

Contrôle qualité et dosimétrie in-vivo par imagerie portale

F. Chatrie, F. Younan, X. Franceries, L. Simon, L. Vieilleville, R. Ferrand,
L. Parent, D. Lazaro, D. Tromson, J. Mazurier & M.-V. Le Lann



33^{èmes} Journées LARDs, Besançon, 13-14 Octobre 2016
Laboratoires Associés de Radiophysique
et de Dosimétrie

Plan

- **Problématique**
- Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels
- Méthode de « Space Marching »
- Projet STEREPID
- Conclusion & Perspectives

Problématique

➤ **Lutte renforcée contre le cancer ces dernières années**

- l'accident(s) d'Epinal (1989-2005) choque en 2006
- arrêté de reconnaissance des PSRPM en 2011 (A. Dutreix en 1953)
- 3 plans cancer (2003-2019) pour développer recherche et clinique en radiothérapie

➤ **développement de nouvelles technologies**

- après la RCMI,
arrivée sur le marché de l'IGRT (« Irradiation Guidée par l'Image »)
puis du VMAT (« Modulation d'Intensité Volumétrique par Arc Thérapie »)
et plus (tomothérapie®, cyberknife®, VERO®....)

➤ **renforcement des contrôles qualités et volonté de dosimétrie in-vivo temps réel**

- obligation du contrôle de la dose pdt traitement (2007)
- obligation réglementaire d'optimisation des pratiques
- technologies améliorées (électronique, informatique...)



Problématique

**Et si l'on utilisait l'imagerie portale pour
« améliorer » les contrôles avant et pendant
les traitements ?**

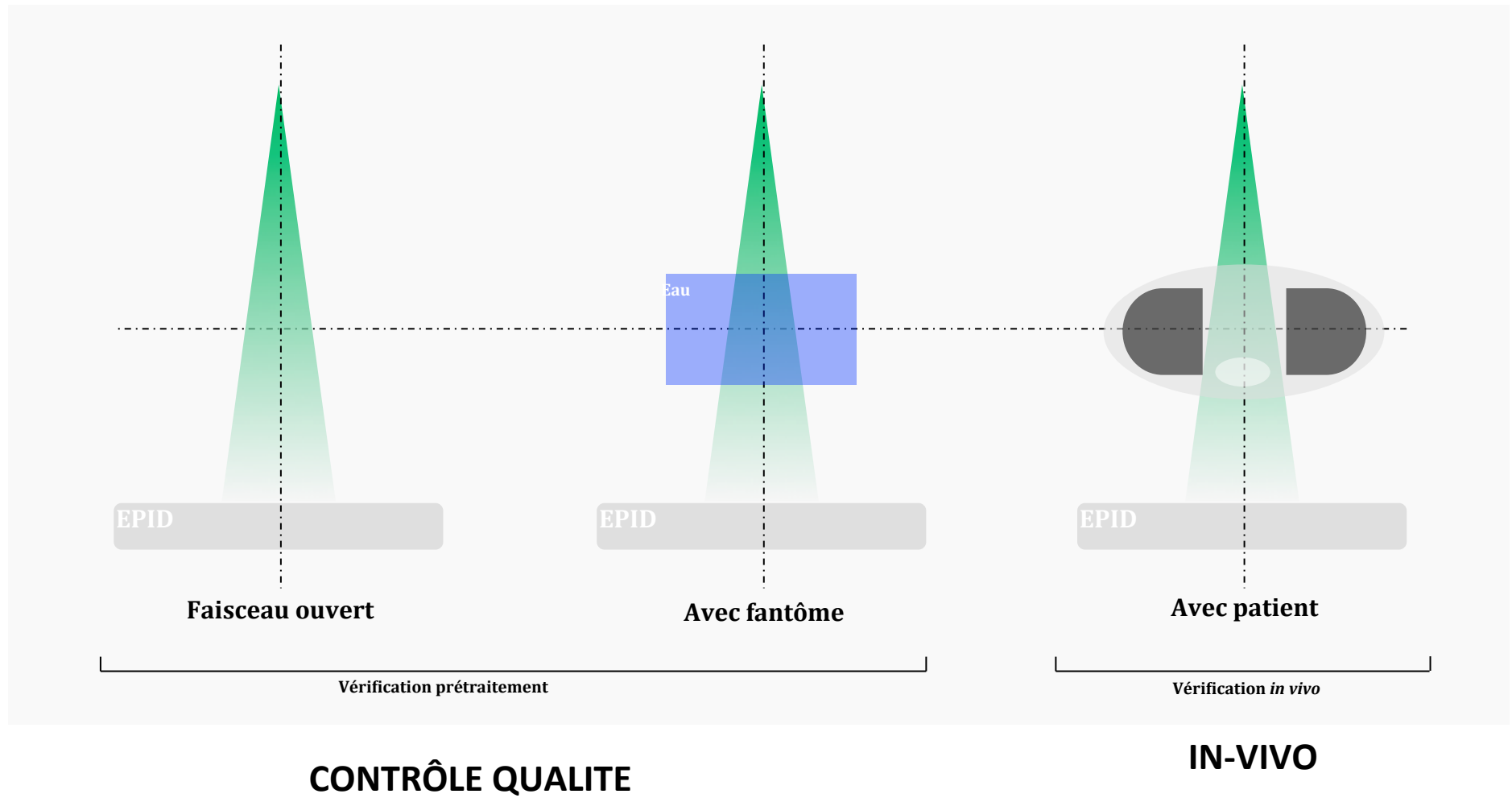


- détecter des erreurs dans la planification du traitement ? (avant/pendant)
- détecter des erreurs dans le fonctionnement du linac (mâchoires, lames, rotation...)
- déterminer la « VRAIE » distribution 3D de dose absorbée dans le patient durant le traitement



<http://fr.medwow.com/med/portal-imaging-system/varian/portalvision-lc250/12232.model-spec>

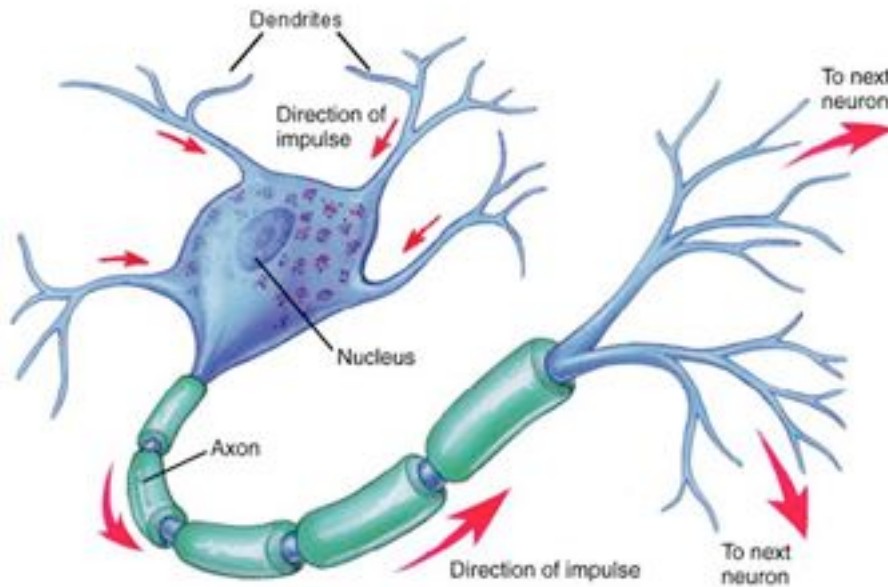
Problématique



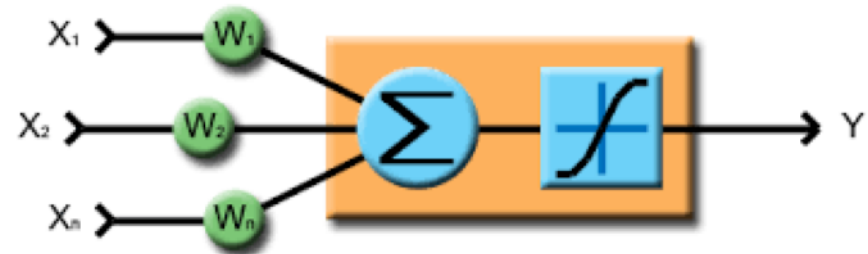
Plan

- Problématique
- **Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels**
- Méthode de « Space Marching »
- Projet STEREPID
- Conclusion & Perspectives

Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels

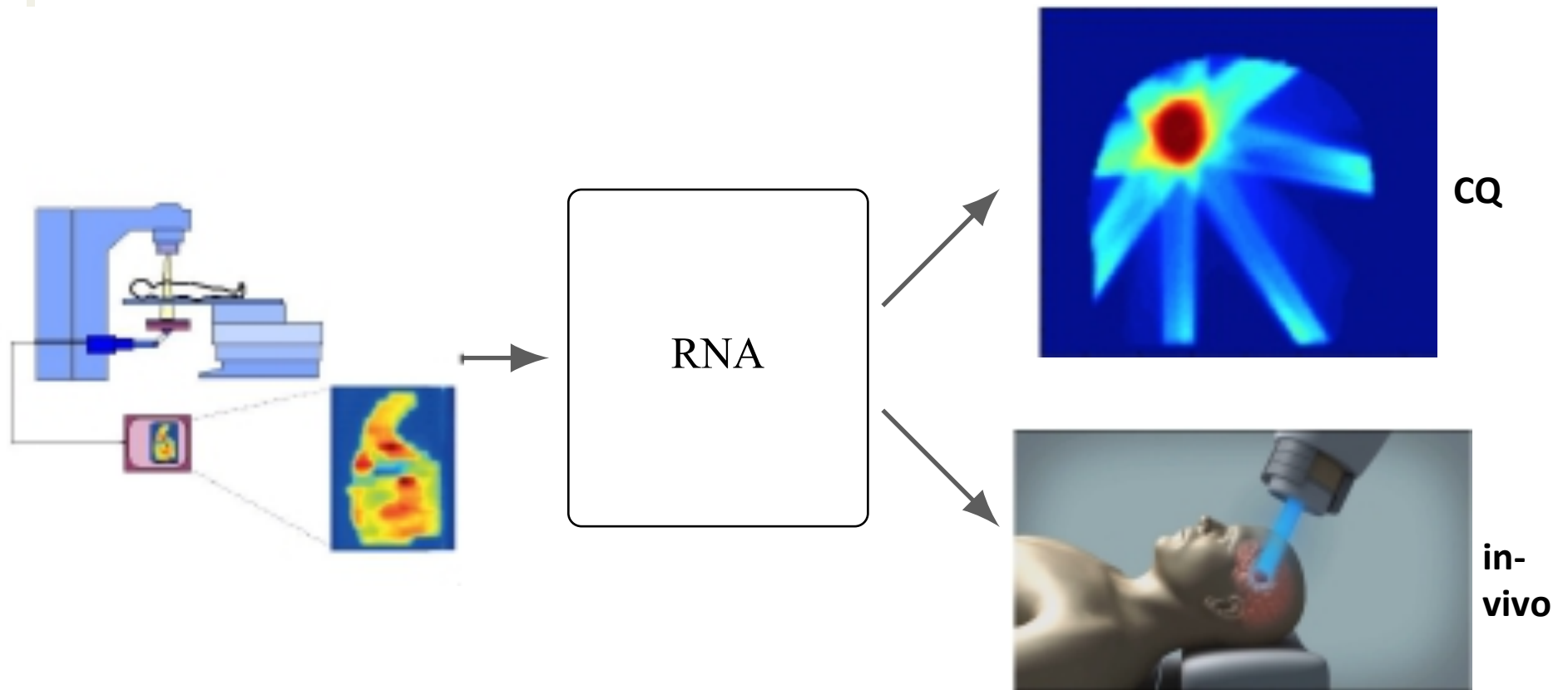


Neurone Biologique



Neurone Artificiel

Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels



Entrées
Signal EPID
(et CT)

RNA

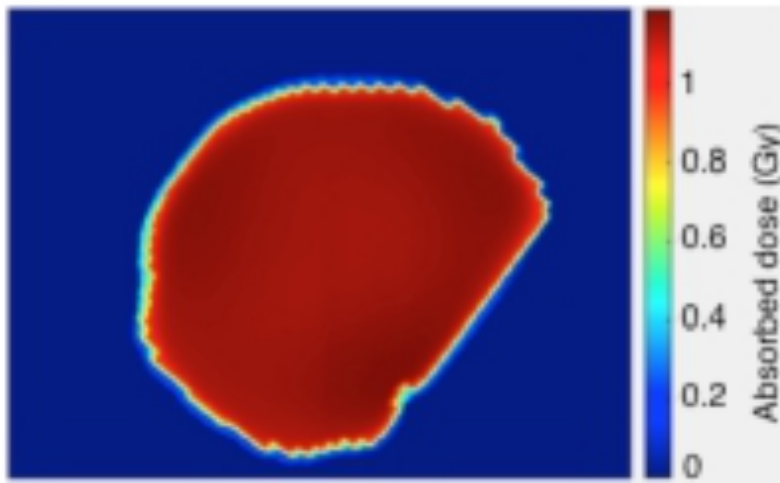
Sorties

Dose dans l'eau (CQ) (2D)

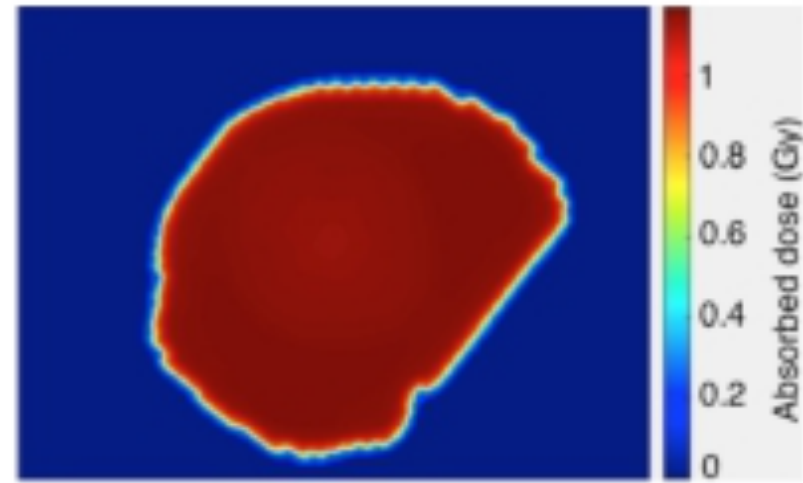
Dose dans patient (in-vivo)
(2D et/ou 3D)

Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels

Résultats obtenus en radiothérapie conformationnelle en contrôle qualité,
avec un apprentissage du RNA utilisant 8 patients :



Distribution de dose absorbée calculée



Distribution de dose absorbée planifiée (TPS)

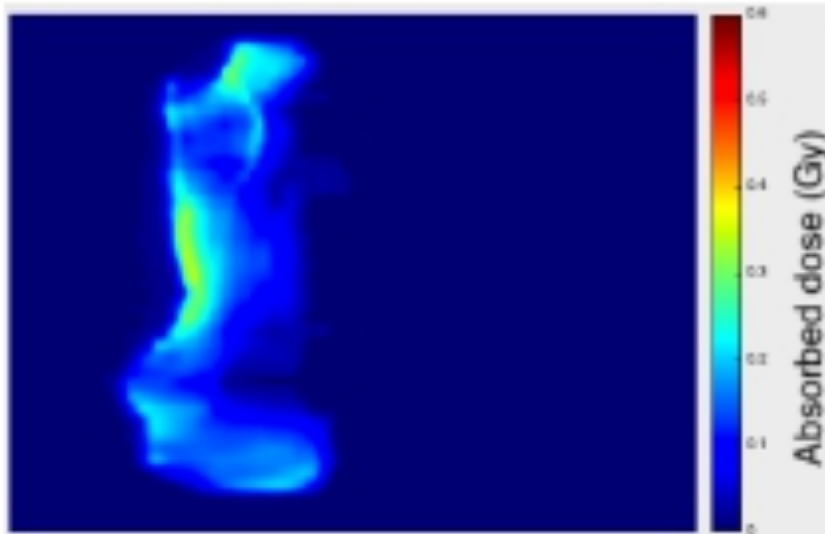
$$\gamma_{index3,3} = 100\%$$

$$\gamma_{index2,2} = 99.98\%$$

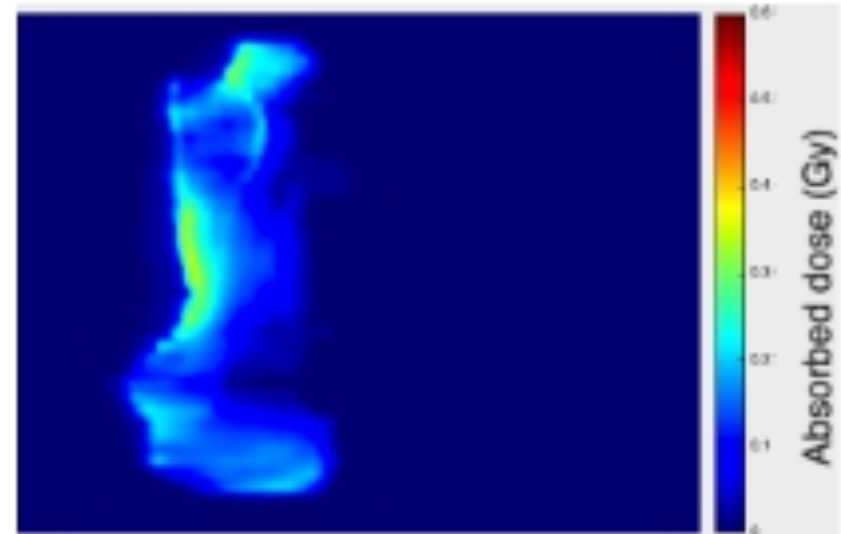
$$\gamma_{index1,1} = 99.24\%$$

Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels

Résultats obtenus en radiothérapie conformationnelle par modulation d'intensité (RCMI) en contrôle qualité, avec un apprentissage du RNA utilisant 11 patients :



Distribution de dose absorbée calculée



Distribution de dose absorbée planifiée (TPS)

$$\gamma_{index3,3} = 99.97\%$$

$$\gamma_{index3,1} = 99.82\%$$

$$\gamma_{index1,1} = 99.7\%$$

Plan

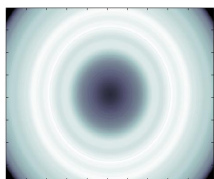
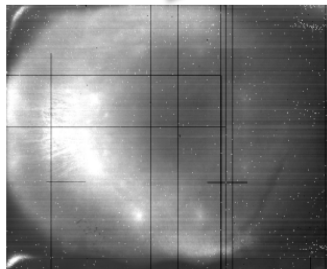
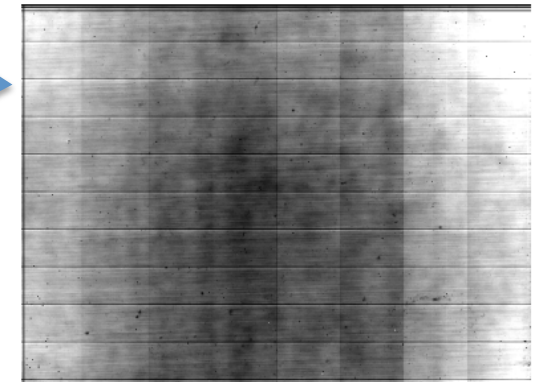
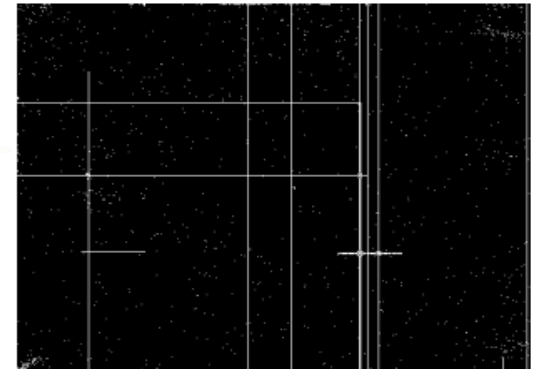
- Problématique
- Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels
- **Méthode de « Space Marching »**
- Projet STEREPID
- Conclusion & Perspectives

Méthode de « Space Marching »

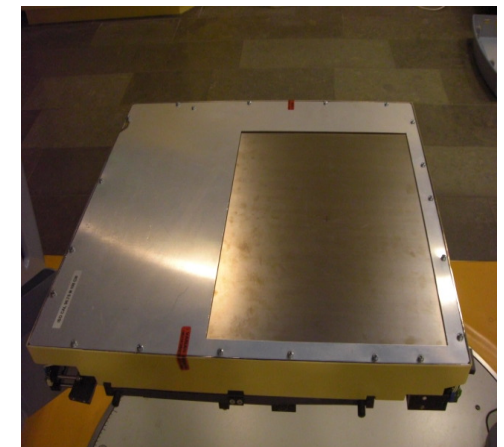
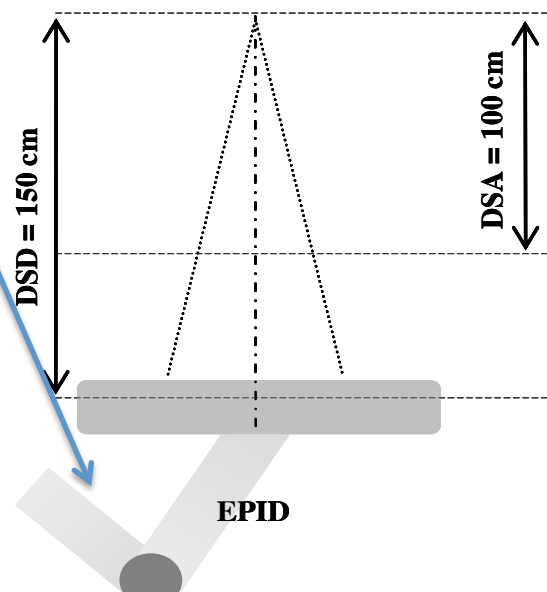
1^{ère} étape: « Calibration » des images EPID

Etape visant à corriger les images portales de **pixels défectueux** et de la **différence de sensibilité** entre les modules (Varian®)

Etape visant à corriger les images portales de l'influence du **cône égalisateur** et du **rétrodiffusé** issu du bras (Varian®)

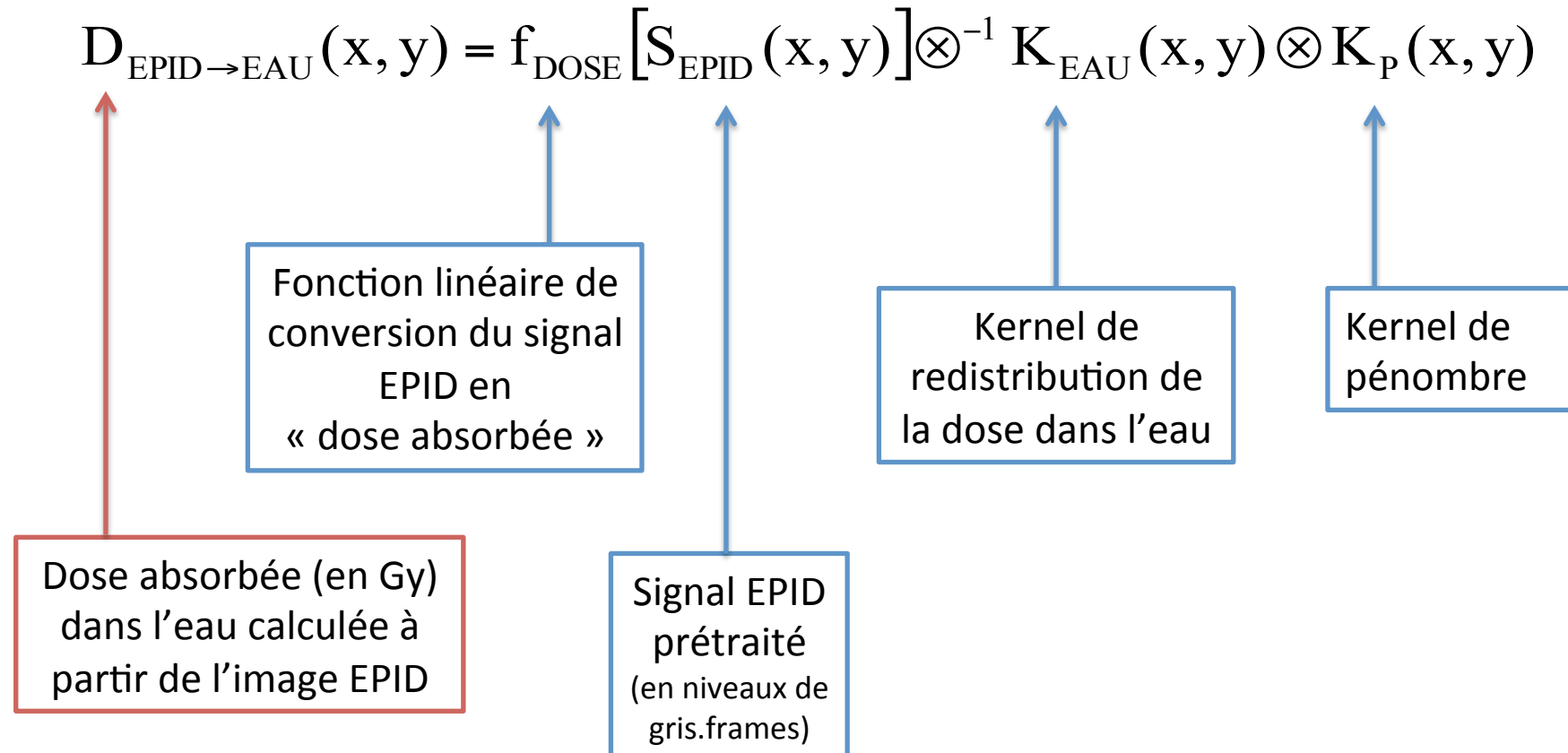


Matrice influence du cône



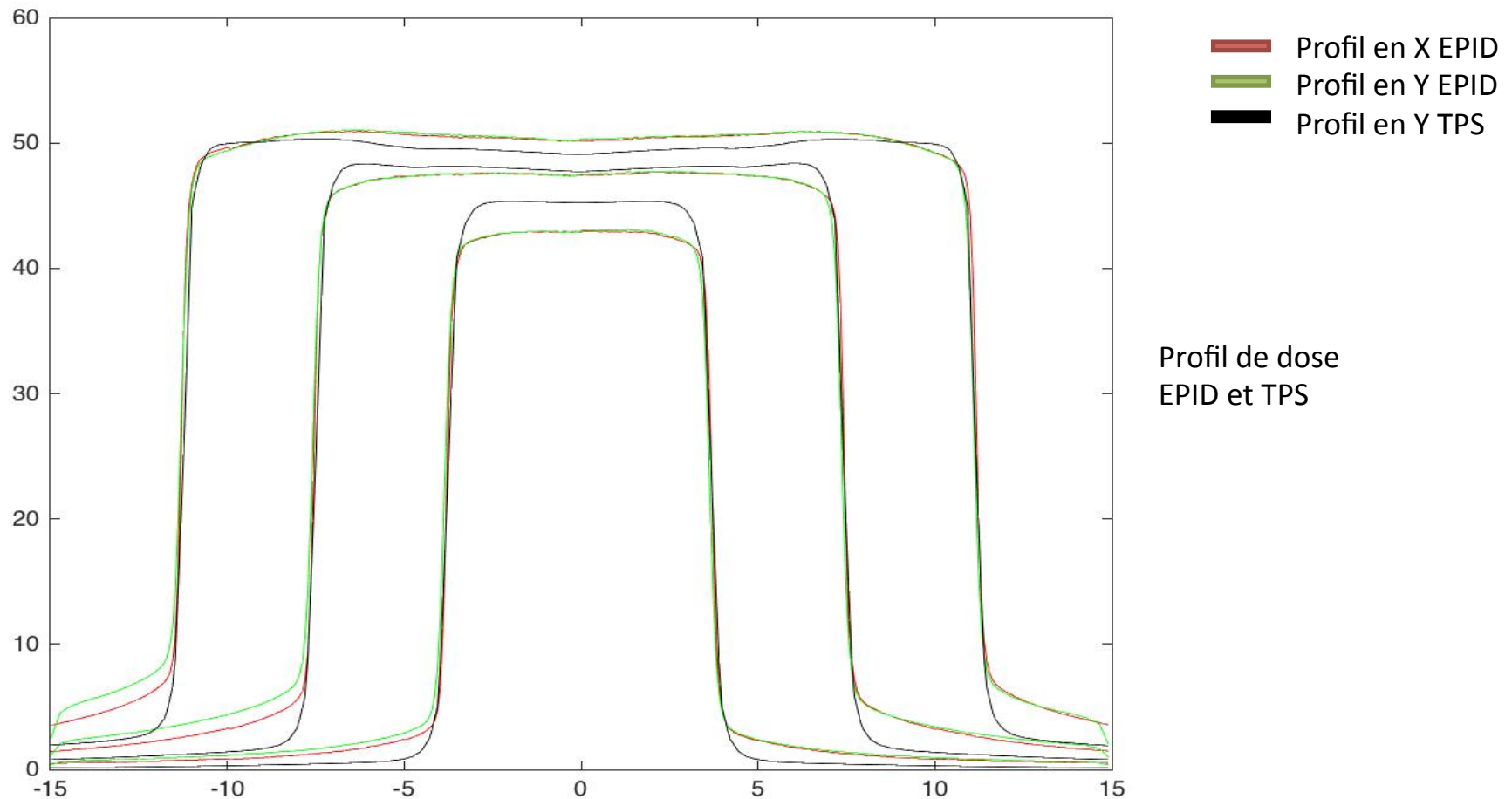
Méthode de « Space Marching »

2^{ème} étape: Estimation des multiples kernels



Méthode de « Space Marching »

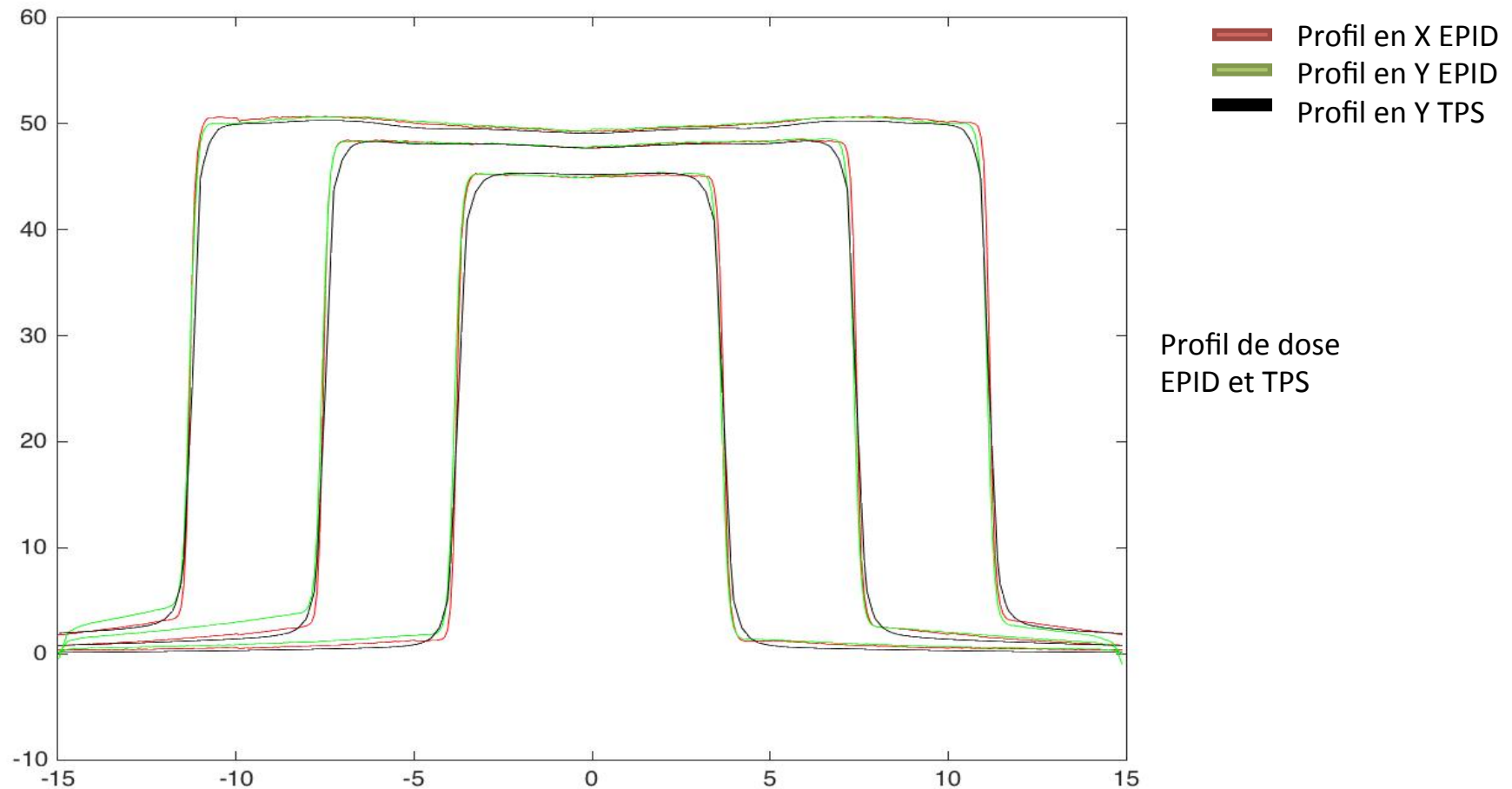
$$D_{\text{EPID} \rightarrow \text{EAU}}(x, y) = f_{\text{DOSE}}[S_{\text{EPID}}(x, y)]$$



Il faut rajouter le kernel de redistribution de la dose pour rétablir les profils selon la taille de champ

Méthode de « Space Marching »

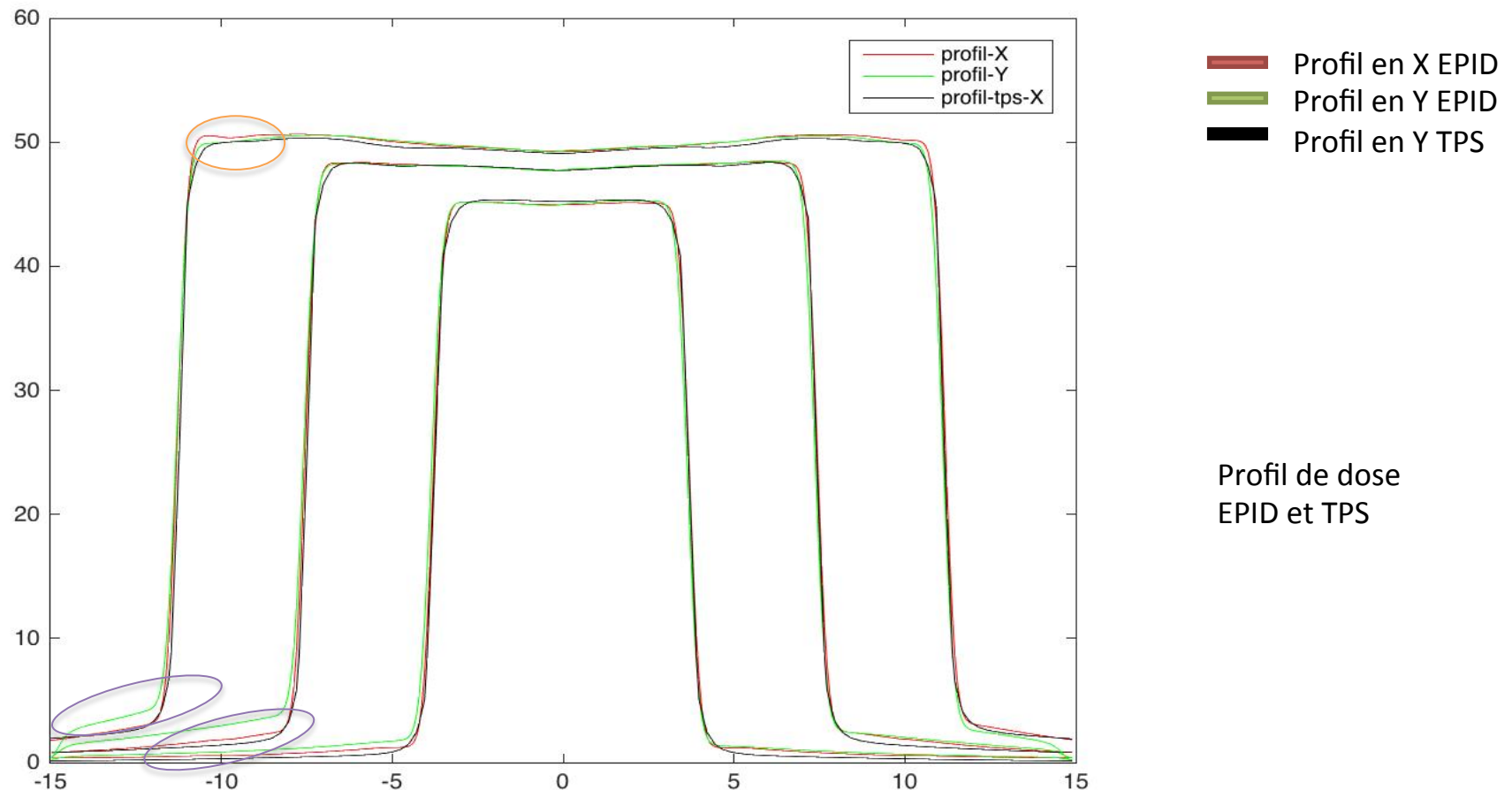
$$D_{\text{EPID} \rightarrow \text{EAU}}(x, y) = f_{\text{DOSE}}[S_{\text{EPID}}(x, y)] \otimes^{-1} K_{\text{EAU}}(x, y)$$



Il faut rajouter le kernel de pénombre pour corriger les bords de l'image

Méthode de « Space Marching »

$$D_{\text{EPID} \rightarrow \text{EAU}}(x, y) = f_{\text{DOSE}}[S_{\text{EPID}}(x, y)] \otimes^{-1} K_{\text{EAU}}(x, y) \otimes K_p(x, y)$$



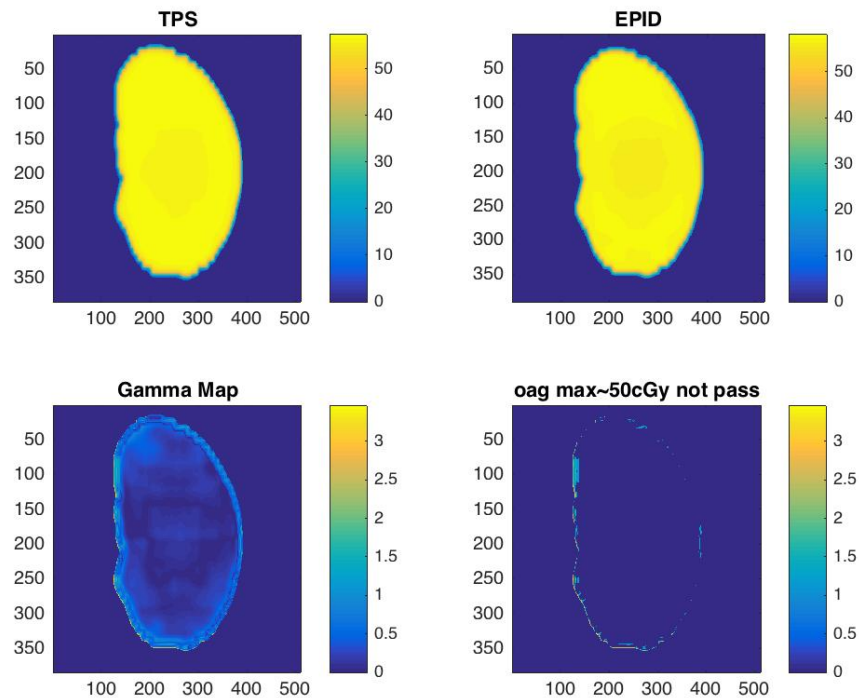
 Petit épaulement à corriger.

 Surdose au niveau de la première moitié de l'EPID, côté bras, en bordure du champ → sélection partie de l'image EPID pour calculer le Y-index.

Méthode de « Space Marching »

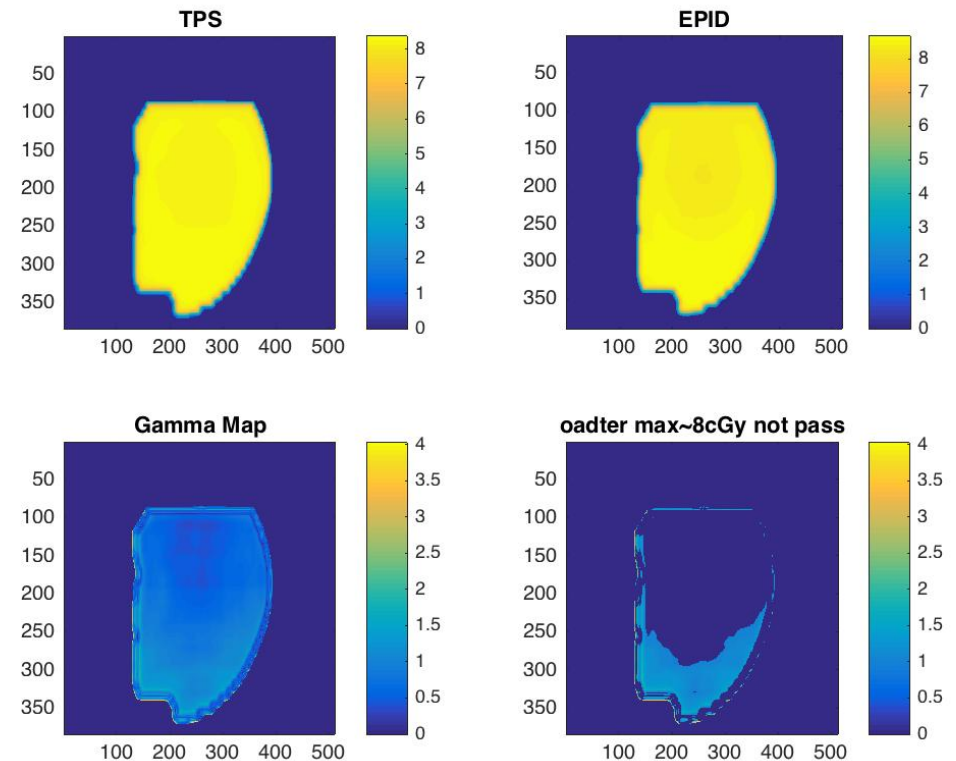
Exemples de résultats de **Contrôle Qualité** en ORL

$\gamma_{index3,3}$: 99,1221%



Dose ~50cGy

$\gamma_{index3,3}$: 91,5349%

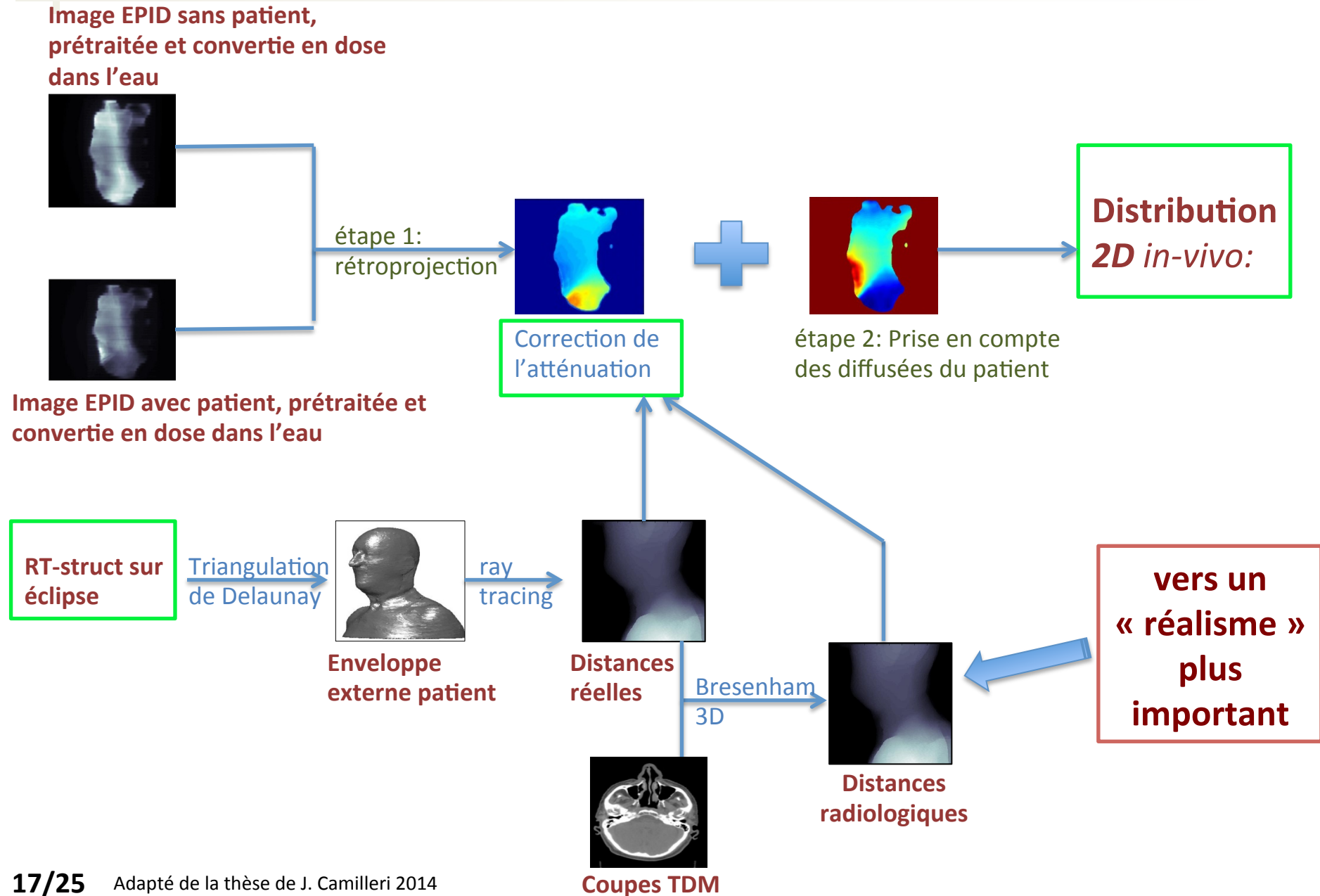


Dose max ~8cGy

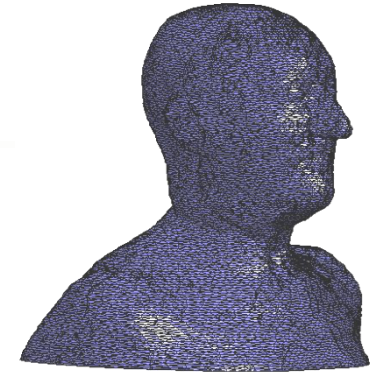


Pas de dosimétrie portale
en dessous de 20 cGy

Méthode de « Space Marching »

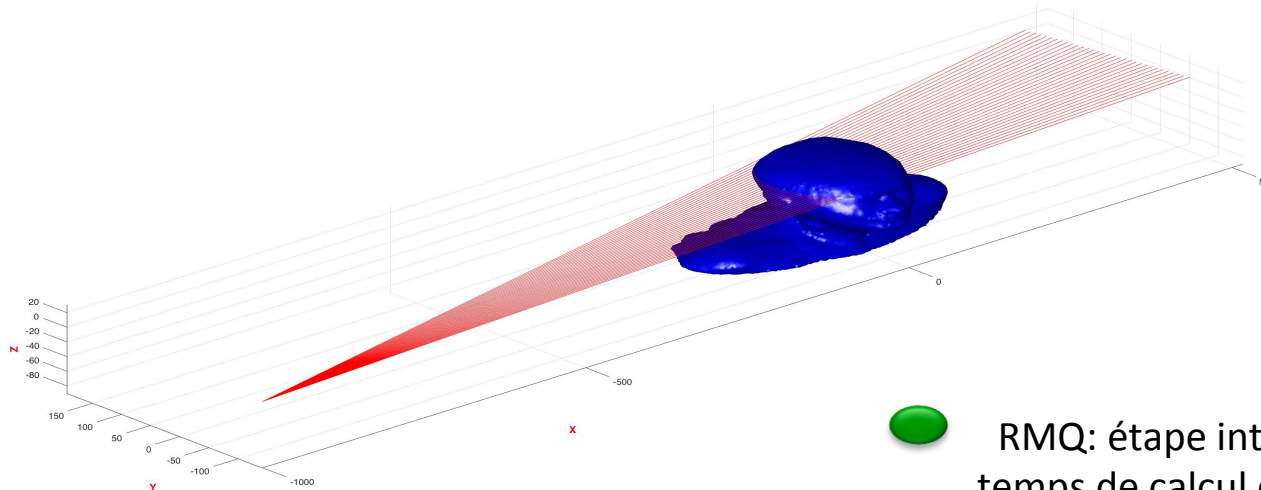


Méthode de « Space Marching »



Calcul des distances radiologiques

- Reconstruction de l'enveloppe externe du patient par la **triangulation de Delaunay**



Représentation du contour externe du patient et de quelques faisceaux d'irradiation pour un cancer ORL.

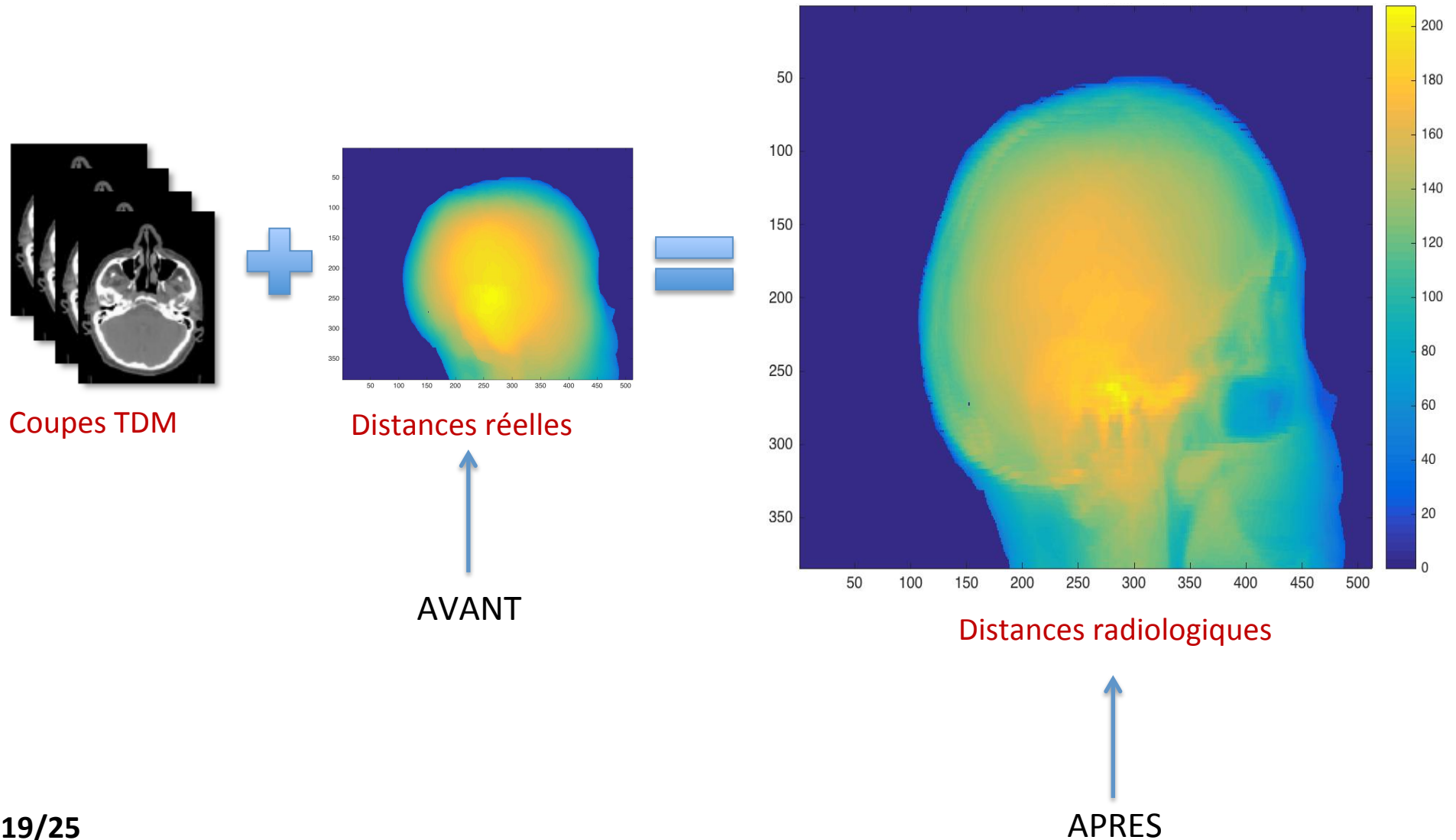
- Intersection des faisceaux d'irradiation avec les triangles constituant le patient à l'aide de l'algorithme du “**ray tracing**” pour obtenir les **épaisseurs réelles**.

- RMQ: étape intermédiaire visant à réduire les temps de calcul dans l'algorithme du ray-tracing pour rendre les temps de calculs acceptables : (résolution CT + EPID de $384 * 512$ pixels)

Baisse de plus d'un jour à moins d'une heure
(sans parallélisation et sous Matlab®)

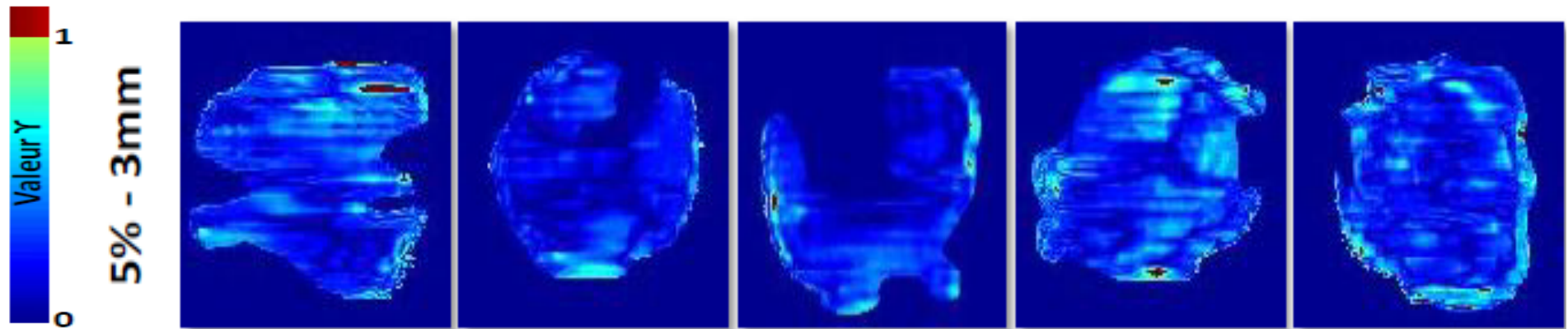
Méthode de « Space Marching »

Calcul des distances radiologiques



Méthode de « Space Marching »

Exemple de résultats de **reconstruction 2D in-vivo** en milieu hétérogène en ORL



Patient traité pour un ORL, Y-index pour 5 faisceaux RCMI

Plan

- Problématique
- Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels
- Méthode de « Space Marching »
- **Projet STEREPID**
- Conclusion & Perspectives

Projet STEREPID :

« the use of EPID for QA and in-vivo dosimetry of STEREotactic fields »

- Projet « Physics Cancer » 2016 de 344 Keuros
- 4 équipes, 8 permanents, 2 post-doc, 2 doctorants:
 - Équipe 15, CRCT INSERM 1037, Toulouse
 - Département de physique médicale, IUCT-O, Toulouse
 - Laboratoire Modélisation et Simulation des Systèmes, CEA Saclay/DOSEO
 - Département de physique médicale, ONCORAD (Pasteur), Toulouse
- Etendue du matériel et des comparaisons assez complète:
 - TrueBeam Varian, Versa Elekta, VERO
 - EPIDs : Varian aS500, Varian aS1000, Elekta iViewGT, Varian aS1200, VERO epid
 - Exploration des champs de 0.4x0.4 to 10x10 cm²
 - Energy X6 et X10 with (FF) or without (FFF)
 - Débit de fluence: de 600 à 2400 UM/min
- Plusieurs travaux de recherche communs :
 - Mesure en champs stéréotaxiques (détecteurs et EPID)
 - Comparaisons EPID (mesures et simulation Monte-Carlo)
 - Reconstruction dose absorbée en CQ et in-vivo (+détermination des limites)

Plan

- Problématique
- Méthode des Réseaux de Neurones Artificiels
- Méthode de « Space Marching »
- Projet STEREPID
- Conclusion & Perspectives

Conclusion et perspectives

- Résultats de plus en plus proche des attentes
- Utilisation de presque tous de l'EPID en CQ
- Nécessité de modification des pratiques pour le in-vivo (plus difficile à l'interprétation) (logiciel dédié ?)

Matériel récent plus complexe :

- Temps d'intégration du signal variable entre machine (ouverture constructeurs et/ou développement EPID)
- **Rotation du bras des accélérateurs !!!**

Beaucoup de recherches en perspectives



33^{èmes} Journées LARDe, Besançon, 13-14 Octobre 2016

Laboratoires Associés de Radiophysique
et de Dosimétrie

Merci de votre attention



Université
Paul Sabatier
TOULOUSE III

