



Workshop GDR MI2B

# Plateforme d'irradiation avec le C400

D.Cussol, M.Rousseau

LPC Caen, CNRS/IN2P3, Université de Caen Normandie, ENSICAEN, Caen, France

20 mars 2025

# Les bâtiments CYCLHAD



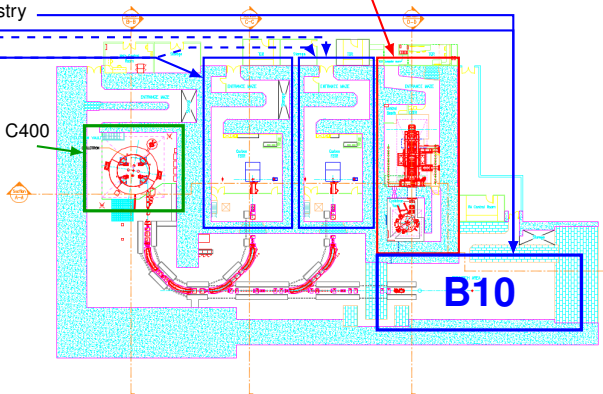
**CYCLHAD**  
CYCLOTRONS POUR L'HADRONTHÉRAPIE

## ■ Hadrontherapy center :

- ▶ Protontherapy treatments (from july 2018)
  - Proteus One (S2C2)
  - Protons at 250 MeV
- ▶ Research in particle-therapy
  - Physics & radio-chemistry
  - Biology
  - Clinical room

## ■ Supraconducting Cyclotron C400

- $^{12}\text{C}$  at 400 MeV/u
- Protons at 250 MeV
- All light nuclei with  $A/Z=2$
- p,  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$  at start
- first beam mid 2026



# Les bâtiments CYCLHAD



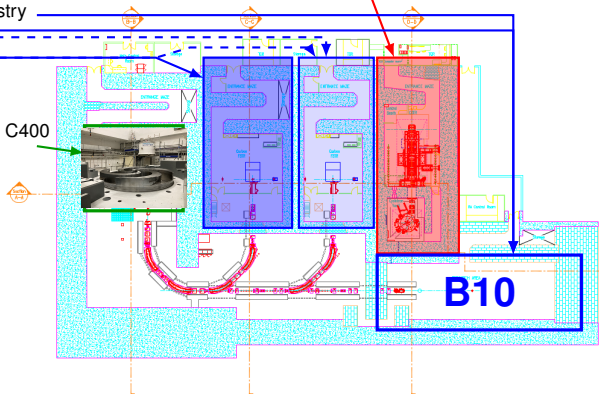
**CYCLHAD**  
CYCLOTRONS POUR L'HADRONTHÉRAPIE

## ■ Hadrontherapy center :

- ▶ Protontherapy treatments (from july 2018)
  - Proteus One (S2C2)
  - Protons at 250 MeV
- ▶ Research in particle-therapy
  - Physics & radio-chemistry
  - Biology
  - Clinical room

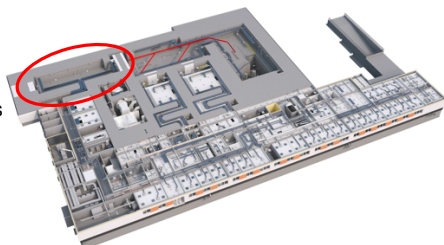
## ■ Supraconducting Cyclotron C400

- $^{12}\text{C}$  at 400 MeV/u
- Protons at 250 MeV
- All light nuclei with  $A/Z=2$
- p,  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$  at start
- first beam mid 2026



# Développement d'une ligne sur CYCLHAD

- Proposition de développement d'une plateforme généraliste d'irradiation en B10 pour :
  - ▶ La Radiobiologie (in vitro et in vivo)
  - ▶ La Radiochimie
  - ▶ La Physique
  - ▶ Mesures physiques, test de détecteurs
- Une plateforme avec des faisceaux de qualités cliniques (p,  $^4\text{He}$ ,  $\text{C}$ ) sans les contraintes liés à la clinique
  - ▶ Etudes précliniques en fonction des différents paramètres physiques
    - LET
    - débit de dose
    - fractionnement spatial et temporel



# Développement d'une ligne sur CYCLHAD

- Ligne d'irradiation passive
  - ▶ Développement de systèmes de mise en forme du faisceau
  - ▶ Développement de dégradeurs en énergie
    - SOBP (in vivo)
    - Modulation du LET (in vitro)
  - ▶ Développement d'un Ridge Filter
    - Flash conformationnel (in vivo)
  - ▶ Développements de systèmes de micro-faisceaux
  - ▶ Systèmes de contentions
  - ▶ Développement des équipements de dosimétrie et de métrologie
  - ▶ ...
- Contraintes plus importantes sur la biologie
  - ▶ Utilisation des développements pour la radiobiologie, la radiochimie et la physique
  - ▶ Proximité du laboratoire de biologie cellulaire
  - ▶ Proximité de l'animalerie tampon
- Développement d'un **Programme National sur la Radiobiologie des  $\alpha$**  ?
  - ▶ Radiothérapie Interne Vectorisée
  - ▶ Alphathérapie externe

# Comment ?

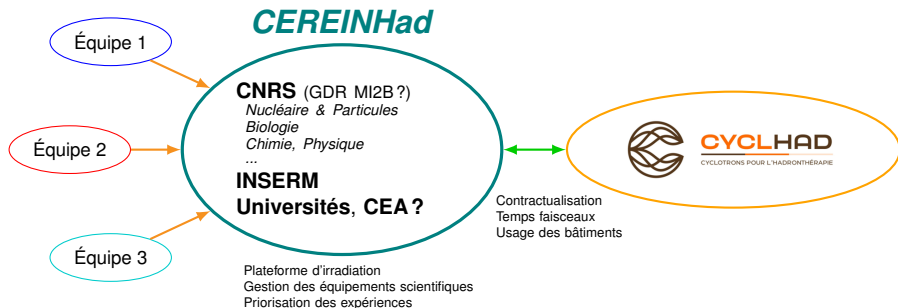
## Équipements scientifiques

- Inventaire des équipements de la salle B10 (fluides, moniteurs, mise en forme spatiale et temporelle du faisceau, passeurs d'échantillons biologiques, CaV ?, ...)
- Equipement des laboratoires de biologie (hottes, incubateurs, chambres froides, animalerie tampon, ...)

## Interactions avec **CYCLHAD**

- Accès au faisceaux (lesquels, combien, quand, à quel coût) ?
- Gestion des équipements scientifiques ?
- Contractualisation

# CEntre de REcherches INternational en Hadronthérapie



**Durée** : 5 ans

**Livrables :**

- Contrats d'utilisation du C400 et des locaux avec CYCLHAD
- Plateforme d'irradiation en hadrons légers (p,  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$ ) en 2028-2030
- Comité de priorisation des expériences sur la plateforme d'irradiation
- Possibilité d'irradier avec d'autres faisceaux ( $A/Z = 2$  du  $^4\text{He}$  au  $^{20}\text{Ne}$ ) ?

# APPENDIX



# Quels programmes scientifiques ? (non exhaustif...)

## Physique

- Mesures fondamentales pour la hadronthérapie (particules chargées,  $\gamma$ ,  $\beta^+$ , neutrons)
- Instruments de contrôles de l'irradiation (moniteurs faisceaux, contrôles balistiques, contrôles dosimétriques, contrôles inter-fractions, micro-dosimétrie, ...)
- Synthèse de radio-éléments à usage théranostiques (alpha-thérapie vectorisée)
- Modulations spatiales et temporelles du faisceau

## Biologie

- Biologie cellulaire (Survie, toxicités, modifications fonctionnelles, réparations)
- Petits animaux
- Effets temporels (FLASH, ...)
- Effets bystander/abscopal
- Effets des nano-particules

## Chimie sous rayonnement

- Dégâts sur l'ADN (phase sèche, phase aqueuse)
- Dégâts structurels sur la cellule (collagènes, membranes cellulaires)
- Synthèse d'espèces toxiques/bénéfiques

## Médecine

cf présentation J.Thariat