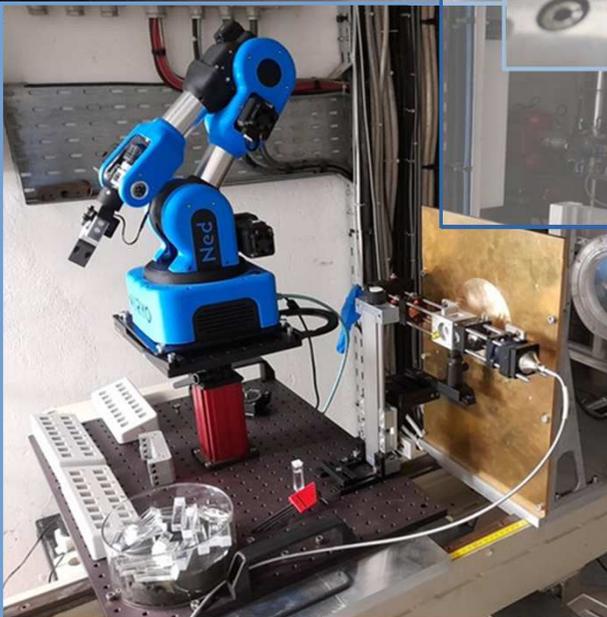


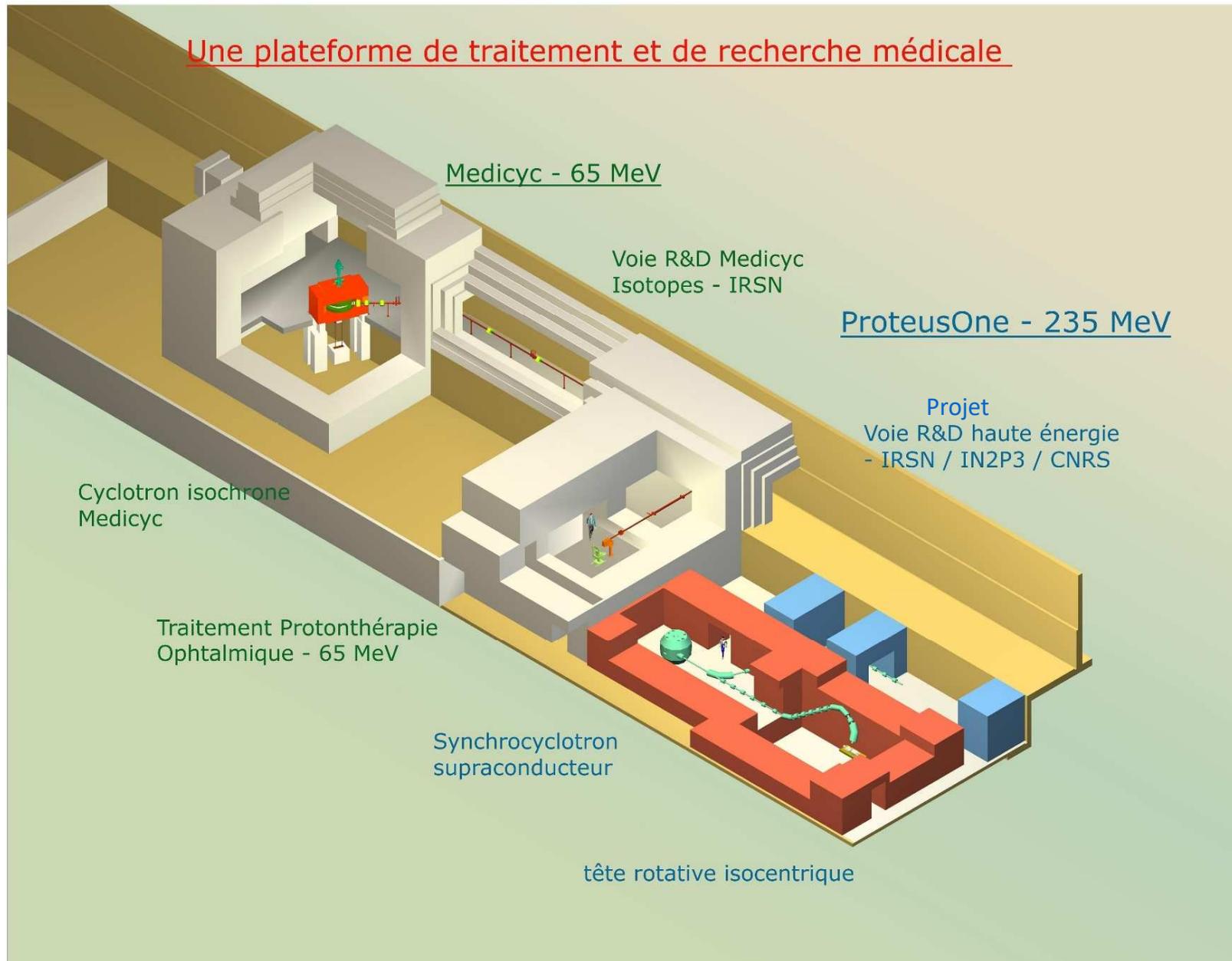
Nouvelles opportunités expérimentales en proton au CAL

P. Hofverberg

Pour l'équipe technique du cyclotron



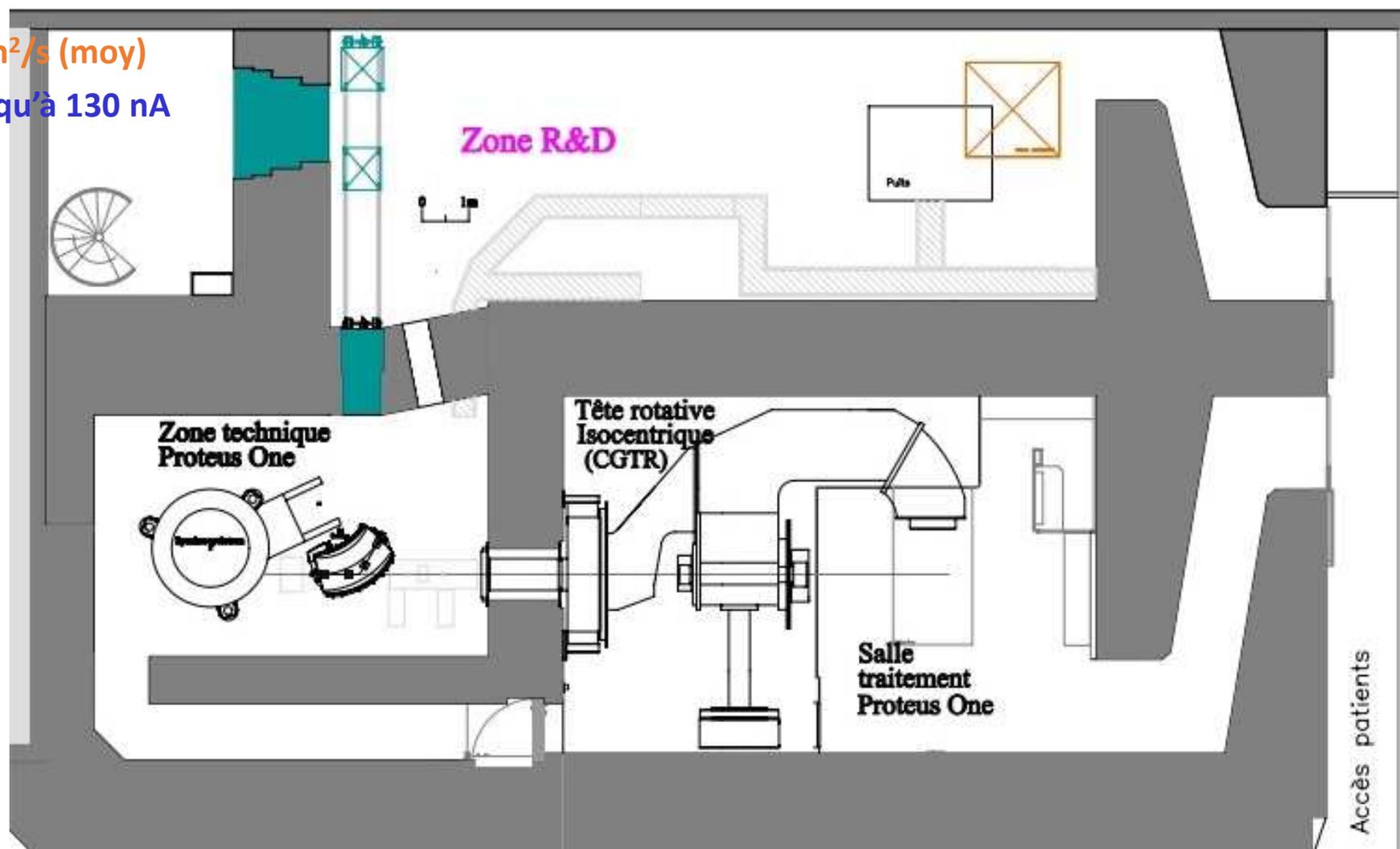
Une plateforme de traitement et de recherche médicale



Activités R&D sur Proteus-1

Caractéristiques Faisceaux:

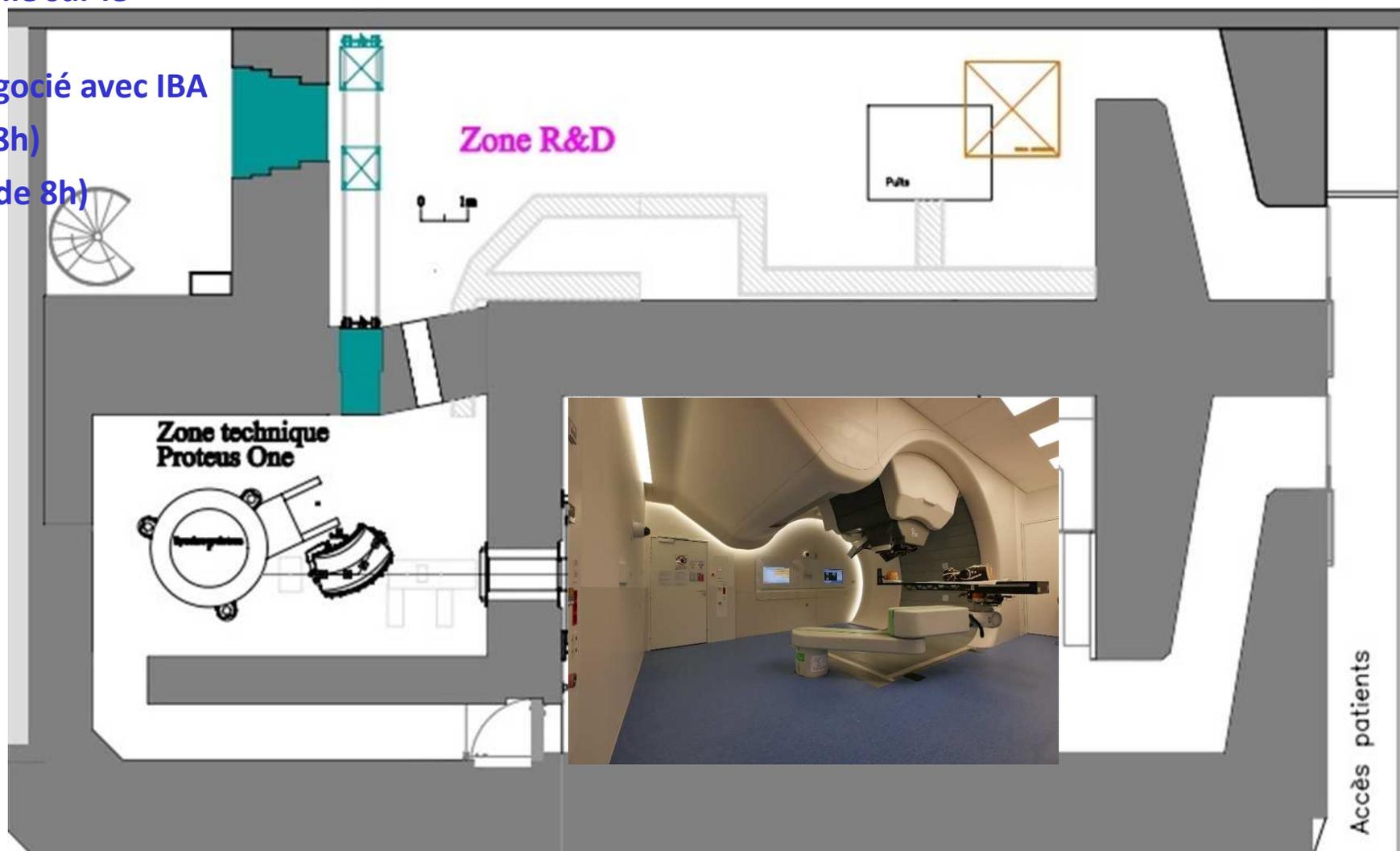
- proton 100 -226 MeV
- Champ : 20x22 cm²
- Flux : 1e8 protons/cm²/s (moy)
- Intensité Proton : jusqu'à 130 nA



Activités R&D sur Proteus-1

Irradiations R&D en salle de traitement:

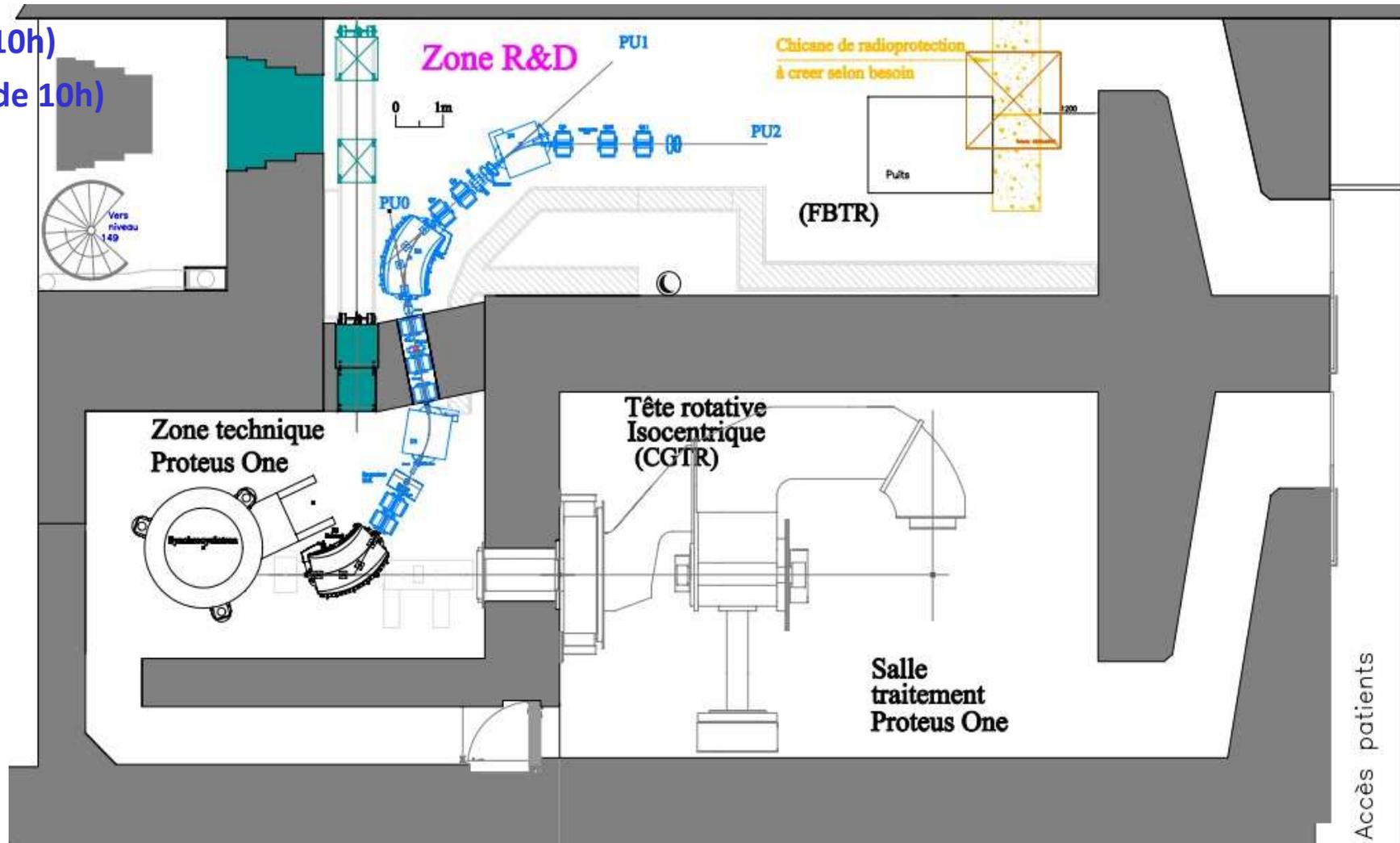
- Peu d'accès à cette salle sur le temps CAL (7h-19h)
- Possibilité d'accès négocié avec IBA
 - La nuit (slot de 8h)
 - Le samedi (slot de 8h)
- 10 h à 15 h par an



Projet de Voie R&D Ht Energie: **Activités R&D sur Proteus-1**

- Pilotée par les ingénieurs du CAL
- Possibilité d'accès
 - La nuit (slot de 10h)
 - Le samedi (slot de 10h)

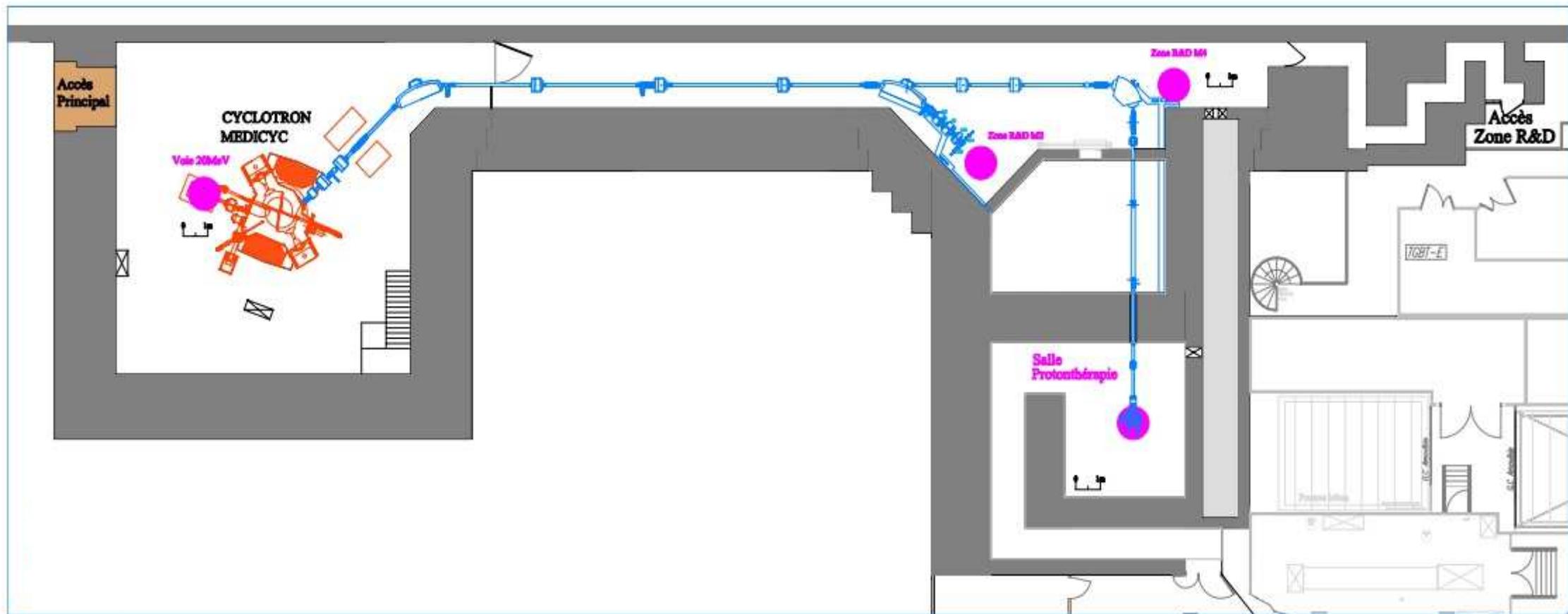
Projet en attente de
Bouclage budgétaire



Caractéristiques Faisceaux :

- H- @ 65 MeV
- D-/alpha @ 30 MeV
- Intensité Proton : 10pA à 20μA

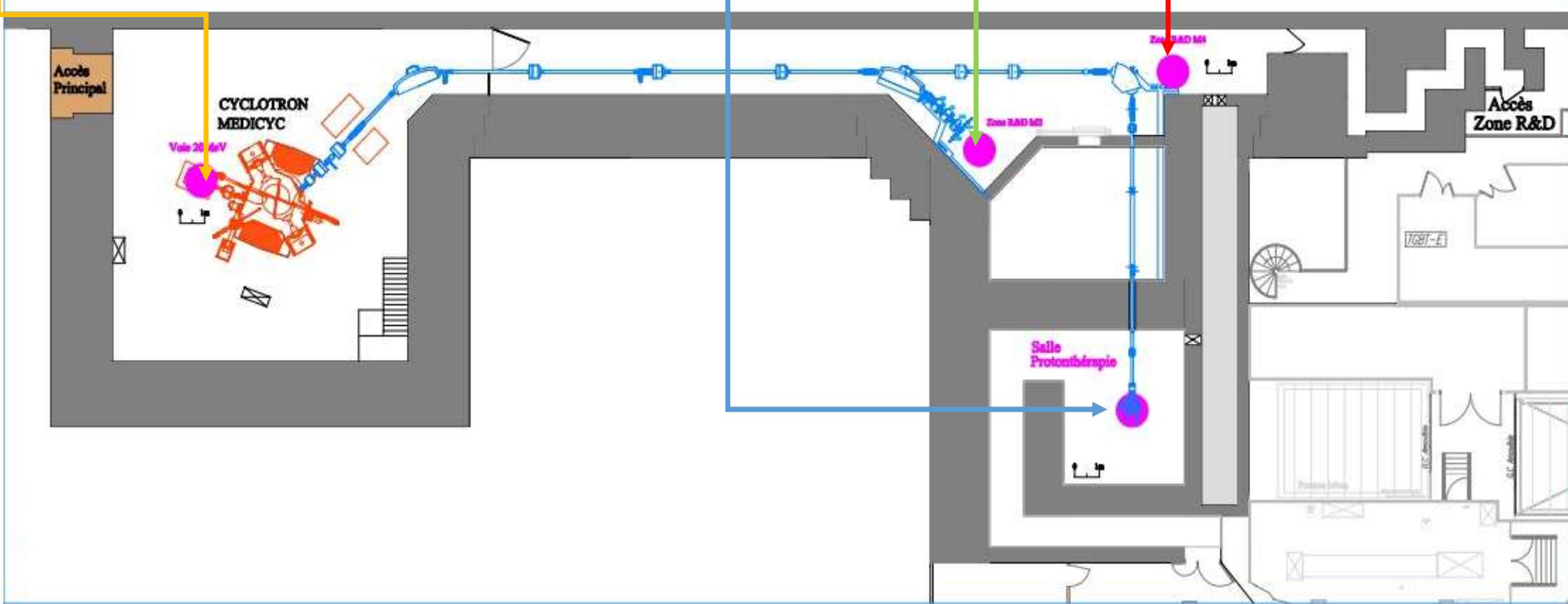
Activités R&D sur MEDICYC



Activités Cliniques et R&D :

Activités R&D sur MEDICYC

- 7000 pts depuis 1991
- Voie 20 MeV radioisotopes
- Voie R&D M2 libre
- Voie R&D M4 développée depuis 2020



Voie R&D M4 MEDICYC

En 2020, le CNES a approché le CAL pour développer un faisceau de référence pour des tests de dureté de composants électroniques (applications spatiales) dans la gamme 20 MeV – 60 MeV

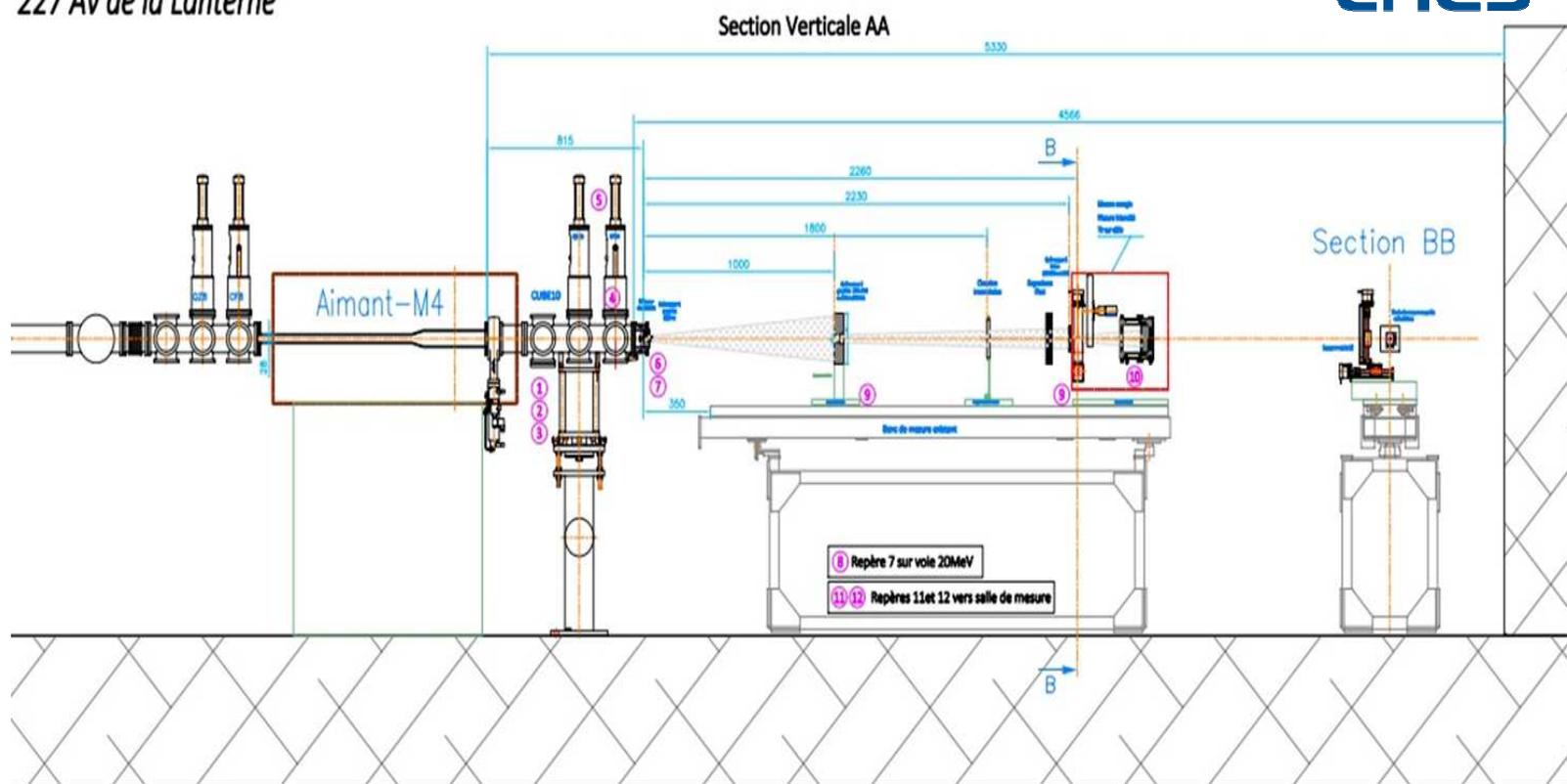
Pour le CAL, cela a permis de développer aussi d'autres applications d'irradiations pour :

- Instrumentation R&D pour la physique médicale
- Recherche en radiobiologie



Medicyc : Voie R&D Basse Energie (Zone M4)

Centre Antoine Lacassagne
Laboratoire du Cyclotron
227 Av de la Lanterne



Medicyc : Voie R&D Basse Energie (Zone M4)



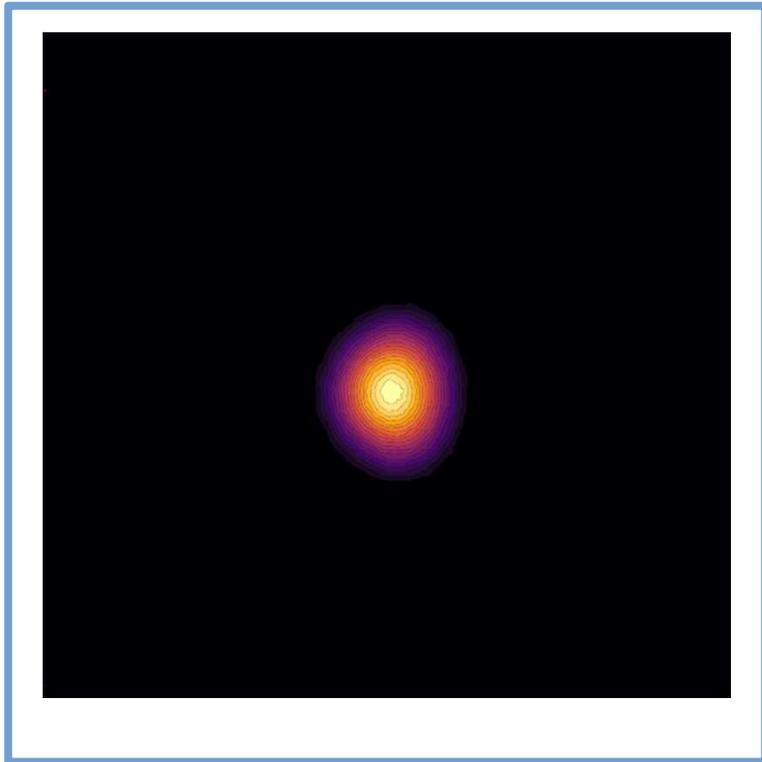
Medicyc : Voie R&D Basse Energie (Zone M4)



Caractéristiques Faisceau: taille

“Pencil-beam”

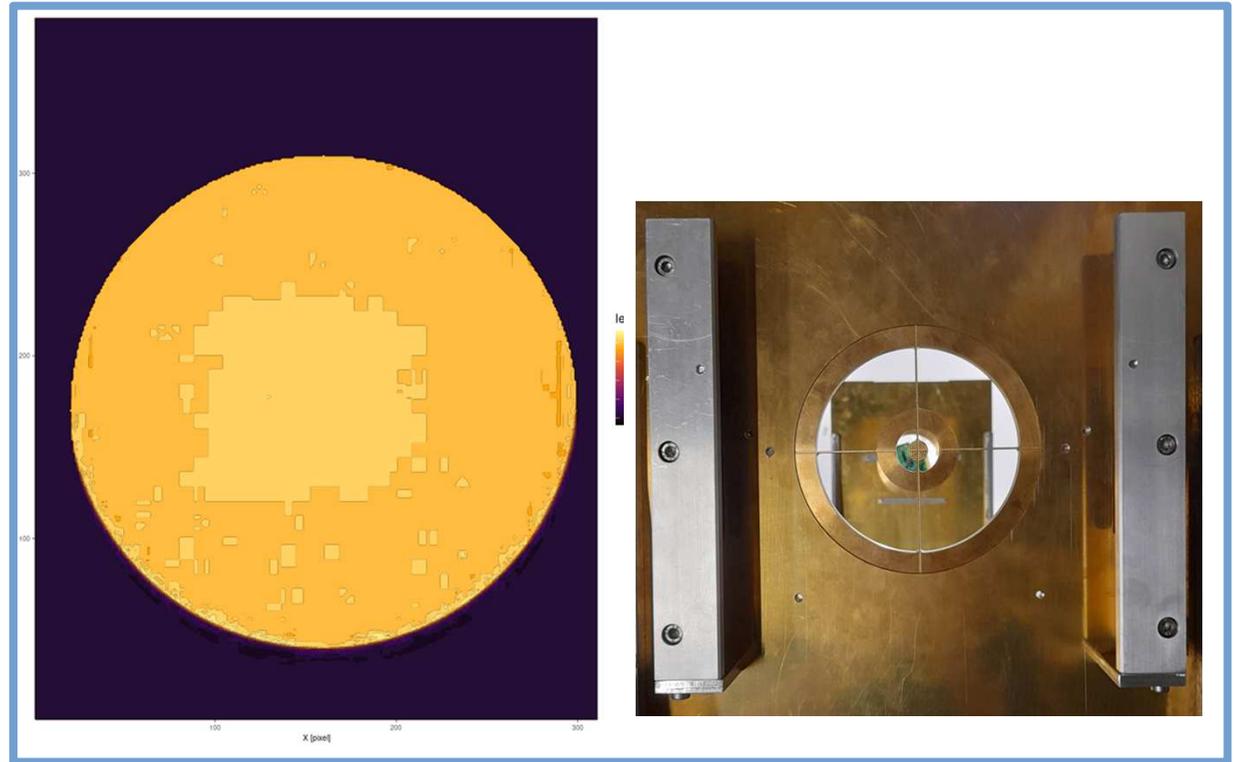
- Faisceau Gaussien $\sim 3 \text{ mm } \sigma$
- Faisceau brut sortant de la voie Medicyc



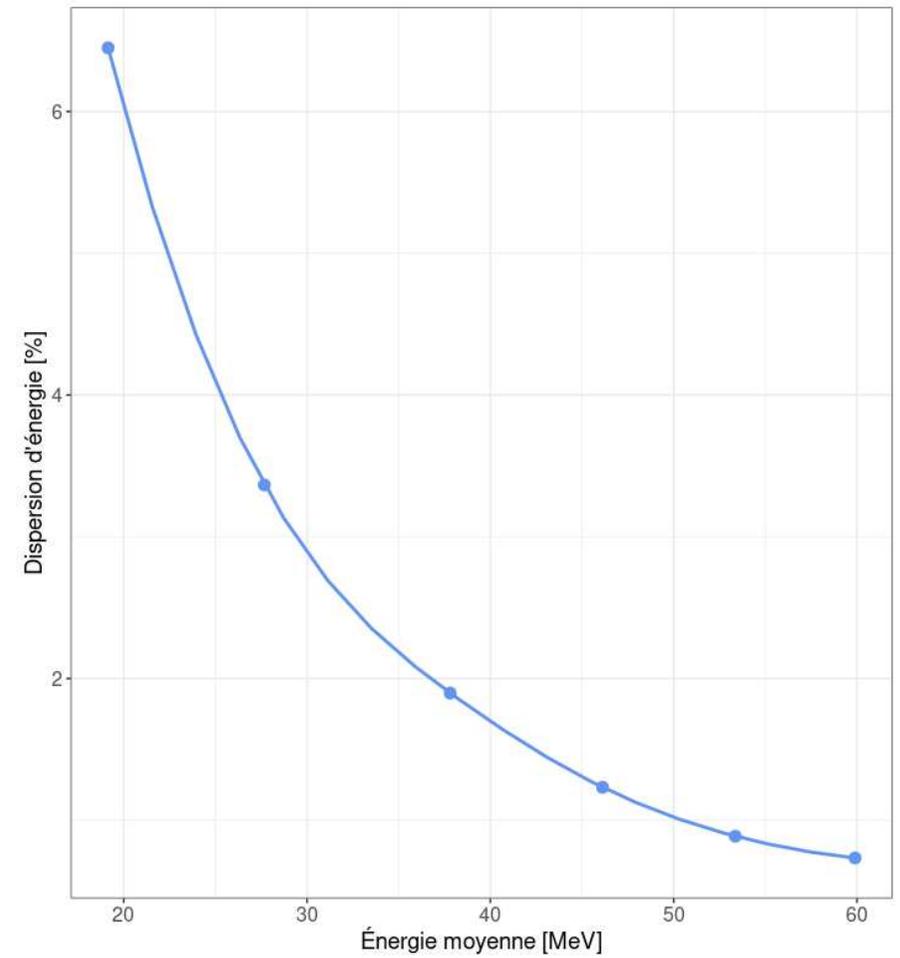
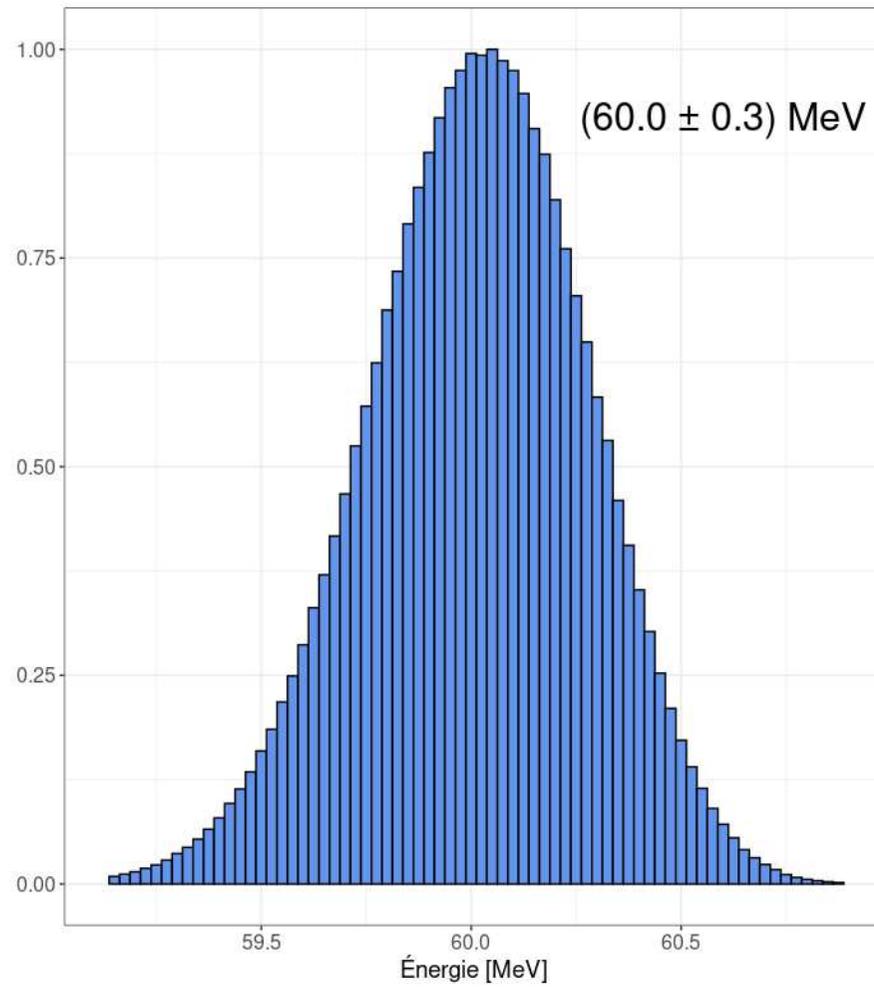
Faisceau “Plat” diametre 100 mm

Double scattering avec occulteur

Homogénéité $< \pm 3\%$ transmission $\sim 22\%$



Caractéristiques Faisceau: énergie



Caractéristiques Faisceau : flux / débit de dose

. Un faisceau stable peut être produit de manière précise sur la gamme ~ 10 uGy/s \rightarrow 80 Gy/s (à l'isocentre)

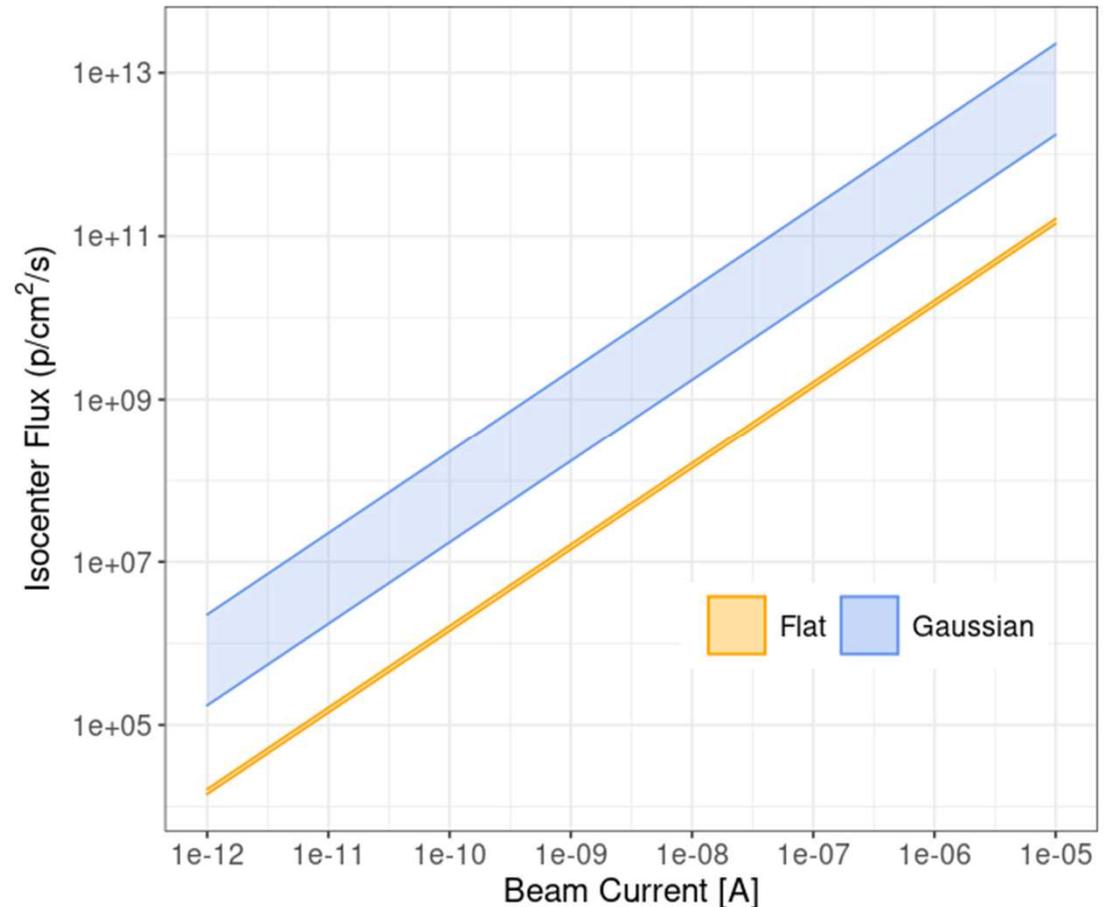
. Flux : $5e6 - 1e9$ protons/cm²/s

. Des faisceaux à 1 proton /bunch peuvent être produits jusqu'à des faisceaux de tests de dureté pour les applications spatiales

. Equipements de dosimétrie achetés ou fabriqués (précision moyenne de 5%)

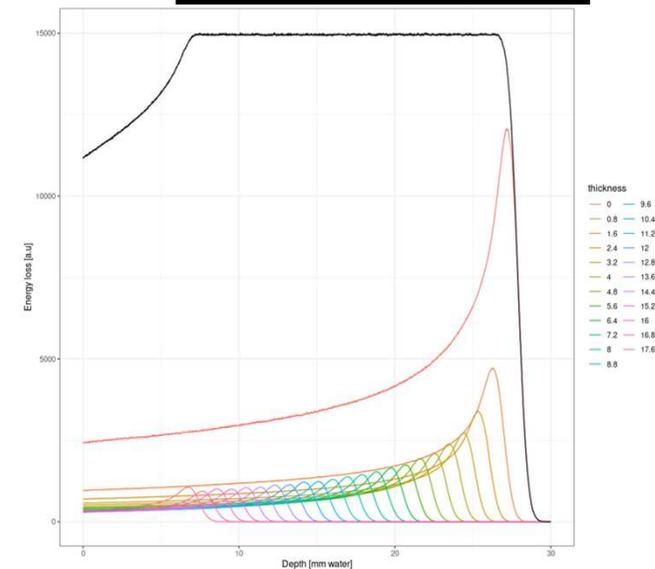
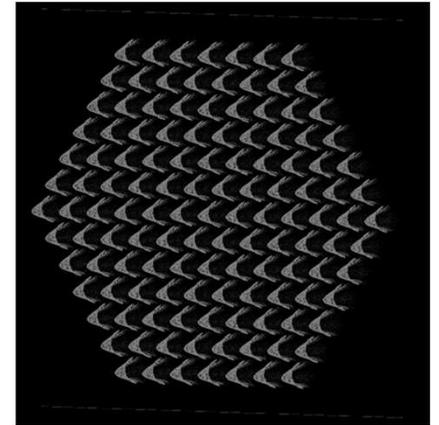
. cages de Faraday

. chambres d'ionization (strippées ou non)



Perspectives

- Fort intérêt pour la voie R&D de MEDICYC de la part de la recherche et du monde industriel
- Développement en cours pour étendre les capacités de voie de faisceau pour les très basses intensités (faisceau fin) -> développement d'une nouvelle nozzle
- Développement en cours aussi pour étendre les capacités de voie de faisceau pour les très hautes intensités et explorer "FLASH therapy"
 - ~ 10 kGy/s à l'isocentre (diamètre faisceau 20 mm) avec une source pulsée
 - Développement d'un ridge filter conçu pour pouvoir créer des profils plats de dose en profondeur à des débits de dose élevés ex: plateau modulé de 20 mm avec une homogénéité < 1%

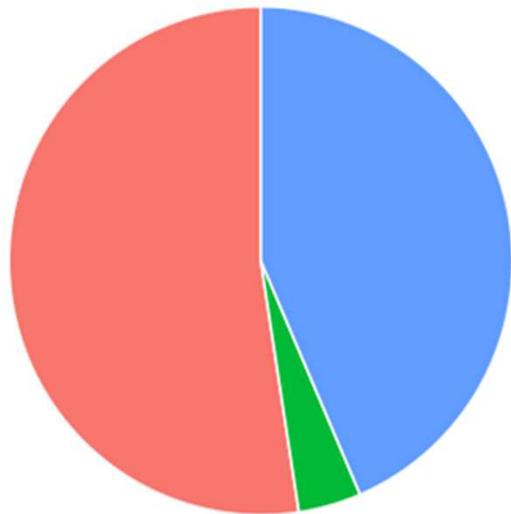


Pour plus d'information: "A 60 MeV proton beam-line dedicated to research and development programs" : DOI: 10.1016/j.apradiso.2022.110190

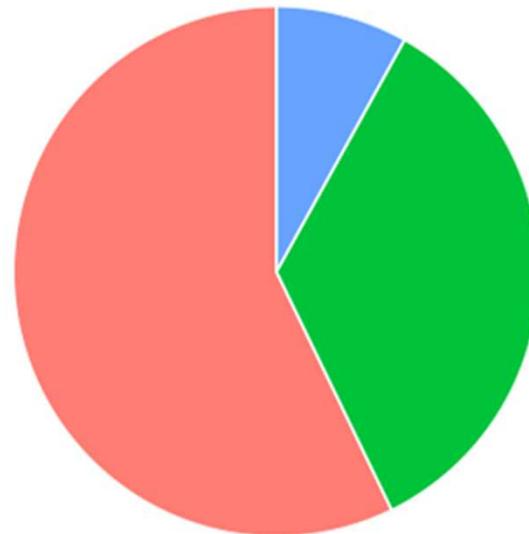
Bénéfices d'une ligne R&D dédiée

- Très haute disponibilité - Les équipements de recherche peuvent rester en place lors de campagnes sur plusieurs jours
- Salle de contrôle proche de la zone expérimentale et bien équipée - Faisceaux de cables préinstallés entre la salle de contrôle et la zone de test
- Mise en place de l'irradiation très flexible : positionnement laser, tables, supports, X/Y/Z robot (prochainement...)
- Large gamme de flux et de débit de dose
- Mise en place de montages expérimentaux complexes et encombrants possibles
- Radioprotection disponible
- Mise en place d'un laboratoire de radiobiologie cellule/petit animal en 2023

Types d'Irradiation effectuées



2021 : 124 h



2022 : 173 h

Type



Instrumentation R&D

Radiation hardness tests

Radiobiology

Temps de faisceau Voie R&D M4 MEDICYC

- .Demandes à effectuer entre 4 à 6 semaines en amont de la date souhaitée
 - .Via la Collaboration CNES/CAL en cours d'elaboration
 - .Contact direct au CAL
 - .Johan-Petter.HOFVERBERG@nice.unicancer.fr
 - .richard.trimaud@nice.unicancer.fr
- .Accès au faisceau R&D possibles:
 - .Le lundi toute la journée
 - .Les après-midis après les traitements oculaires (après 15h00, en moyenne)
- .L'installation des équipements est possible le vendredi après midi ou le dimanche avant le 1er jour d'irradiation R&D

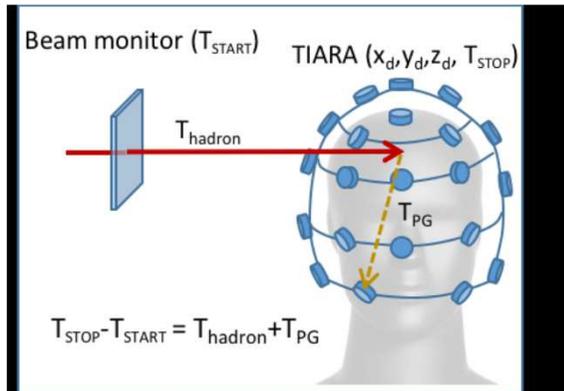
Pour plus d'information: "A 60 MeV proton beam-line dedicated to research and development programs" : DOI: 10.1016/j.apradiso.2022.110190

Merci

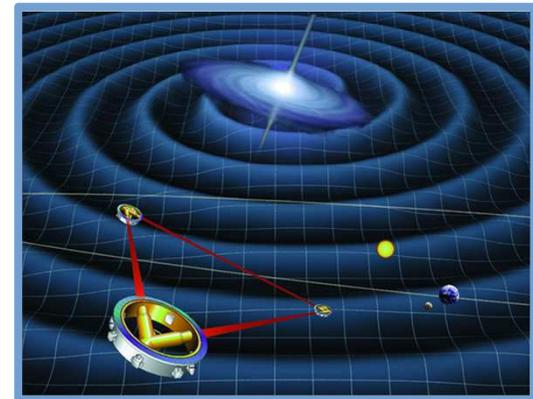
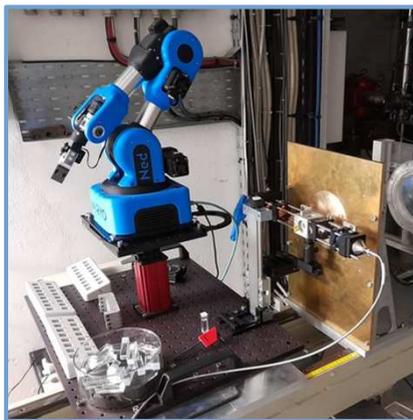
Backup

Campagnes Récentes

A time-of-flight-based reconstruction for real-time prompt-gamma imaging in protontherapy (S. Marcatili, LPSC-IN2P3)

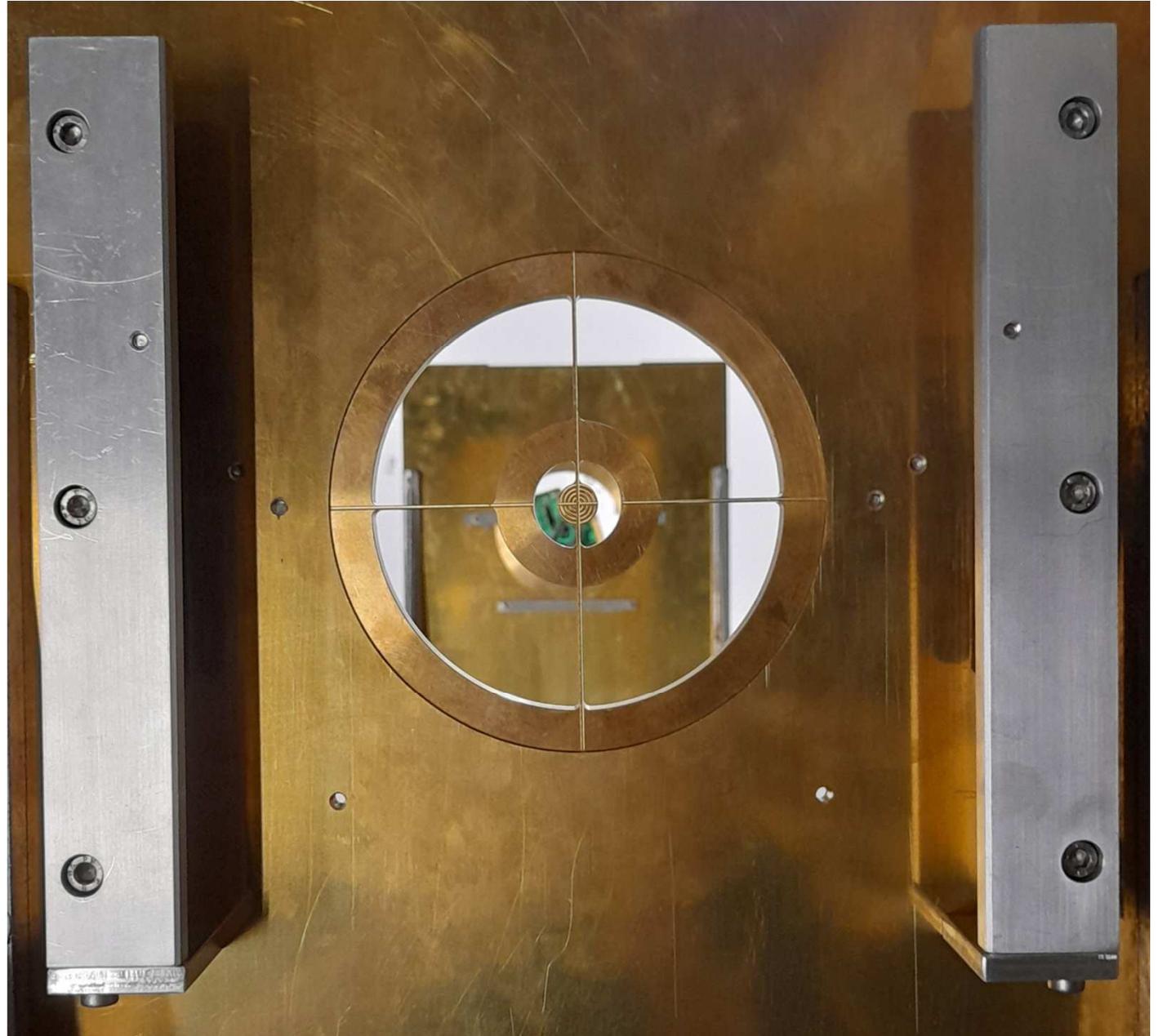


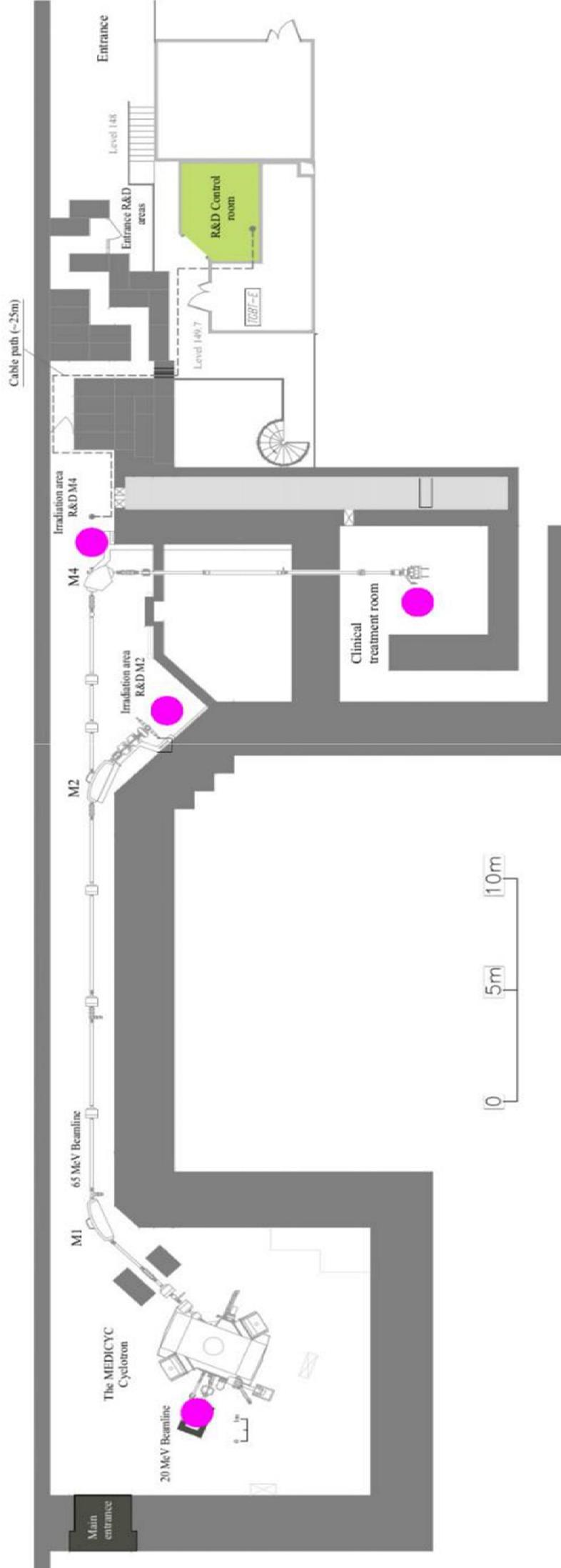
Study of InGaAs photodiodes under proton irradiation for the Laser Interferometer Space Antenna (N. Dinu Jaeger, OCA)



Determination of radiolytic yields by fluorescence for validation of Geant4-DNA models (G. Baldacchino, CEA)

Occulteur voie R&D





Implantation du Banc de mesure, mars 2021

