
Assemblée générale GDR 2026

Pôle imagerie :

Méthodes et instruments en imagerie biomédicale

Marc Antoine Verdier (marc-antoine.verdier@ijclab.in2p3.fr)
Mathieu Dupont (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
- Liste (non exhaustive) des différents projets
 - Beaucoup de projets sont très intégrés localement
 - Subatech (XEMIS, voir présentation Yohann Ramsi)
 - IPHC
 - IJCLab (Thidos, PRALINE voir présentation Mohammed Hussein)
 - CPPM (PC-CT)
 - LaTIM
 - D'autres sont universels :
 - Développement de l'instrument
 - Modélisation de l'instrument
 - Reconstruction et analyse des données
 - Parfois jusqu'à la mise en production (pré)-clinique





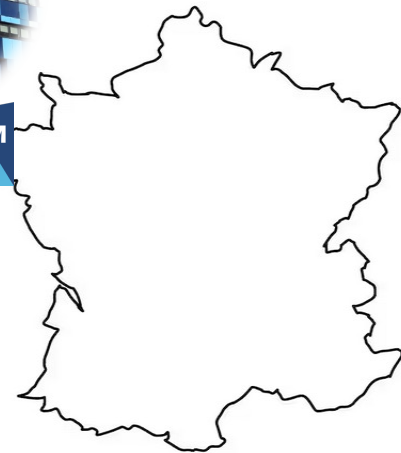
Projets par labo

Team: Dose optimisation in image guided therapy

Julien BERT

LaTIM – INSERM UMR1101

Brest, France



Dose optimisation in image guided therapy

External Beam Radiotherapy

- New AI methods for patient-specific image-based modeling

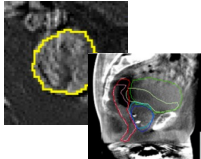


Image segmentation

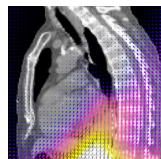


Image synthesis

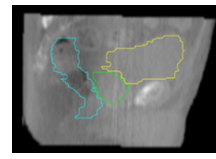
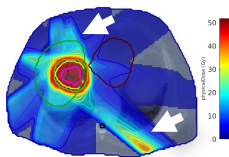
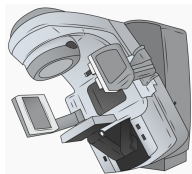
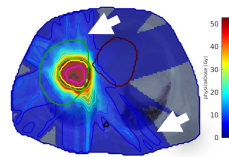


Image registration

- Exploring dose and trajectory optimization



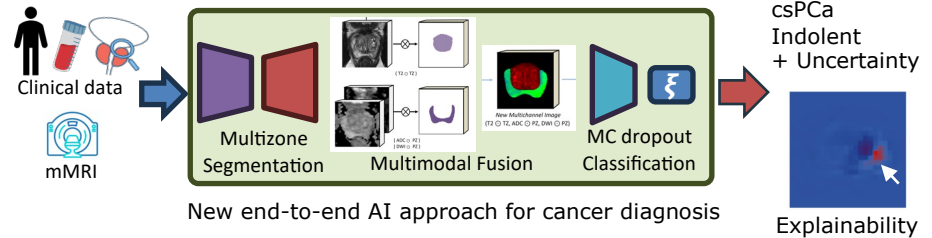
Standard trajectory



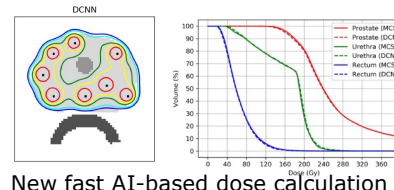
Proposed non-coplanar trajectory

Intra Operative Radiotherapy (Prostate Brachytherapy)

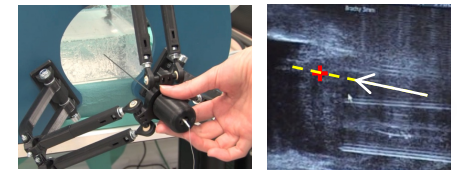
- From auto. diagnosis...



- ... through auto. treatment planning...



- ... to delivery assistance



Innovative co-manipulated robot for needle guidance




Brest Metropole OptiPath 2019-2022
ITMO Cancer MIC DELPEL 2019-2022
VARIAN DyRad 2024-2026



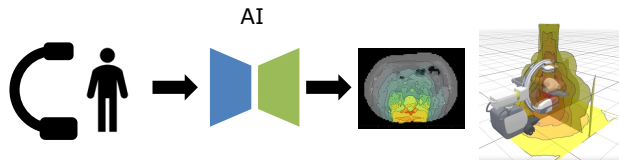
Britany Region TheraBot 2019-2022
BPI PSC DIANA 2021-2027

ANR AAPG MoCaMed 2021-2025

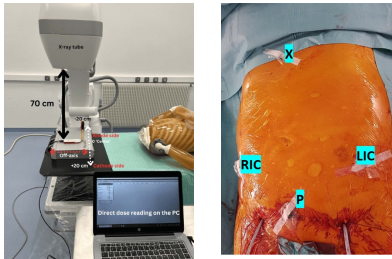
Dose optimisation in image guided therapy

X-ray guided intervention

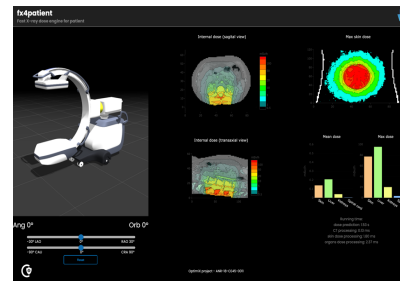
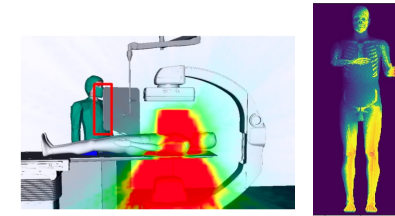
- Real-time patient and occupational exposure



- Experimental and clinical evaluations



- Advanced optimization, exposure planning and VR teaching



Interactive exposure calculation



Real-time exposure visualization

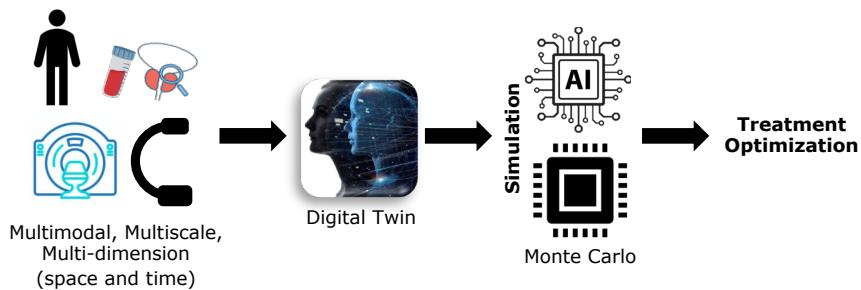
anr[®]



ANR AAPG Optimix 2018-2022
Britany region XOR-IA 2023-2026
LabEx CAMI X-OR 2019-2022
LabEx CAMI CANT 2022-2025

Dose optimisation in image guided therapy

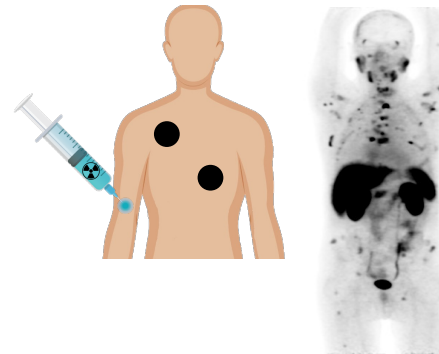
1. Generalizing and extending the patient-specific image-based modeling



Main objective:

- Include more patient information
- Improve treatment personalization

Targeted Radionuclide Therapy



Clinical limits

- Innovative new therapeutic class
- ^{177}Lu -PSMA
- Generic dose ⚠ Toxicity
- New protocol: alpha

Objective:

- Personalized dose
- Treatment follow-up

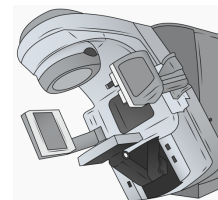
 **EU-PIANOFORTE** LutADose 2024-2028



PEPR Santé num. TwinCart 2026-2030



Offline adaptative radiotherapy



Clinical limits

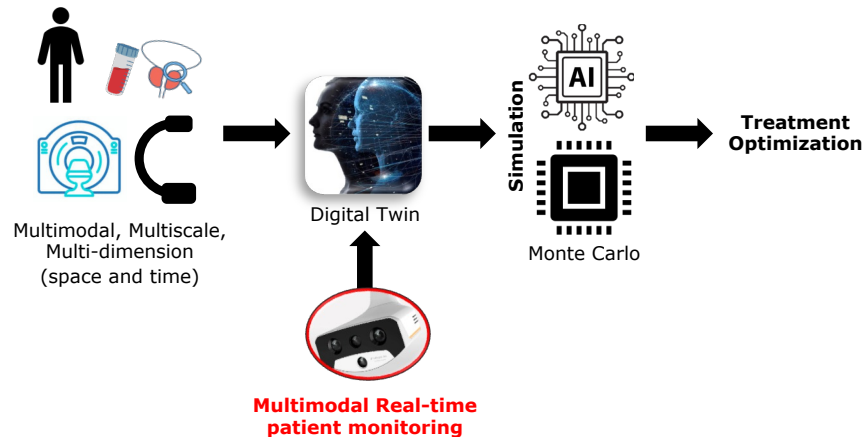
- Numerous strategies
 - Fractions
 - Dose
- Toxicity, recurrence

Objective:

- Virtual patient
- Virtual treatment
- Patient-specific treatment

Dose optimisation in image guided therapy

2. Dose optimization: from static planning to real-time adaptive delivery



Main objective:

- Update digital twin
- Bridge the gap between simulation and real life
- Improve treatment outcomes



Britany Region DynaHead 2025-2028

VARIAN VARIAN DyRad 2024-2026



BRAINLAB project MaskFree 2025-2027

Real-time Adaptative Radiotherapy



Multimodal Real-time patient monitoring

Clinical limits



Objective:

- Removing the contention
- Correct the treatment during delivery
- Adapt the treatment day-to-day automatically

IJCLab - Pôle physique santé

- **Équipe Imagerie multimodale et imagerie tissulaire (IMIT)**
 - Endomicroscopie 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, B. Devaux
 - Hôpital Sainte Anne, hôpital Lariboisière, Synchrotron SOLEIL, CREATIS, Beijing institute of technology-Chine
 - **MAPSSIC** (voir plus loin)

Endomicroscopie non linéaire multimodale pour l'aide au diagnostic et la biopsie temps réel (IMOP)

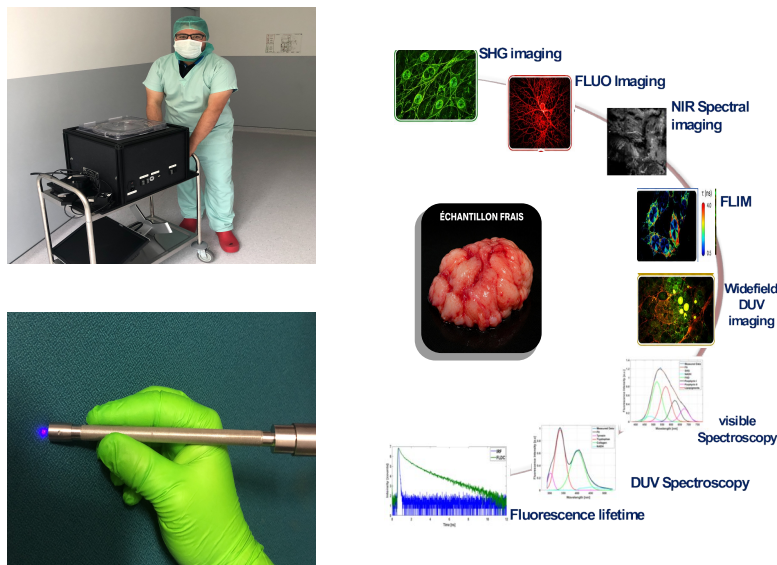
CONTEXTE

L'enjeu majeur de toute intervention neurochirurgicale oncologique est la définition précise des limites de l'exérèse, qui répond à l'optimisation de la balance onco-fonctionnelle. L'identification de l'infiltration tumorale cérébrale n'est pas possible aujourd'hui en conditions opératoires et elle nécessite le développement d'un outil d'imagerie performant et fiable.

OBJECTIFS

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.

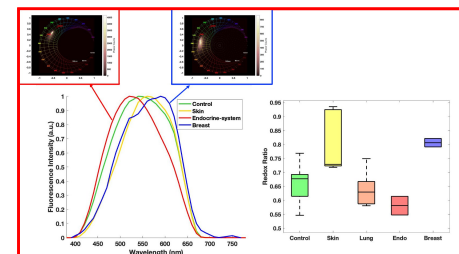
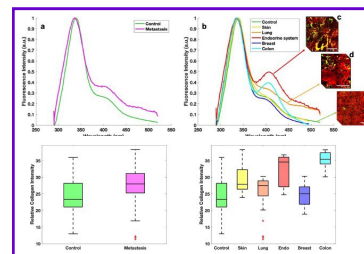
MATERIELS & METHODES



RESULTATS

Différenciation des métastases cérébrales en fonction de l'origine de la tumeur primaire par analyse optique de la fluorescence endogène des tissus

Les analyses menées sous excitation dans les domaines de l'**UV profond** et du **proche IR** démontrent que la composition moléculaire des métastases cérébrales dépend de l'origine du cancer primitif et mettent en évidence le potentiel de l'analyse de l'autofluorescence à discriminer les métastases cérébrales entre elles.



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, Marc-Antoine Verdier
 - Internal Dose Assessment Laboratory (ASNR), Claudius Régaut Institute (IUCTO) (Toulouse), Institut Cochin, Centre François Baclesse (Caen), CHUV Lausanne.

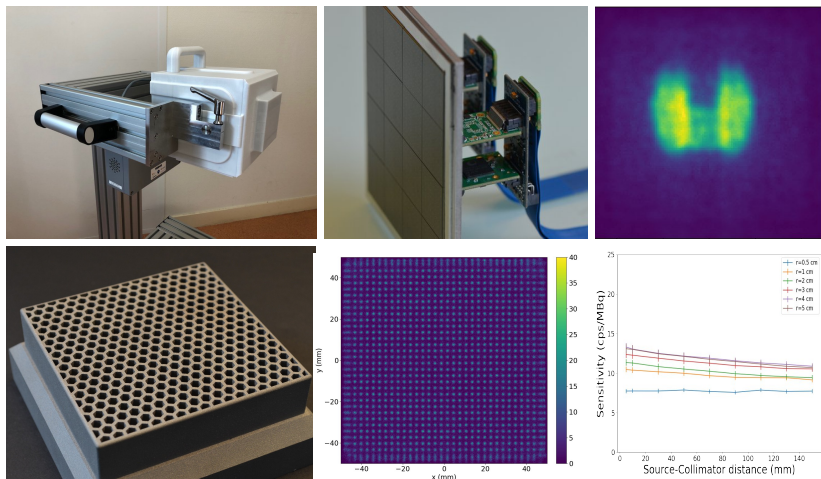
- **Projet PRISM/PRALINE** : Production de RAdioisotopes et Ligands pour la dosimétrie et l'Imagerie Nucléaire

- Objectifs (Imagerie) :
 - Évaluation de l'effet des contaminants sur l'imagerie et la dosimétrie de radionucléides en radiothérapie interne vectorisée.
 - Développements de nouvelles approches instrumentales pour la dosimétrie de radionucléides (caméra Compton)
 - Collaboration
 - IJCLab : resp. Marc-Antoine Verdier, Charles-Olivier Bacri, Marie-Alix Duval, Laurent Ménard, Mohammed Hussein,
 - CHUV Lausanne, ICMUB Dijon, Institut de Chimie de Strasbourg

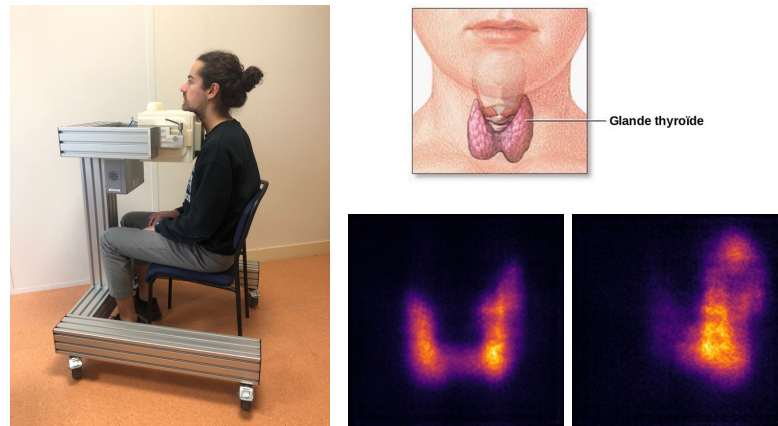
Thidos (1)

Développement de la caméra THIDOS

- Conception, réalisation et mise en service du **premier prototype clinique d'une gamma-caméra mobile** (champ de vision de $10 \times 10 \text{ cm}^2$)
- Évaluation de la **précision et de la robustesse du protocole de quantification** (étalonnage de la réponse de la caméra, segmentation de l'image source, effet de volume partiel et corrections de diffusion) à l'aide de fantômes 3D et d'outils de Deep Learning



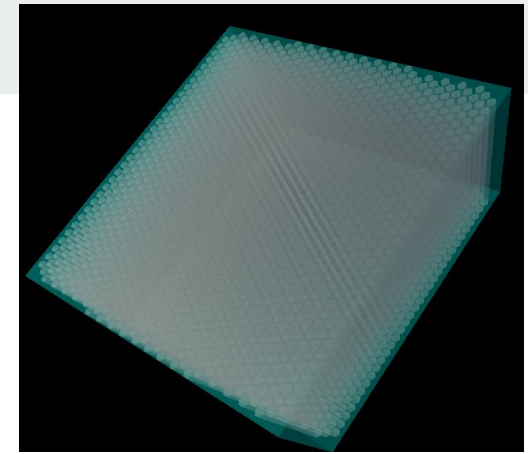
Evaluation clinique de la caméra THIDOS



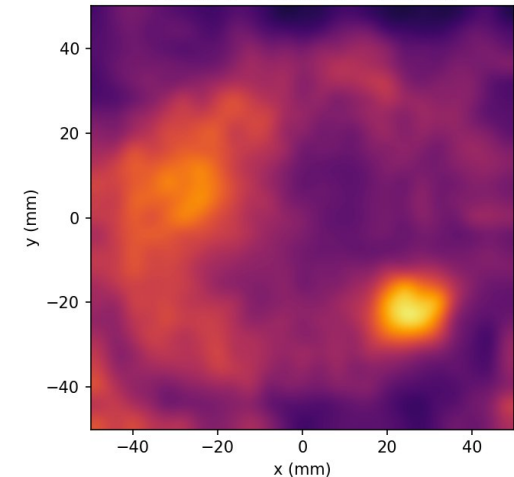
Finalisation de la première **évaluation clinique** de la caméra mobile THIDOS dans le cadre d'un Protocole Hospitalier de Recherche Clinique développé avec l'Institut Claudius Régaud de Toulouse. L'étude a été menée auprès de **20 patients atteints de maladies thyroïdiennes bénignes**. Les résultats préliminaires indiquent une qualité d'image sans précédent à des énergies d'environ 400 keV.

Thidos : Évolution du projet

- Adaptation de la caméra pour de plus basses énergies et autres pathologies: ^{123}I , ^{177}Lu
 - Optimisation du module de photodétection
 - Scintillateur
 - Réseau de neurones pour la reconstruction
 - Collimateurs dédiés
 - Haute efficacité et haute résolution spatiale pour chaque énergie
 - Collimateurs divergents → augmentation du champ de vue



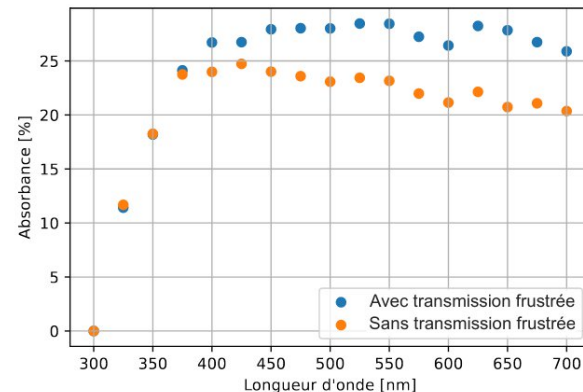
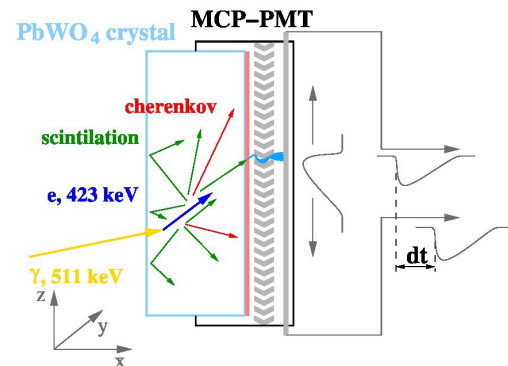
Collimateur à trous hexagonaux divergents



120 s acquisition d'une lésion, Lu-177 PSMA
au chevet du patient, 3h après injection

CPPM

- **imXgam**
 - 3 permanents (2 EC, 1IR -> 1.6 etp), 1 doctorantes, 1 Postdoc, deux stagiaires
- **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 -> AAIMME :**
 - utilisation du TomXgam pour la prise de données pour à l'aide des détecteurs ClearMind



CPPM

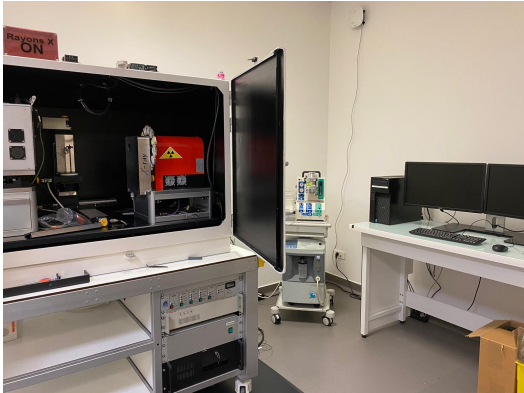


- **PC-CT**

- Mise en production du pixscan-fli au cerimed notamment dans les projet FLAP*VAP (Amidex Interdisciplinaire: CERIMED, C2VN, ICR, IBDM, CPPM) et SELF PorTrait
- MultiX :
 - Modélisation de pixels Cd-Te -> Présentation par Mélissa Leroy

- **PGTI / Tiara**

- Simulation détecteur / pateint : thèse de Alicia Garnier, (février 2026)
- Reconstruction des gamma prompts -> Présentation par Chaima Abib



<- Pixscan FLI au Cerimed

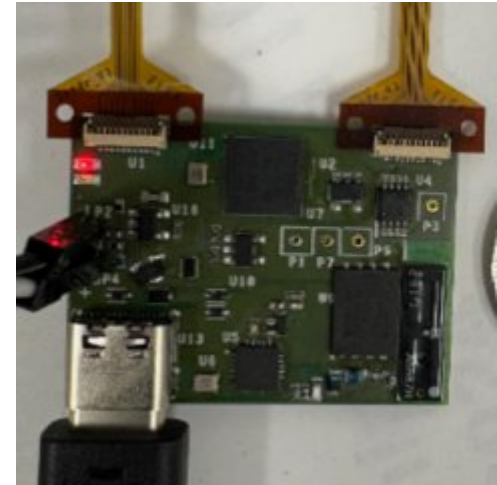
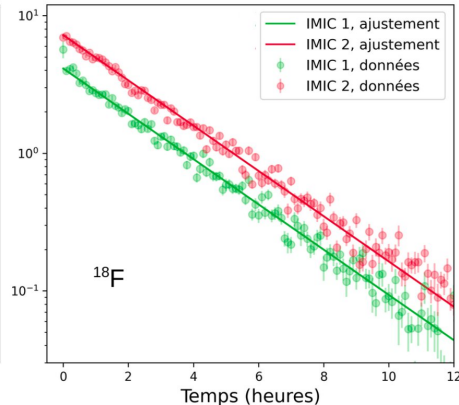
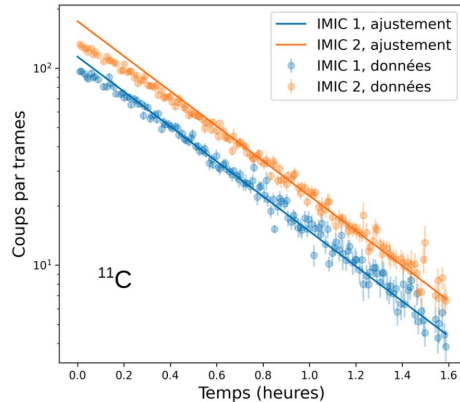
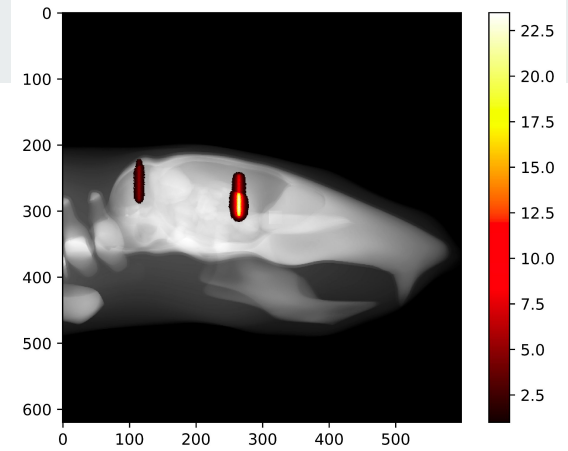
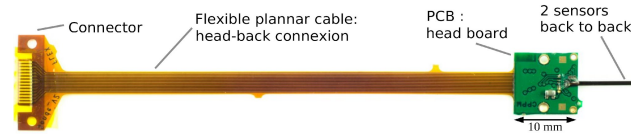
Suivi longitudinale de l'effet de médicaments sur des tumeurs du foie ->

MAPSSIC

- Une sonde radiosensible télémétrique pour l'imagerie comportementale
- Complémentaire à l'imagerie TEP : sonde intracérébrale télémétrique radiosensible aux β^+ 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 Clausse, Matthieu Goffe
 - Conception de l'ASIC
 - CERMEP : Luc Zimmer, Sandrine Bouvard
 - Prise de données, implantation sur Animal

MAPSSIC

- ~70 sondes produites
- Thèse de Samir El Ketara endécembre 2024
 - Validation physique en b cher : Carbone 11 et Fluor 18
- Modélisation Monte-Carlo: mesure des courbes cinétiques du ^{11}C
- Développement en cours du sac à dos (cf photo)
 - Validation sur animal prévue cette année



Pcb sac à dos

Merci de votre attention

- Comparison of the simulated response of hybrid pixel detector with synchrotron beam tests (Melissa Leroy)
- XEMIS2 : Status and First Acquisitions of the XEMIS2 Liquid Xenon Compton Camera for 3γ Imaging (Yohann Ramsi)
- An alternating approach to reconstruct PROMPT GAMMA Distribution and Hadron velocity from Time-Of-Flight measurements (Chaima Abib)
- SPECT Imaging of ^{161}Tb and ^{155}Tb and Evaluation of the Impact of ^{156}Tb Contamination (Mohammed Hussein)