - Beijing institute of technology-Chine
  - MAPSSIC (voir plus loin)



Développement d'un système de balayage miniature



Création d'une base de données tissulaire multimodale et multi-échelle (de l'ultraviolet profond au proche infrarouge) discriminatoire de la cancérisation tissulaire.



# IJCLab - Pôle physique santé

- **Équipe Radiation et Vivant (ReV)**

- **Projet Thidos**

- Objectifs : proposer de nouvelles approches instrumentales (caméra ambulatoire) et méthodologiques (analyse des incertitudes liées au calcul de la dose, système expert) visant à renforcer le contrôle de la dose délivrée lors du traitement à l'iode radioactif des maladies thyroïdiennes

- Collaboration

- IJCLab resp.: Laurent Ménard, Mohammed Hussein (thèse), Marc-Antoine Verdier, pôle ingénierie
      - Internal Dose Assessment Laboratory (LEDI-IRSN)
      - Claudius Régaud Institute (IUCTO) (Toulouse)
      - Institut Cochin
      - Centre François Baclesse (Caen).

- Évaluation en clinique à IUCTO

- **Projet PRISM : (voir talk Vladimir Sladkov, session radioléléments)**

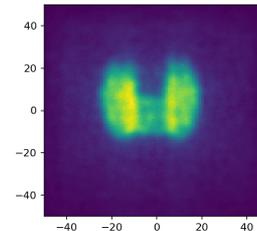
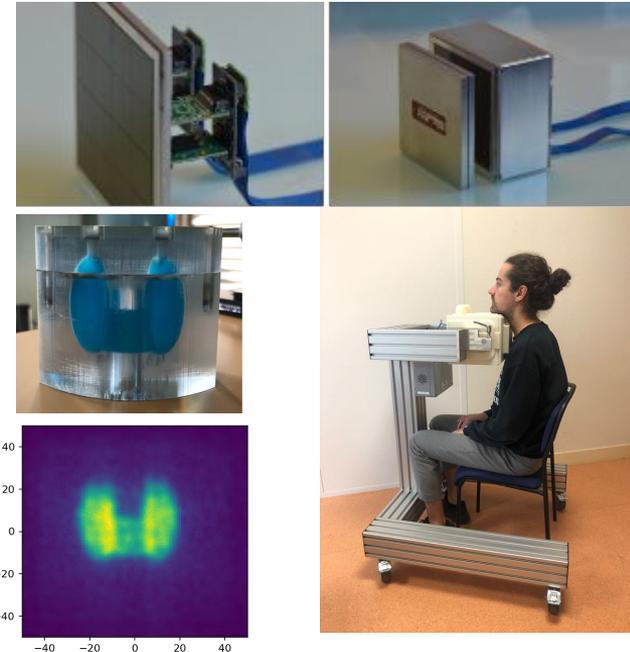
- Évaluation de la contamination du  $^{156}\text{Tb}$  pour l'imagerie SPECT du  $^{155}\text{Tb}$

- Collaboration

- IJCLab : resp. Marc-Antoine Verdier, Charles-Olivier Bacri, Morgane Bouteculet, Marie-Alix Duval, Mohammed Hussein,
      - CHUV (Lausanne)
      - PSI

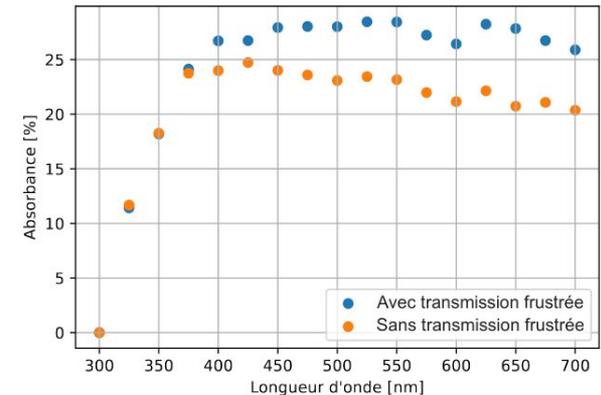
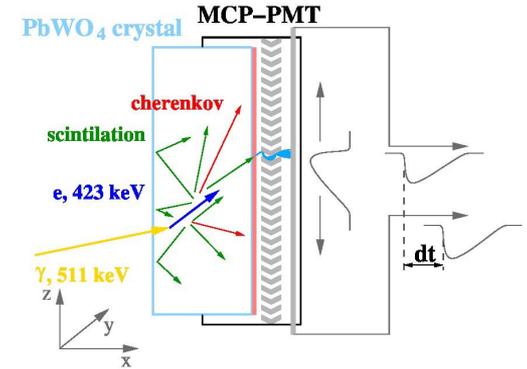
Highlights :

- Caméra mobile 10x10 cm<sup>2</sup> (thèse Théo Bossis)
- Actuellement en évaluation clinique à l'ICTO



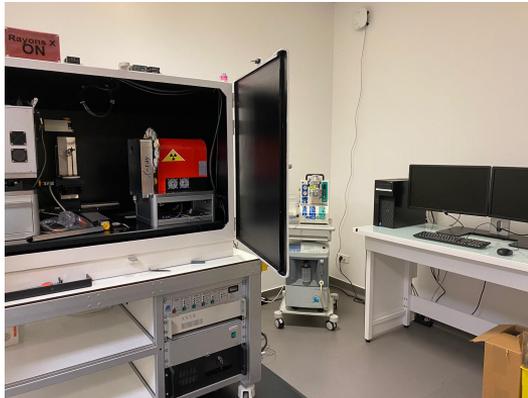
# CPPM

- imXgam
  - 3 permanents (2 EC, 1IR) et 2 doctorantes
    - Christian Morel, Yannick Boursier et Mathieu Dupont
    - Alicia Garnier et Melissa Leroy
- ClearMind
  - CEA/IrFU, IJCLab, CPPM
  - Développement d'un cristal « scintronique » pour les applications d'imagerie ultra-rapide de rayons gamma
  - CPPM :
    - Simulation Monte Carlo de couche mince présente entre le cristal et le détecteur
    - Transmission frustrée
    - Contribution dans Geant4
- ClearMind -> AAIME :
  - utilisation du TomXgam pour la prise de données pour à l'aide des détecteurs ClearMind



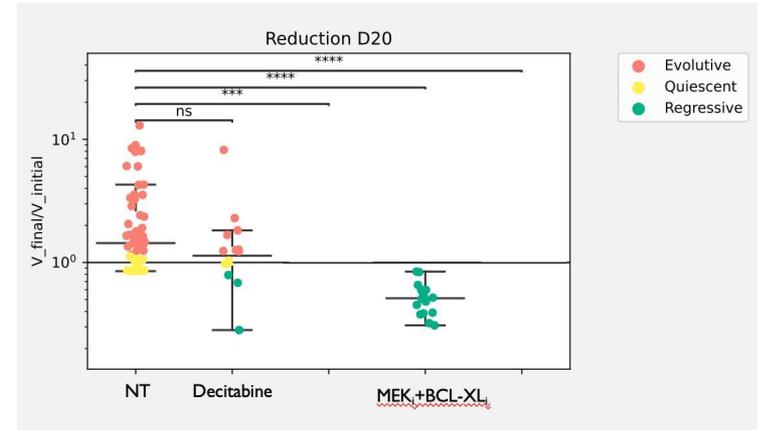
## ● Pixscan-fli

- Projet «terminé» en 2023, installation au Cerimed,
- Mise en production notamment dans le projet FLAP\*VAP (Amidex Interdisciplinaire: CERIMED, C2VN, ICR, IBDM, CPPM)
- Résultat de plusieurs itérations
  - Réalisation des détecteurs
  - Modélisation des détecteurs XPAD et des tomographes
  - Collab I2M -> ProMeSCT : Variable metric proximal algorithm for spectral-CT
  - Des thèses / thématiques de plus en plus en proche de la biologie



<- Pixscan FLi au Cerimed

Suivi longitudinale de l'effet de médicaments sur des tumeurs du foie ->



# CPPM

- **Caméra Compton**

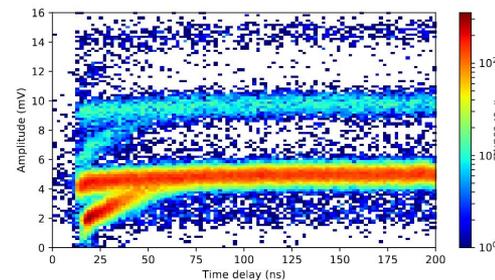
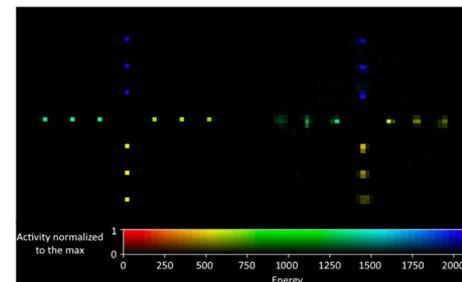
- Développement algorithmes de reconstruction : PE-LM-MLEM
- Projet de valorisation :
  - □+ surgical radio-guidance using a small Compton-angles collimation probe
  - Utilisation de la collimation électronique que mécanique

- **Implication dans DRD4 R&D Collaboration**

- Work package 4 : Development of Photon Detectors and Particle Identification Techniques
- Injection expertise sur la simulation
  - Monte Carlo optique
  - temporelle (cadre défi 10ps)
  - instrumentale : SiPM (logiciel disponible)
- Niveau de l'implication dépend de **la demande de ressource humaines auprès de l'in2p3**



- **MAPSSIC & TIARA (présentés plus loin)**



SiPM inputs for SiPM modelisation (dark counts)



# Projets collaboratifs par labo

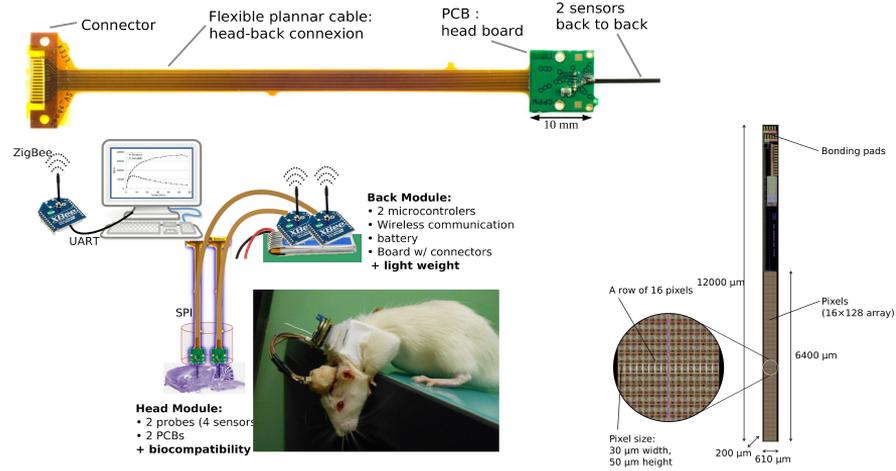
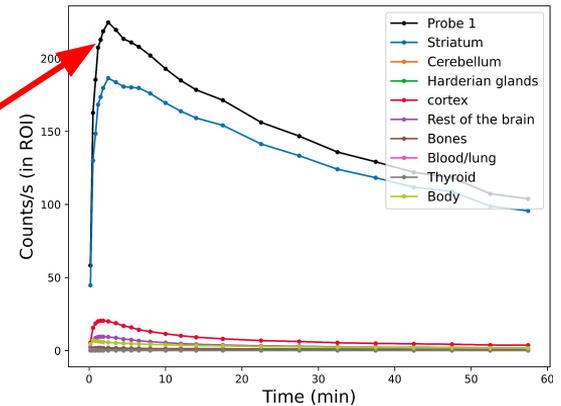
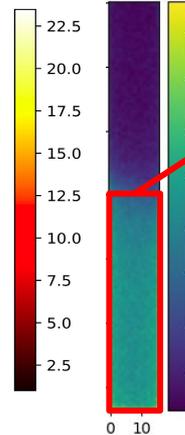
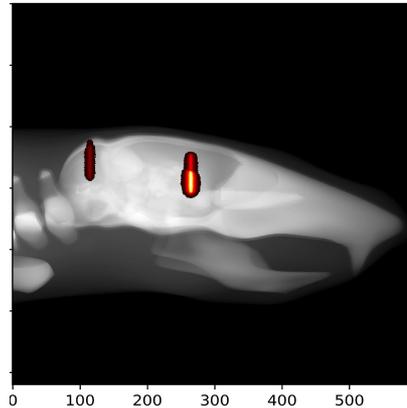
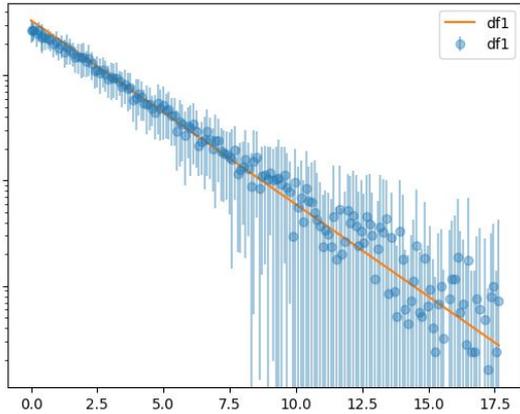
# MAPSSIC

- Une sonde radiosensible téléométrique pour l'imagerie comportementale
- Complémentaire à l'imagerie TEP : sonde intracrânienne téléométrique radiosensible aux  $\beta^+$  laissant l'animal éveillé et libre de ses mouvements et permettant la mesure d'un radiotraceur lors d'une tâche comportementale et l'évaluation de modèle pharmacocinétiques.
- Collaboration :
  - **IJCLab** : Phillipe Lanièce, Samir El Katera (thèse), Marc-Antoine Verdier
    - Coordination, simulation, analyse des données
  - **CPPM** : Christian Morel, Mathieu Dupont, Fabrice Gensolen, Jérôme Laurence, Patrick Pangaud, Théo Weicherding
    - PCB tête, conception chapeau, PCB sac à dos + transmission sans fil
  - **IPHC** : Jerome Baudot, Maciej Kachel, Franck Agnese, Olivier Clause, Matthieu Goffe
    - Conception de l'ASIC
  - CERMEP : Luc Zimmer, Sandrine Bouvard
    - Prise de données, implantation sur Animal

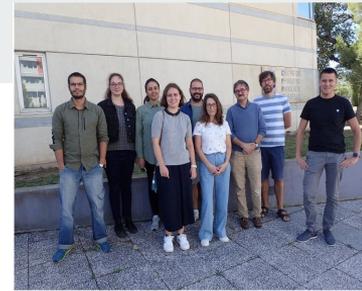
# MAPSSIC

- ~70 sondes produites
- Validation physique en b cher : en cours
- Modélisation Monte-Carlo: mesure des courbes cinétiques du 11C

18F decay



# TIARA/PGT



- Development of a Prompt Gamma detector for particle therapy monitoring
- Members :
  - **LPSC:** S. Marcatili, A. André, ML. Gallin-Martel, L Gallin-Martel, C. Hoarau, P. Kavrigin, J-F Muraz, M. Pinson
    - Développement instruments & simulation
  - **CPPM:** Y. Boursier, A. Cherni, M. Dupont, A. Garnier, C. Morel
    - Reconstruction des données et simulation
  - **CAL:** D. Maneval, J. Hérault, J-P Hofverberg
    - Prise de données
- Three talks:
  - Adélie André, LPSC : Fast Prompt Gamma detection system for time-of-flight based proton therapy monitoring
  - Alicia Garnier, CPPM : Monte Carlo simulation for Prompt Gamma Time Imaging in proton therapy
  - Maxime Pinson, LPSC : Assessing TIARA performances with carbon beams at CNAO





# Merci de votre attention

- Simulation of Photon-Counting X-ray Detectors (Melissa Leroy)
- Imagerie X en champ sombre Dark-Field: du synchrotron à la clinique (Emmanuel Brun)
- XEMIS2 : Point sur l'avancement de la construction du détecteur (Théo Bossis)
- TIARA/PGTI
  - Détecteur gamma rapide dédié au contrôle en ligne de la protonthérapie par mesure de temps de vol (Adélie André)
  - Simulation Monte Carlo pour l'imagerie temporelle des gamma prompt (Alicia Garnier)
  - Mise en œuvre de la technique Prompt Gamma Timing en faisceau carbone avec le détecteur TIARA (Maxime Pinson)