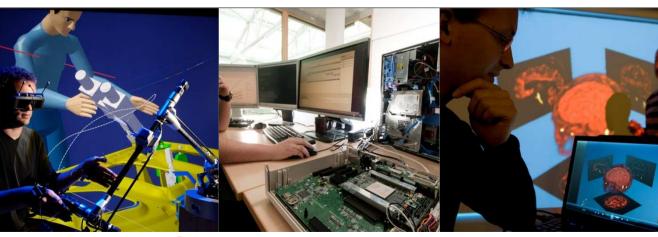


# PREDICTION D'IMAGES EPID HAUTE RESOLUTION POUR LA DOSIMETRIE IN VIVO

SFRP 2014 | D. Patin<sup>1</sup>, E. Barat<sup>1</sup>, T. Dautremer<sup>1</sup>, T. Montagu<sup>1</sup>, C. Le Loirec<sup>1</sup>, L. Guérin<sup>2</sup>, A. Batalla<sup>2</sup> et D. Lazaro<sup>1</sup>

- <sup>1</sup> CEA L IST, Laboratoire Modélisation, Simulation et Système
- <sup>2</sup> Service de Physique Médicale, Centre François Baclesse







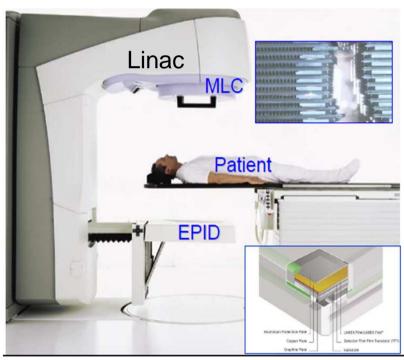






#### **CONTEXTE ET OBJECTIFS**

- •Actuellement, utilisation des EPIDs (Electronic Portal Imaging Devices) :
  - Recalage avant traitement
  - Dosimétrie in vivo
- •Objectifs, comparaison image acquise / image prédite :
  - Détection d'erreurs de traitement
  - Dosimétrie 3D par rétropropagation
- •Contraintes:
  - Temps de calcul raisonnable
  - Conserver la haute résolution de l'EPID





#### **MOYENS TECHNIQUES**

#### •Code: Penelope 2006

- Parallélisé
- Réductions de variance
- Prenant en compte des géométries voxélisées

# •Accélérateur : Siemens ARTISTE™ couplé au Siemens Optivue™ 1000 :

- Energie utilisée : 6 MeV
- Modélisation dans Penelope précédemment validée<sup>1</sup>
- 41\*41 cm<sup>2</sup> pour 1024\*1024 pixels (0,4 mm/pixel)

#### •Fantômes :

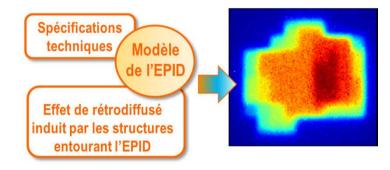
- CIPR:
  - 348\*299\*137 voxels
  - Résolution axe tête-pied : 4,84 mm/pixel
  - Résolution axe gauche droite et antérieur-postérieur : 1,775 mm/pixel
- CIRS:
  - Femme adulte

#### **MÉTHODOLOGIE**

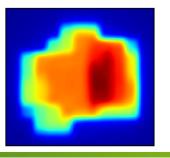
1. Génération du PSF (Phase Space File) en sortie mâchoire/MLC (Multileaf Collimator)

 Transport dans la géométrie voxélisée ⇒ génération du PSF (Phase Space File) en sortie fantôme

3. Génération de l'image EPID



4. Débruitage



(1) D. Lazaro et al. Denoising techniques combined to Monte Carlo simulations for the prediction of high-resolution portal images in radiotherapy treatment verification, Physics in Medicine and Biology, 58, 3433-3459 (2013)





#### **IRRADIATION ZONE « ORL »**

#### •Paramètres de la simulation :

- 6 MeV Champ 39\*39 cm<sup>2</sup> au niveau de l'EPID
- Taille PSF en sortie de fantôme : 97 Go
- 92 processeurs

	PSF joué 1 fois	PSF joué 7 fois
Temps	≈ 40 mn	≈ 170 mn
Image non débruitée	imgDose01.dat (50%) 1024x1024 pixels; 32-bit (inverting LUT); 4M8	imgDose07.dat (50%) 1023x1024 pixels; 32-bit (inverting LUT); 4MB





#### **IRRADIATION ZONE « ORL »**

#### •Paramètres de la simulation :

- 6 MeV Champ 39\*39 cm<sup>2</sup> au niveau de l'EPID
- Taille PSF en sortie de fantôme : 97 Go
- 92 processeurs

Temps ≈ 40 mn ≈ 170 mn  Image non débruitée		PSF joué 1 fois	PSF joué 7 fois
Image non débruitée	Temps	≈ 40 mn	≈ 170 mn
$\sigma = 0.23 \; ; \; \bar{x} = 0.59 \qquad \qquad \sigma = 0.09 \; ; \; \bar{x} = 0.59$	Image non débruitée	$\sigma=0.23$ ; $ar{x}=0.59$	$\sigma = 0.09$ ; $\bar{x} = 0.59$



#### **ALGORITHMES DE DEBRUITAGE**

#### •IRON: Iterative Reduction of Noise<sup>1</sup>

- Prévu pour débruitage de carte de dose 3D obtenue par MC
- Adapté pour gros pixels (≥ 5 mm)

#### •LASG: Locally Adaptative Savitzky-Golay<sup>2</sup>

- Prévu pour débruitage de carte de dose 3D obtenue par MC
- Suppose un bruit gaussien

#### •DPGLM: Dirichlet Process Generalized Linear Model<sup>3</sup>

- Adapté aux problèmes avec un grand nombre de variables
- Aucune hypothèse sur la nature du bruit

<sup>(1)</sup> M. Fippel and F. Nüsslin Phys. Med. Biol. 48 (2003) 1289-1304

<sup>(2)</sup> I. Kawrakow Phys. Med. Biol. 47 (2002) 3087-3103

<sup>(3)</sup> D. Lazaro et al. Phys. Med. Biol. 58 (2013) 3433-3459





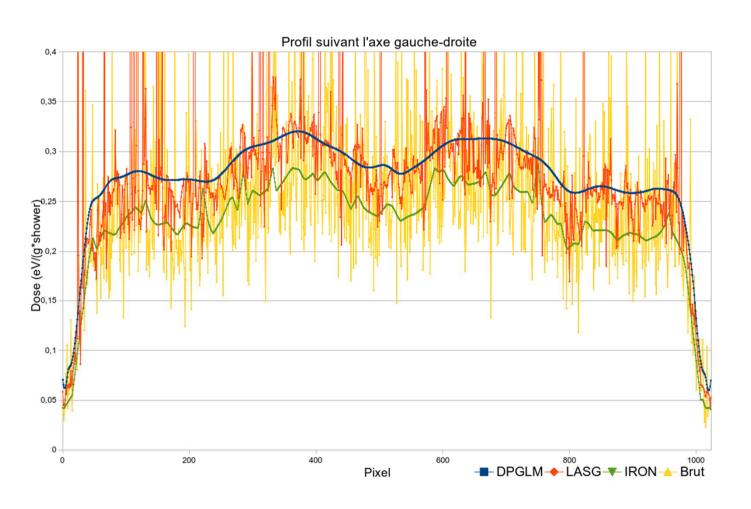
#### COMPARAISON « IRON » VS « LASG » VS « DPGLM »

	IRON	LASG	DPGLM
Temps/proc.	1h / 1 proc.	20 mn / 20 proc.	20 mn / 128 proc.
Image	$\sigma=0,04;\;ar{x}=0,55$	$\sigma=0.19;~ar{x}=0.60$	deglinositet (50%) $\sigma=0.004$ ; $ar{x}=0.59$





#### COMPARAISON « IRON » VS « LASG » VS « DPGLM »









#### COMPARAISON « IRON » VS « LASG » VS « DPGLM »

•IRON : signal trop bruité pour temps de simulation raisonnable

•LASG: pixels petits et couche scinti. peu sensible ⇒ bruit non gaussien

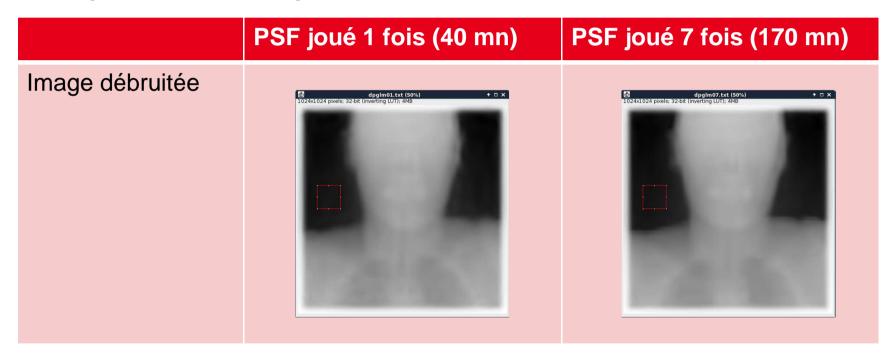






#### **DEBRUITAGE « DPGLM »**

•Temps: 20 mn / 128 proc.







#### **DEBRUITAGE « DPGLM »**

•Temps: 20 mn / 128 proc.

	PSF joué 1 fois (40 mn)	PSF joué 7 fois (170 mn)
Image débruitée		
	$\sigma = 0.004$ ; $\bar{x} = 0.59$	$\sigma = 0.005$ ; $\bar{x} = 0.59$



Gain de temps pour une image finale « identique »





#### **EXEMPLE POUR UN TRAITEMENT DU SEIN**

#### •Fantôme anthropomorphe :

- CIRS Femme
- EPID à 145 cm de la source / Bras à 120°/ Champ 13\*9 cm<sup>2</sup> (isocentre)



Image expérimentale



Image simulée/DPGLM

Critères (% - mm)	3 - 3	3,5 - 3,5	4 - 4
γ-index (%)	87,8	95,4	98,7





### **RESUMÉ**

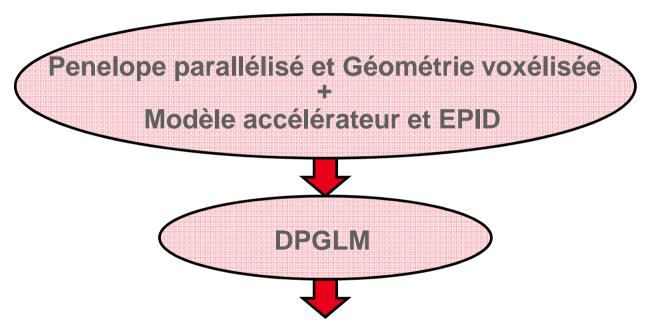


Image EPID haute résolution en 1h (depuis PSF en sortie de fantôme)





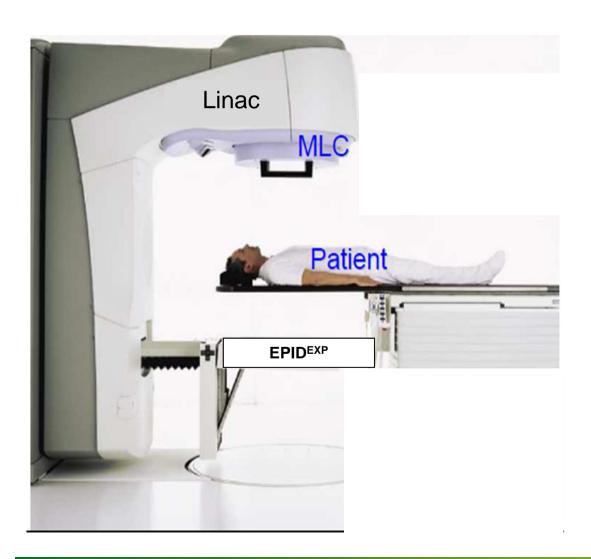
#### **UTILISATION D'UNE TELLE IMAGE**

•Comparaison de l'image EPID<sup>MC</sup> et l'image EPID<sup>EXP</sup>

- •Dosimétrie in vivo par rétropropagation, nécessite :
  - Une image EPID expérimentale
  - Un algorithme de ray-tracing
  - Une simulation MC



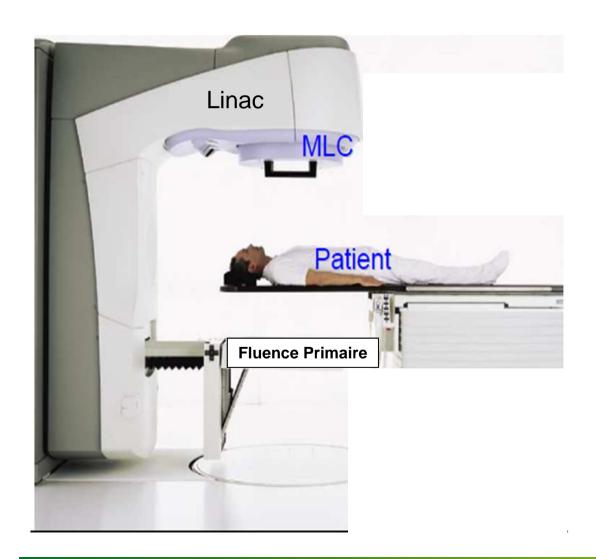




**EPID**<sup>EXP</sup>



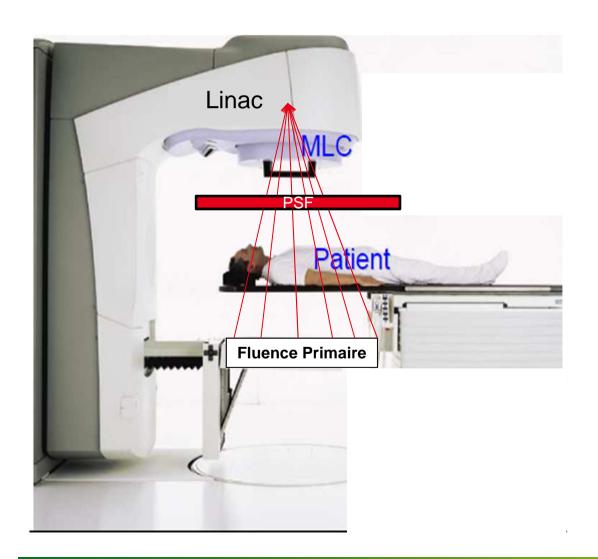








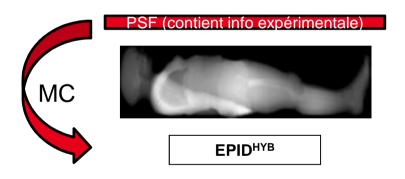


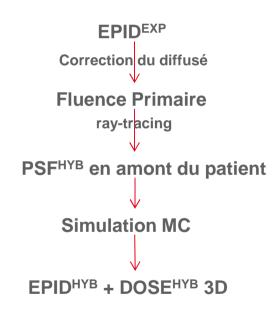
















#### COMPARAISON DES IMAGES ET DOSE DANS LE PATIENT

#### •Image EPID<sup>EXP</sup>:

- Position jour J
- Champ jour J

#### •Image EPIDHYB:

- Position jour J0
- Champ jour J

#### •Image EPIDMC:

- Position jour J0
- Champ jour J0

#### •La comparaison des trois images permet :

- •Affirmer qu'il n'y a pas d'erreur et donner la dose dans la patient
- Détecter une erreur de champ et donner la dose dans la patient
- •Détecter une erreur de position

	<b>EPID<sup>MC</sup></b>	<b>EPID</b> HYB	<b>EPID</b> EXP	
Pas d'erreur	VRAI	VRAI	VRAI	⇒Calc
Erreur champ	FAUX	VRAI	VRAI	⇒Calc
Erreur position	FAUX	FAUX	VRAI	⇒prob

# Merci de votre attention

David Patin (david.patin@cea.fr)

CEA LIST, Laboratoire Modélisation, Simulation et Systèmes

CEA Saclay | Bât. 516-PC72 | F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex