

# Contamination due au collimateur en protonthérapie Conséquences sur le calcul de dose

Marie Vidal

Journées scientifiques de la SFPM, Nantes, 10 Juin 2011

*Creatis*  
LRMN



DOSI  soft

  
institut **Curie**  
Centre de Protonthérapie d'Orsay

# Sommaire

---

## ○ Contexte médical et objectifs

- Calcul de dose en protonthérapie en présence de collimateur

## ○ Matériels et méthodes

- Modèle analytique de prise en compte de la contamination due au collimateur en protonthérapie

## ○ Résultats

- Comparaison avec les mesures et simulations Monte-Carlo

## ○ Perspectives

- Inclure le modèle analytique dans le calcul d'Unités Moniteur

# Contexte médical et objectifs



institutCurie

## Contexte médical

- Présentation de l'ICPO
- Faisceau de protons
- Effet du collimateur
- Objectifs

# Présentation de l'ICPO

## ○ Protonthérapie à l'ICPO depuis 1991

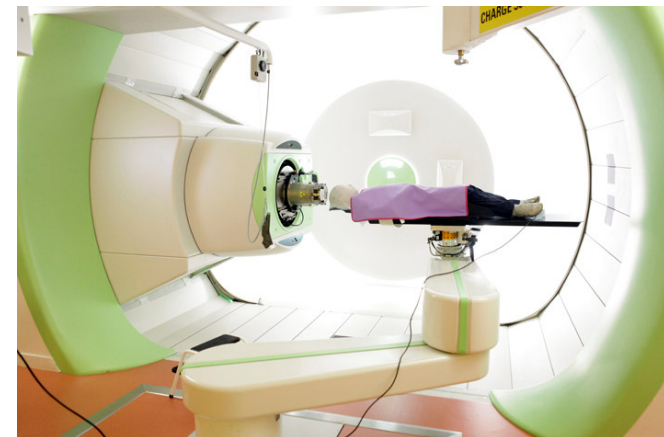
- 2 salles lignes horizontales
- base du crâne, ophtalmologie
- > 5000 patients traités

## ○ Planification de traitement (TPS)

- Module protons Isogray, DOSIsoft®

## ○ Depuis Juillet 2010 :

- Nouveau cyclotron IBA + 1 gantry (nouvelles modalités de traitement)
- Patients : de 400 à 1000 /an
- Nouvelles localisations (pédiatrie)



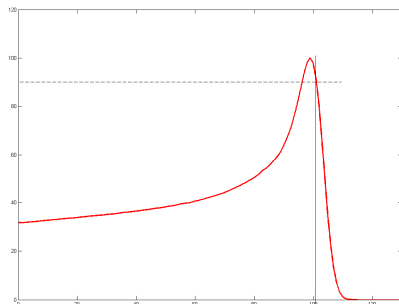
Contexte médical

- Présentation de l'ICPO
- Faisceau de protons
- Effet du collimateur
- Objectifs

# Faisceau de protons

## ○ Mise en forme du faisceau de protons :

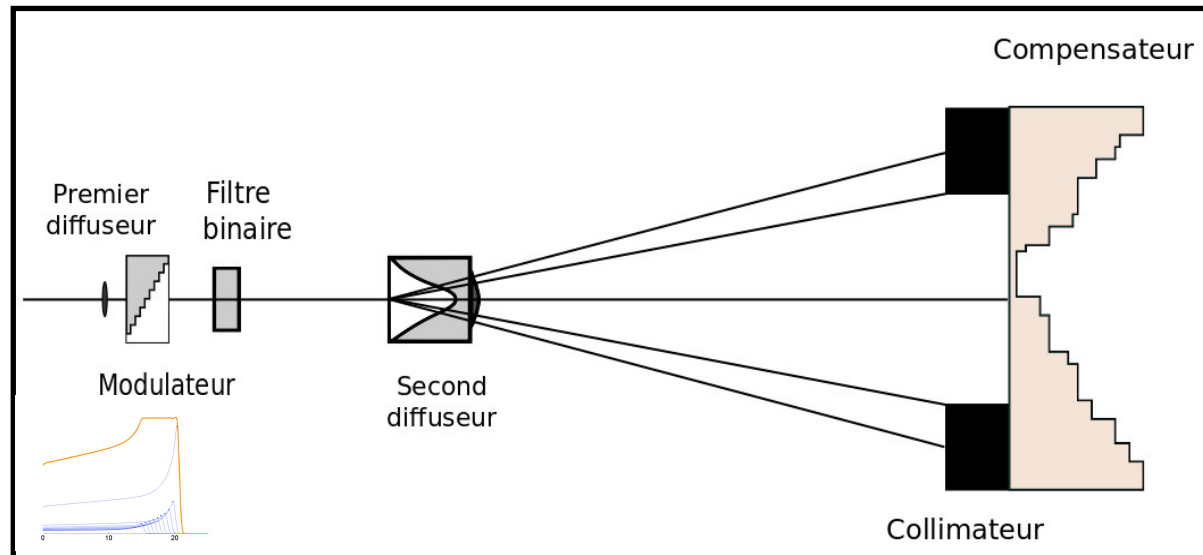
### Cas des traitements intracrâniens



Pic de Bragg



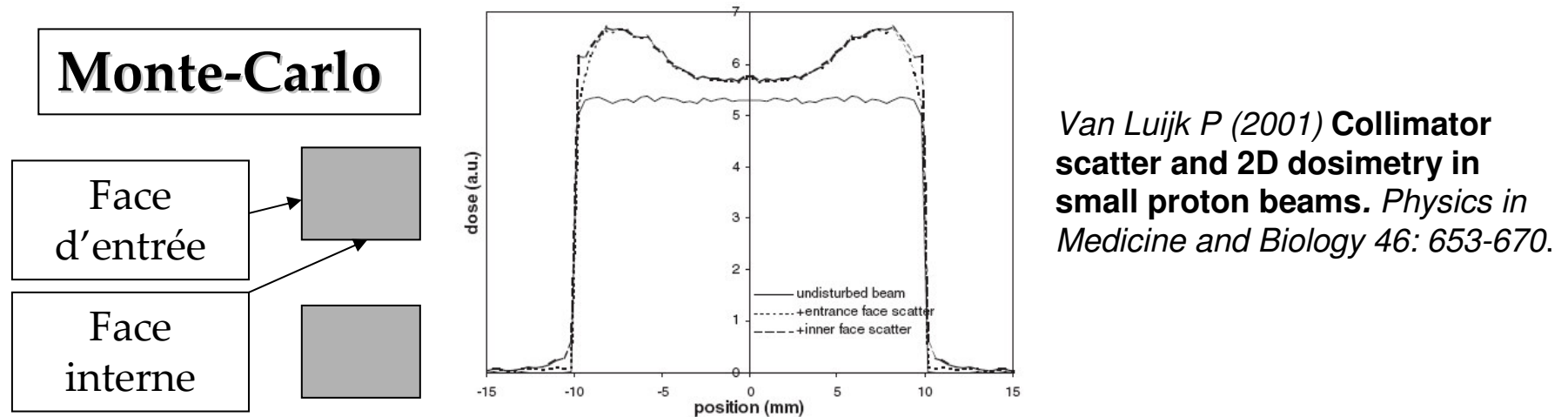
Collimateur



## Contexte médical

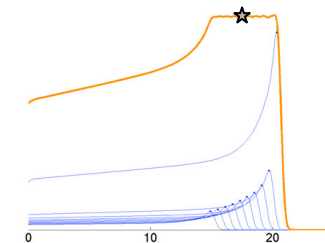
- Présentation de l'ICPO
- Faisceau de protons
- Effet du collimateur
- Objectifs

# Effet du collimateur



## → Conséquences sur le calcul d'UM

- Prescription sur l'axe au milieu du plateau du pic de Bragg
- (Titt et al., 2008), (Daartz *et al.* 2009)



## Contexte médical

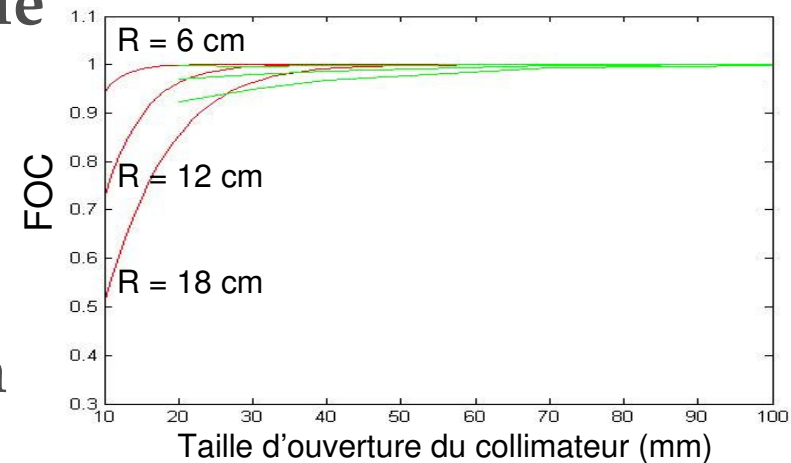
- Présentation de l'ICPO
- Faisceau de protons
- Effet du collimateur
- Objectifs

# Objectifs

## ○ Calcul des Unités Moniteur

- Détermination expérimentale des UM
- Modèle analytique (Kooy *et al.* 2005)

**MAIS** problème de définition du FOC



➔ **Prendre en compte la contamination due au collimateur dans le calcul des Unités Moniteur**

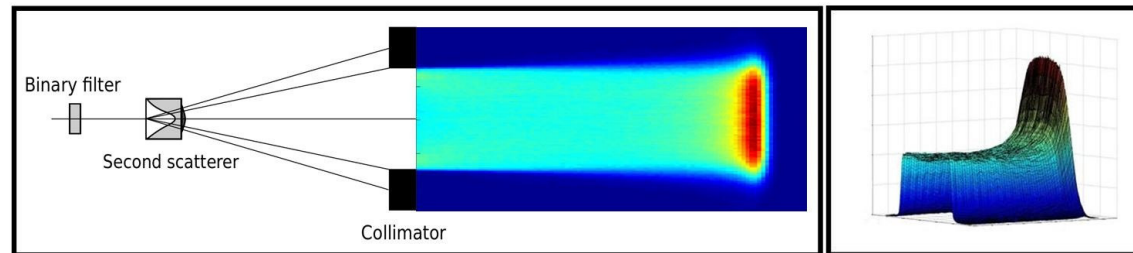
# Matériels et méthodes



institutCurie

# Modèle analytique

## ○ Mesures de dose 2D (z,x) dans l'eau



## ○ Modèle analytique basé sur les mesures

*(collaboration avec H. Szymanowski, DKFZ, Heidelberg)*

- Description de la contamination « face d'entrée »
- FCC(R,d) : Énergie, Ouverture du collimateur
- Algorithme de décomposition de Clarkson pour les champs complexes.

*Publication en cours M. Vidal*

# Modèle analytique

---

## ○ Paramètres validés par simulations Monte-Carlo

*(collaboration avec L.Grevillot, Creatis / CLB, Lyon)*

- Plateforme GATE 6.1 basée sur GEANT4.9.2  
(Grevillot, 2010)



**Obtention d'un modèle  
purement analytique basé sur les mesures**

# Résultats



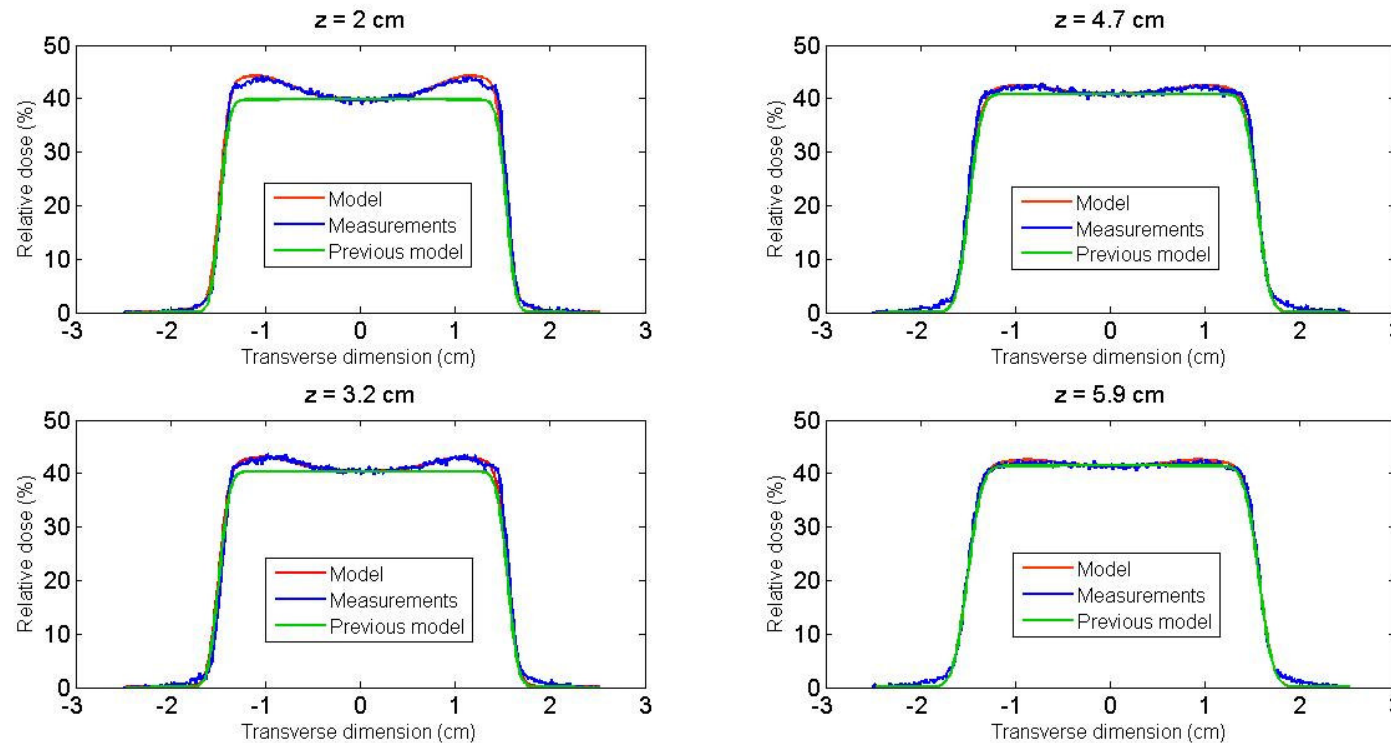
institutCurie

## Résultats

- Validation du modèle 1D
- Validation du modèle 2D
- Implémentation Isogray

# Validation du modèle 1D

## Champs circulaires – Comparaison profils 1D



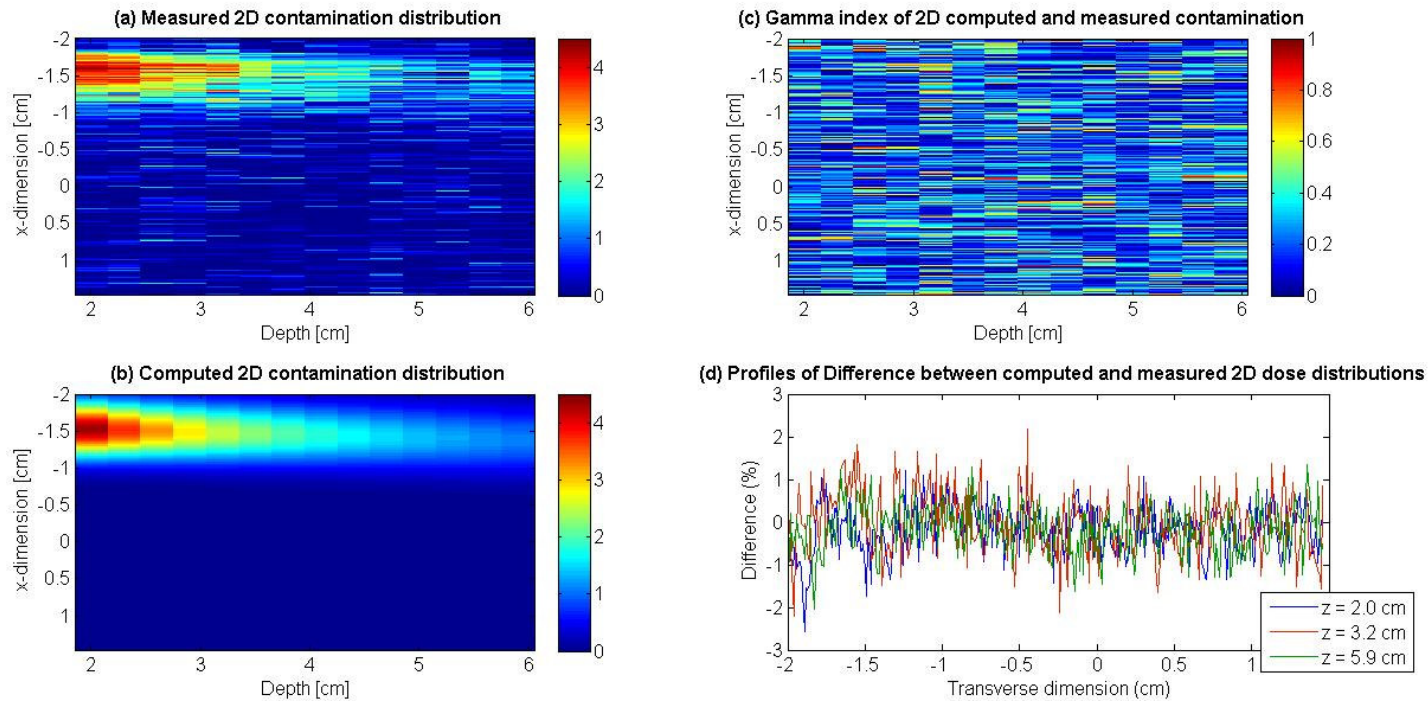
**< 3 % de la dose maximale d'erreur par rapport aux mesures**

## Résultats

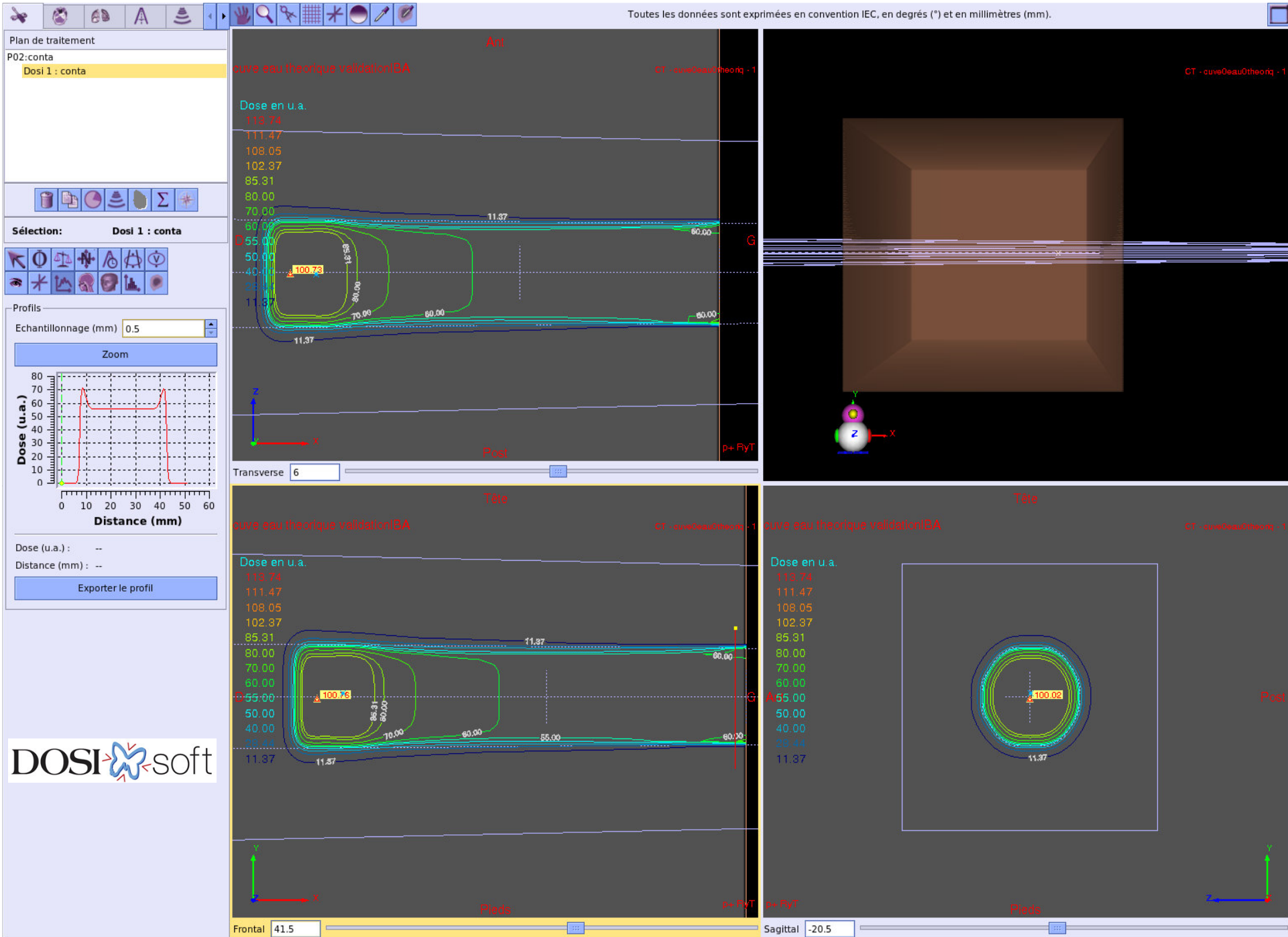
- Validation du modèle 1D
- Validation du modèle 2D
- Implémentation Isogray

# Validation du modèle 2D

## Collimateurs mi-champ – Distributions de dose 2D



**99.6 % des pixels respectent  $\gamma < 1$  :  $\Delta d_{\max} = 1$  mm et  $\Delta D_{\max} = 2\%$**



DOSIsoft

# Conclusions et perspectives



institutCurie

# Conclusions et travaux en cours

---

- **Modèle analytique de la contamination due au collimateur :**
    - Adéquation avec les mesures à moins de 3% près
    - Modèle adaptable sur toutes les lignes de faisceau :
      - Ligne fixe
      - Bras isocentrique
  
  - **Calcul analytique des UM :**
    - Modèle de (Kooy *et al.* 2005)
    - Rajouter un facteur dépendant de l'énergie et de la taille d'ouverture du collimateur basé sur le modèle analytique de la prise en compte de la contamination due au collimateur
-

# Bibliographie

---

- Clarkson J.R. (1941) *Brit. J. Radiol.*, 14,265.
  - Daartz, J., Engelsman, M., Paganetti, H., and Bussiere, M. R. (2009) Field size dependence of the output factor in passively scattered proton therapy: Influence of range, modulation, air gap, and machine settings. *Med Phys* 36, 3205-3210.
  - Grevillot, L., Frisson, T., Zahra, N., Bertrand, D., Stichelbaut, F., Freud, N., and Sarrut, D. (2010) Optimization of GEANT4 settings for Proton Pencil Beam Scanning simulations using GATE. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 268, 3295-3305.
  - Kooy, H. M., Rosenthal, S. J., Engelsman, M., Mazal, A., Slopsema, R. L., Paganetti, H., and Flanz, J. B. (2005) The prediction of output factors for spread-out proton Bragg peak fields in clinical practice. *Phys Med Biol* 50, 5847-5856.
  - Szymanowski, H., Mazal, A., Nauraye, C., Biensan, S., Ferrand, R., Murillo, M. C., Caneva, S., Gaboriaud, G., and Rosenwald, J. C. (2001) Experimental determination and verification of the parameters used in a proton pencil beam algorithm. *Medical Physics* 28, 975-987.
  - Titt, U., Zheng, Y. S., Vassiliev, O. N., and Newhauser, W. D. (2008) Monte Carlo investigation of collimator scatter of proton-therapy beams produced using the passive scattering method. *Physics in Medicine and Biology* 53, 487-504.
  - Van Luijk, P., Van't Veld, A. A., Zelle, H. D., and Schippers, J. M. (2001) Collimator scatter and 2D dosimetry in small proton beams. *Physics in Medicine and Biology* 46, 653-670.
-

# Remerciements

- Institut Curie - Centre de Protonthérapie d'Orsay :

Ludovic de Marzi  
Catherine Nauraye  
Eric Hierso

- DOSIsoft :

Katell Génin

- Creatis LRMN / Centre Léon Bérard :

Loïc Grevillot

- DKFZ Heidelberg, Allemagne :

Hanitra Szymanowski



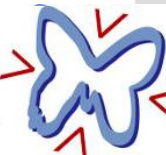
institutCurie

*Creatis*  
LRMN



institut **Curie**  
Centre de Protonthérapie d'Orsay

**Merci de votre attention !**

DOSI  soft