

WP4: Imagerie et développements fonctionnels

Resp: S. Valable et J-M. Fontbonne

A-M. Frelin, S. Valable



1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation des faisceaux

4 Conclusion

- Imagerie



- Analyse de données



- Planification
- Contrôle qualité



**Medical physics
Department**

**Radiotherapy
Department**

- Dosimétrie



Réseau national / Financements associés

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation des faisceaux

4 Conclusion



- GIN Grenoble Institut des Neurosciences
- Team involved in the LABEX IRON
 - ICOA (Chartres)
 - CRCINA / Arronax/Subatech/Sphere/Lemna (Nantes)
 - - COS (Rennes)
 - - IPHC Cyclotron(Strasbourg)
 - - CHU Purpan (Toulouse)
 - - CERRP (Tours)
- Team involved in the GDR MI2B /IN2P3
 - - IPN (Lyon/Orsay)
 - - LPC (ClermontFerrand)
 - - IPHC (Strasbourg)
 - - CENBG (Bordeaux-Gradignan)
 - - LPSC (Grenoble)
 - - CPPM (Aix-Marseille)
 - - Subatech/Arronax (Nantes)
 - - IMNC (Paris)
 - - LLR (Palaiseau)
- Anticancer centers
 - - Center H Becquerel (Rouen)
 - - CPO (Orsay)
 - - CPS (Strasbourg)

France HADRON
Infrastructure Nationale en Biologie et Santé



Agence Nationale de la Recherche
ANR



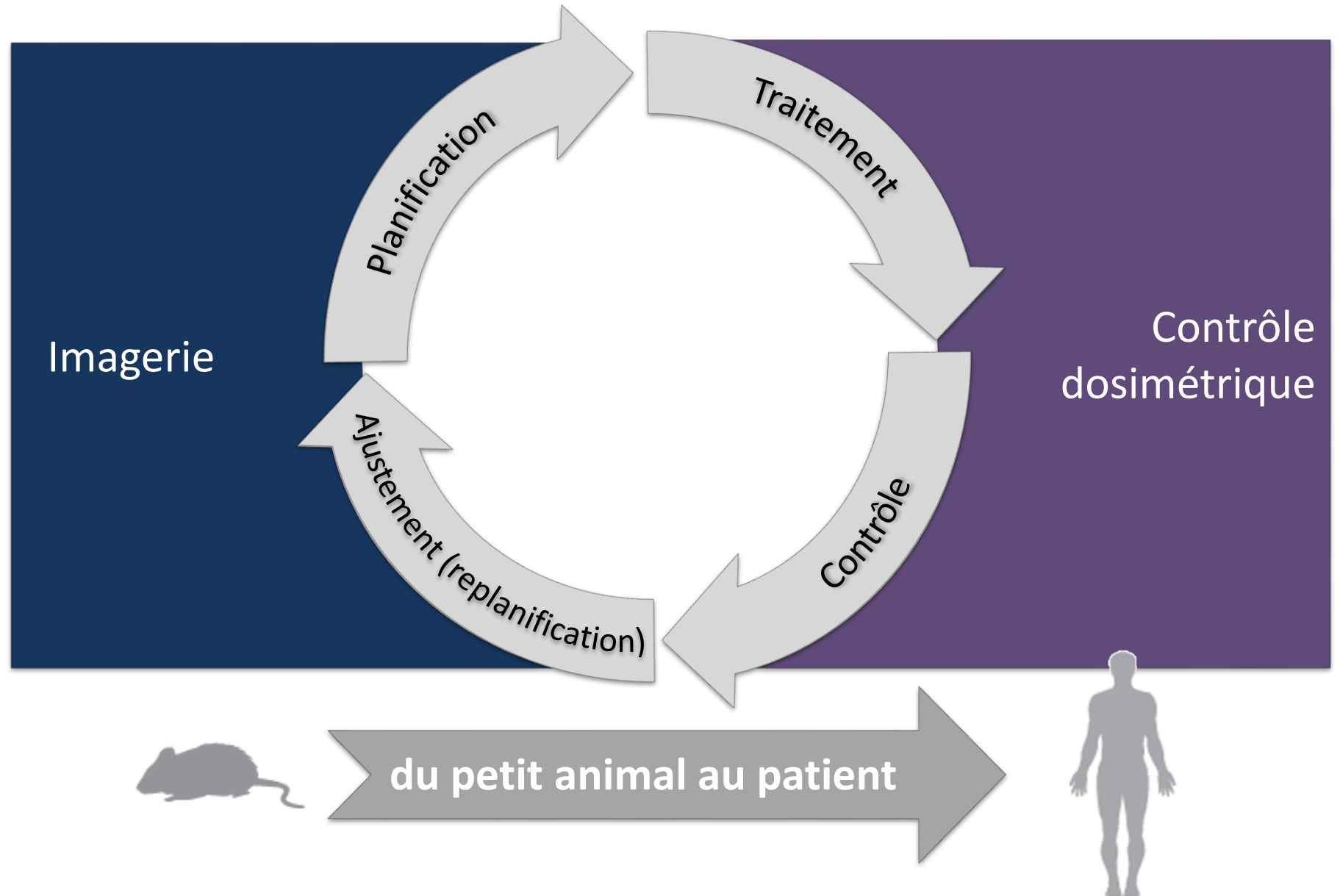
WP4: Imagerie et développements fonctionnels

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion



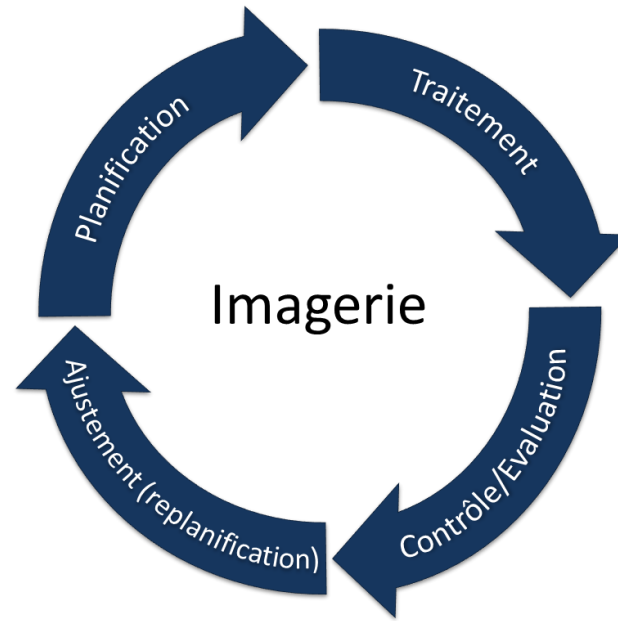
Imagerie

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion



- 2.1. Apport de l'imagerie fonctionnelle
- 2.2. Imagerie de repositionnement (IGRT)
- 2.3. Imagerie de la réponse *tumeur et tissus sains*



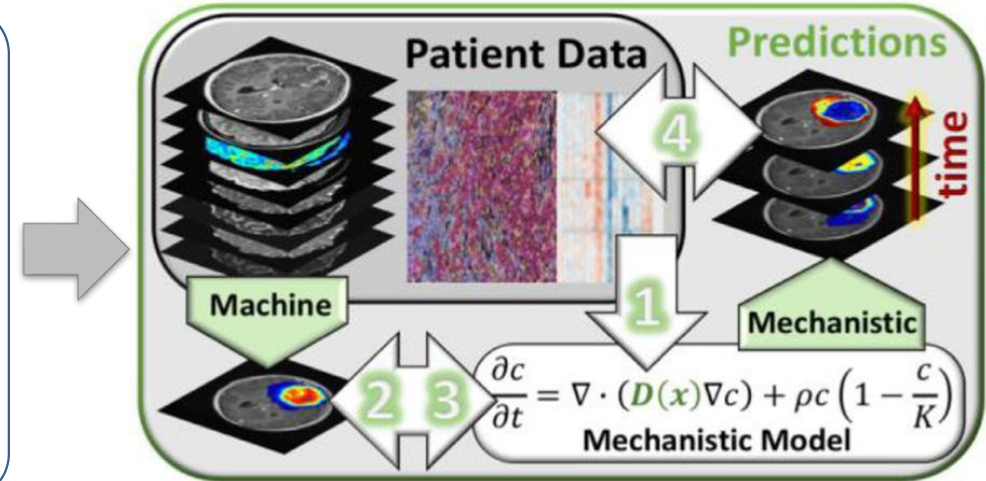
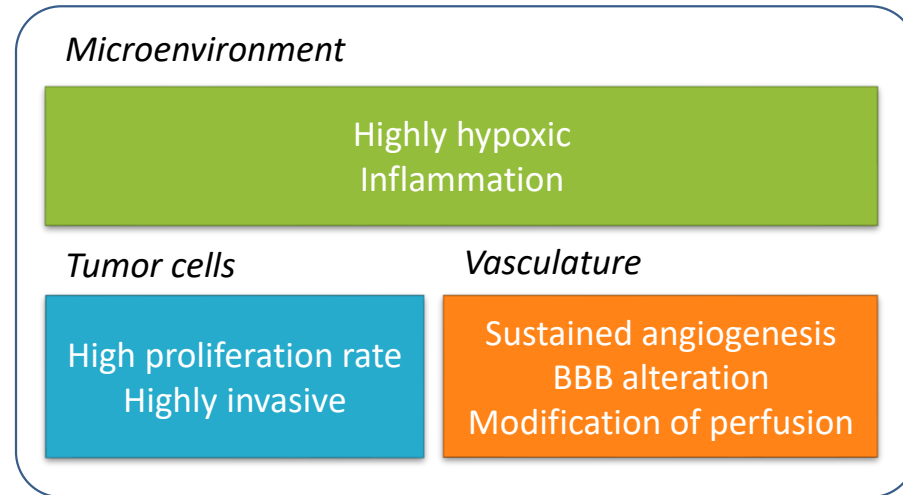
du petit animal au patient



2.1. Apport de l'imagerie fonctionnelle

- 1 Introduction
- 2 Imagerie**
- 3 CQ/Optimisation des faisceaux
- 4 Conclusion

Tumeur : environnement complexe



Prolifération, invasion, hypoxie, nécrose, angiogénèse



Sélection / triage des patients susceptibles de bénéficier d'hadronthérapie



Détermination de « sous-régions » tumorales à fort risque de récidence

2.1. Apport de l'imagerie fonctionnelle

Cas de l'imagerie de l'hypoxie pour l'hadronthérapie

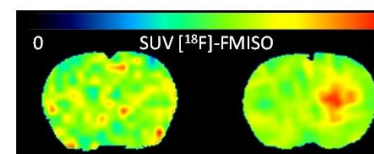
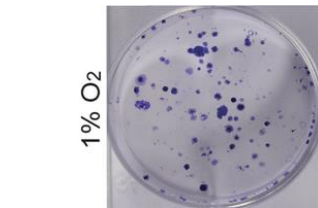
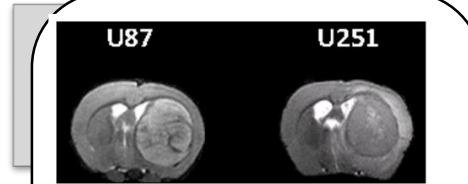
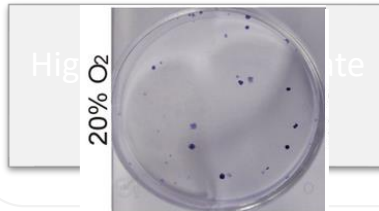
Tumeur : environnement complexe

Microenvironnement

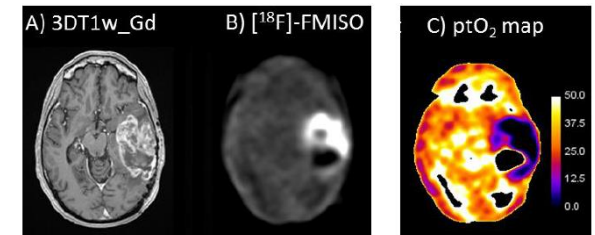
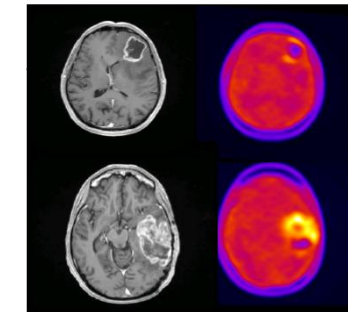
Highly hypoxic
Inflammation

Tumor cells

Vasculature

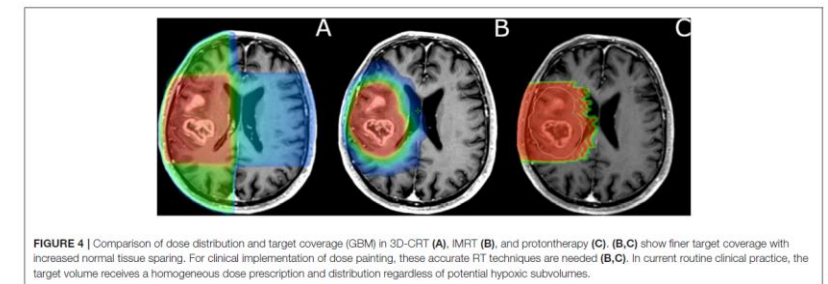


Chakoyan et al.; JCBFM, 2017
Corroyer-Dulmont et al., Biol Chem 2013
Valable et al., JCBFM, 2017



Ararat Chakhoyan et al., 2017

- Sélection de patients potentiellement radiorésistants
→ adaptation traitement proton thérapie

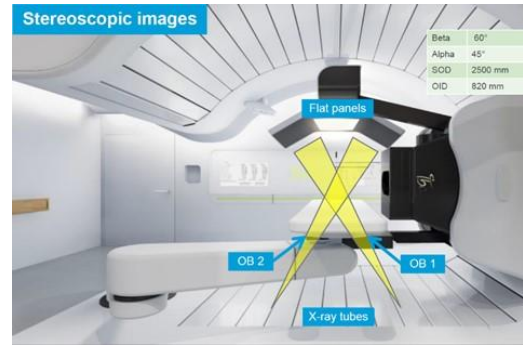


- 1 Introduction
- 2 Imagerie
- 3 CQ/Optimisation des faisceaux
- 4 Conclusion



2.2. Imagerie de repositionnement (IGRT)

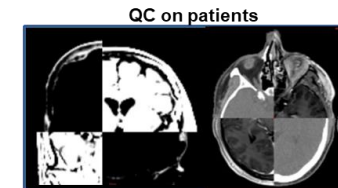
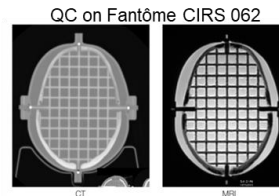
Proteus One @ CyclHad: images 2D RX(kV)



→ Répond aux contraintes de repositionnement:
Typiquement 0,5mm – 0,5 degrés en intracrânien

→ **Augmenter le nombre de patients éligibles à la protonthérapie**

- Matériaux implanté (contre-indication au moins relative) / correction des artéfacts
- Recalage d'images / distorsions



- 1 Introduction
- 2 Imagerie
- 3 CQ/Optimisation des faisceaux
- 4 Conclusion

UNICANCER

Centre de recherche François Baclesse

GREYC
Groupe de Recherche En Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen (UMR6072)
CNRS-ENSICM-Université de Caen Basse Normandie

IST₂
IMAGING & THERAPEUTIC STRATEGIES IN CEREBRAL & TUMORAL PATHOLOGIES

lpc
caen
Laboratoire de physique corpusculaire

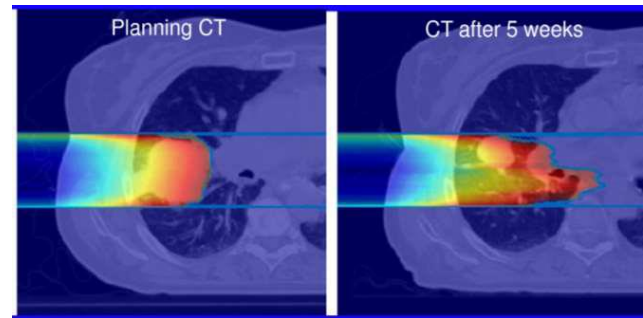
EPiOXY

Cyceron
PLATEFORME D'IMAGERIE BIOMÉDICALE

2.2. Imagerie de repositionnement (IGRT)

Apport de la multimodalité

- Prise en compte des modifications anatomiques en cours de traitement (ajustement de tmt) → impact ++ en protonthérapie



- Apport de l'imagerie multimodale → IRM séquences classiques (T1+T2) + diffusion + fonctionnelles dont BOLD (hypoxie)

→ **Meilleure résolution spatiale & informations complémentaires**

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation des faisceaux

4 Conclusion

2.3. Imagerie de la réponse

- 1 Introduction
- 2 Imagerie**
- 3 CQ/Optimisation des faisceaux
- 4 Conclusion

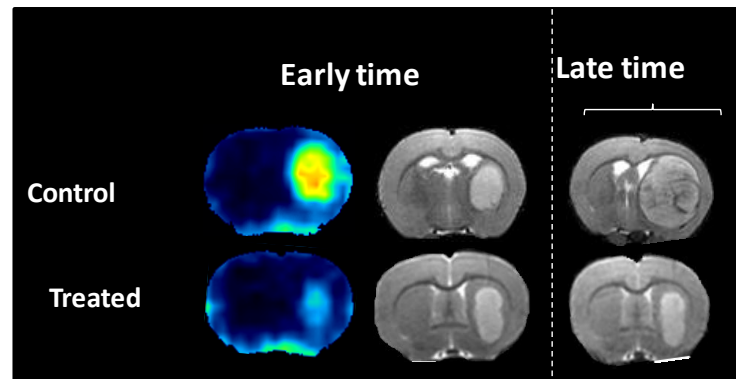
→ **Efficacité du traitement – tumeur**

→ Toxicité – tissus sains

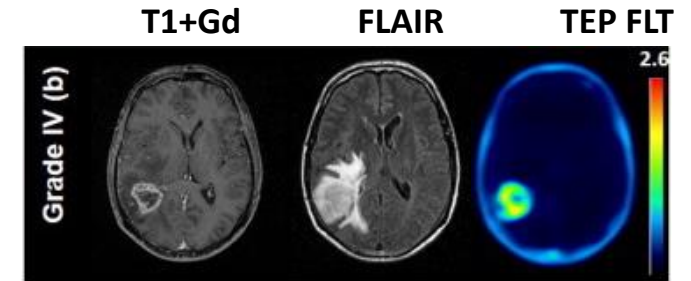
→ Contrôle à posteriori de la dose délivrée

Apport de l'imagerie fonctionnelle → réponse précoce sur l'efficacité du traitement (voir temps réel)

FLT PET for early imaging of treatment efficacy



Corroyer Dulmont A et al., NeuroOncology, 2013
Corroyer Dulmont A et al., EJNMMI, 2016



Collet S et al., 2015

Imagerie précoce / TEP

De la prolifération des cellules tumorales vs. IRM standard

More accurate markers of cell death (apoptosis, necrosis)?

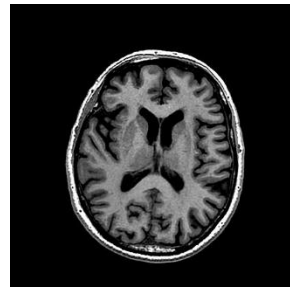
1 Introduction

2 Imagerie

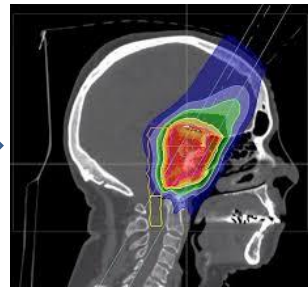
3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion

- Efficacité du traitement – tumeur
- **Toxicité – tissus sains**
- **Contrôle à posteriori de la dose délivrée**
- Intérêt de l'imagerie / IRM haute résolution
 - Localisations non mobiles (crâne, rachis...)
 - Modification des tissus sains visibles en imagerie
 - Contrôle a posteriori de la dose délivrée
 - Haute résolution permettant d'identifier les isodoses



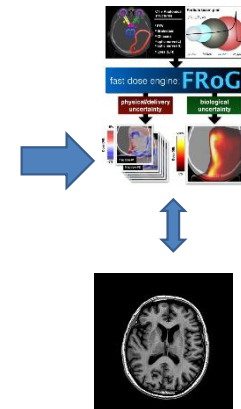
Acquisition initiale d'IRM 3T avec séquences perfusion, diffusion, spectroscopie... (n=20)



Traitement par des patients par protonthérapie



Acquisition d'IRM 3T avec séquences perfusion, diffusion, spectroscopie, à mi traitement, 1 mois et 6 mois



Recalcul de la dose (LET, RBE, dose biologique...)
Corrélation modification signal IRM, et dose.

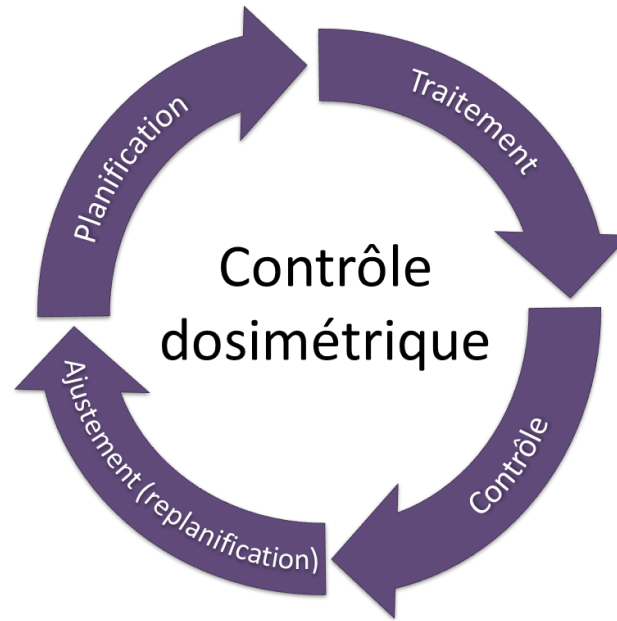
WP4: Imagerie et développements fonctionnels

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion



3.1. Contrôle des faisceaux

3.2. Contrôle dosimétrique

3.3. Amélioration des irradiations
précliniques



du petit animal au patient



3.1. Contrôle des faisceaux

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion

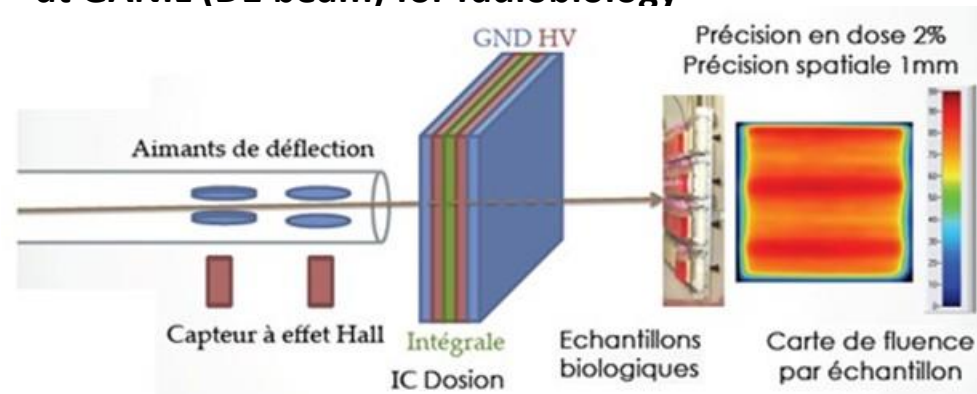
- S2C2 et futur C400 → très hauts débits de dose (1Gy en 10 μ s)
→ réglage des petits champs d'irradiation délicats

→ Développement et validation d'instruments spécifiques adaptés à l'hadronthérapie

→ Fiabilité et précision de ces modalités de traitement

→ Eligibilité à plus de patients

DOSION (Ionization Chamber) used to built dose maps at GANIL (D1 beam) for radiobiology



(Courtois C, PhD Thesis 2011; Boissonat G, PhD thesis 2014).

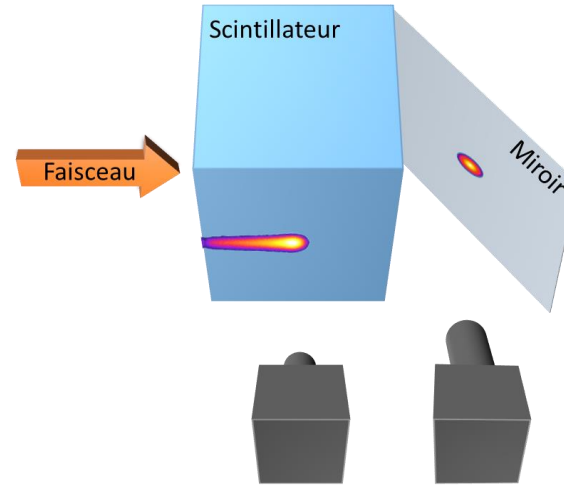
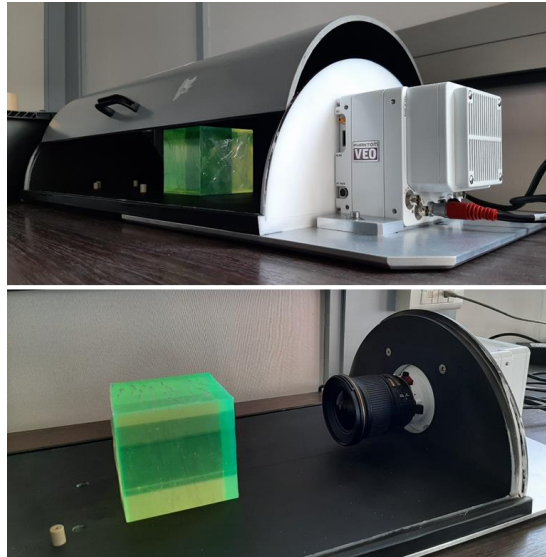
→ Beam monitors for hadrontherapy experiments:

=> proton beam monitors have been designed by LPC for IBA C230 accelerators.

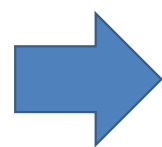
→ These devices are also suited to the next ¹²Carbon beams delivered at Archade.

3.2. Contrôle dosimétrique des traitements

- Contrôle dosimétrique des petits champs d'irradiation en hadronthérapie



Projet RIN
PMRT



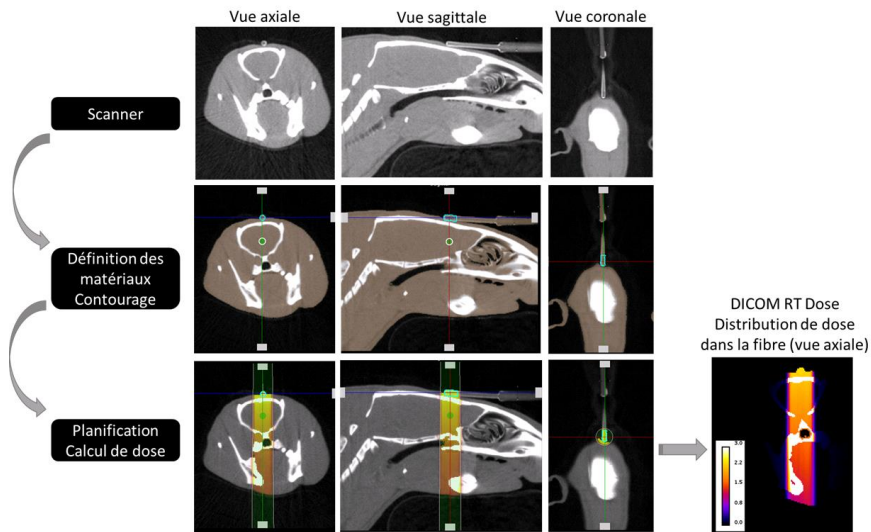
Eligibilité de l'hadronthérapie à + de patients
Dosimétrie préclinique



3.3. Amélioration des irradiations précliniques

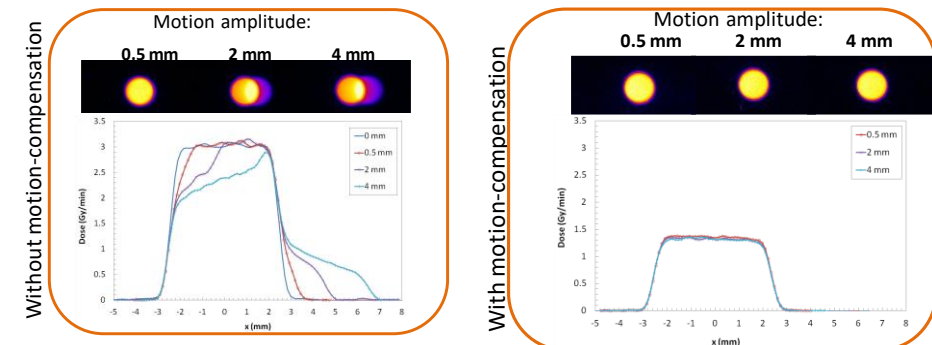
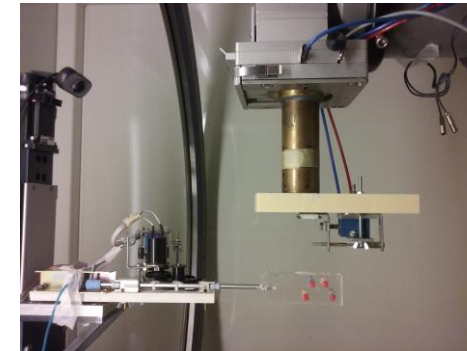
- 1 Introduction
- 2 Imagerie
- 3 CQ/Optimisation des faisceaux
- 4 Conclusion

- Dosimétrie *in vivo*
Dosimètre à fibre scintillante



Scintillating fiber dosimeter
 Composition close to tissue (PS, PMMA)
 Dimension \varnothing 1 mm to 0.5 mm
 Direct reading
Non linear response < 100 keV:
Quenching
 C. Le Deroff, PhD Thesis, 2016

- Compensation des mouvements respiratoires



Frelin-Labalme et al., 2017, BJR
Frelin-Labalme et al., to be submitted PMB

Travaux menés sur le X-RAD 225Cx → perspectives en proton/carbone

Conclusion

- Aperçu du programme scientifique d'ARCHADE
- Moyens techniques: équipes locales et extérieures



- Pas exhaustif → Programme voué à évoluer avec les contributions nationales

1 Introduction

2 Imagerie

3 CQ/Optimisation
des faisceaux

4 Conclusion