

QUANTIFICATION DES MODIFICATIONS DE DOSE EN PRÉSENCE DE MATÉRIAUX DE DENSITÉ ÉLEVÉE (PROTHÈSES) DANS LE TRAITEMENT DES CANCERS ORL PAR RADIOTHÉRAPIE EXTERNE

Céline DE CONTO, Régine GSCHWIND, Libor MAKOVICKA

Informatics and Radiation Physics for Medical and Technical Applications
- Montbéliard -

SOMMAIRE

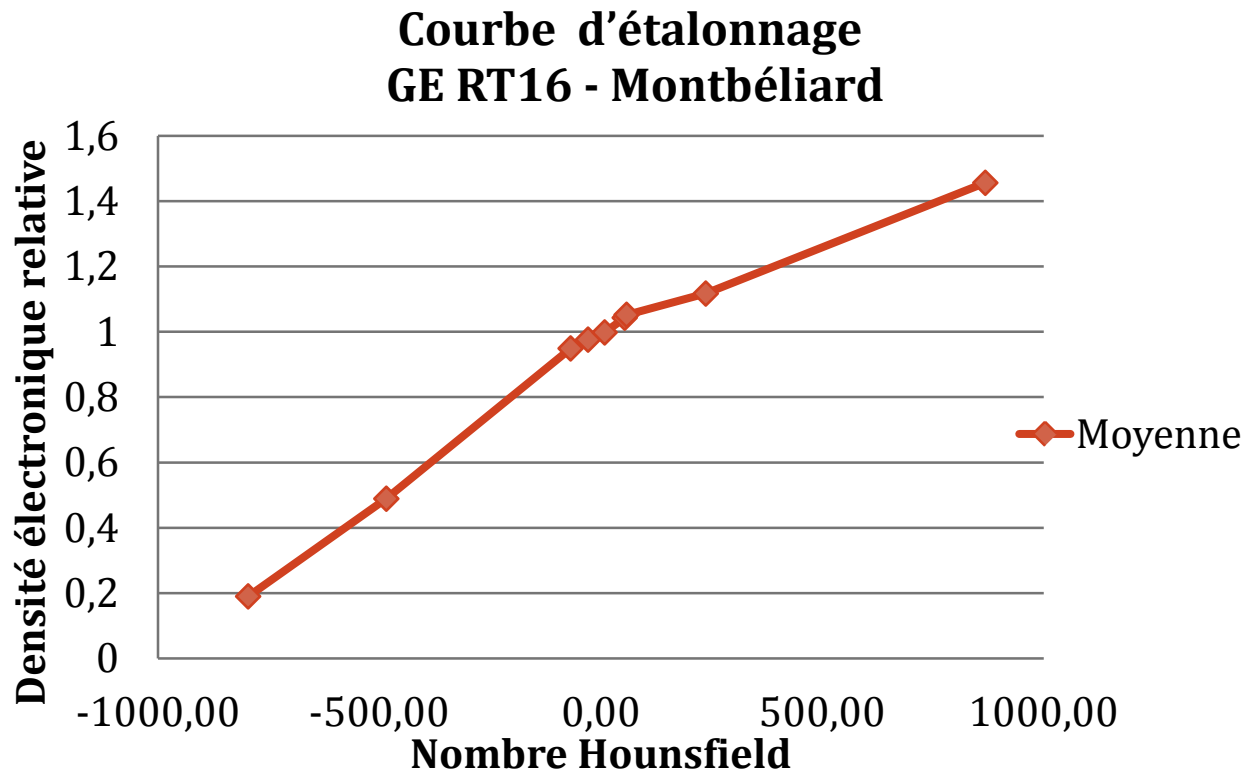
- Contexte
- Etude préliminaire
- Correction manuelle des images CT
- Etude sur des images de patients
- Conclusions/Perspectives

CONTEXTE

- Traitement des cancers ORL : 10,5 % en 2011 (CHBM)
- Personnes > 50 ans
- Soins dentaires : prothèses métalliques
- Interfaces : Rétrodiffusion/Atténuation
- 2 problèmes :
 - Artéfacts sur les images CT
 - Prise en compte dans le TPS

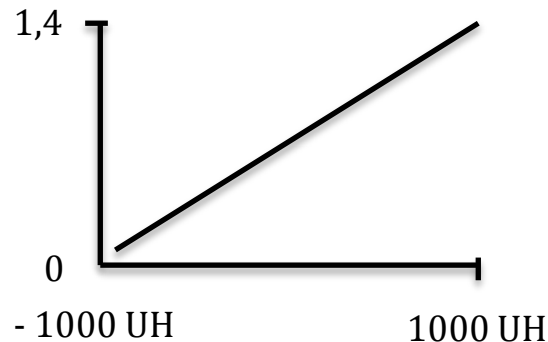
LES IMAGES CT

- Imagerie CT : élément central d'un traitement
- Hétérogénéité du corps humain
- Etalonnage : échelle Hounsfield



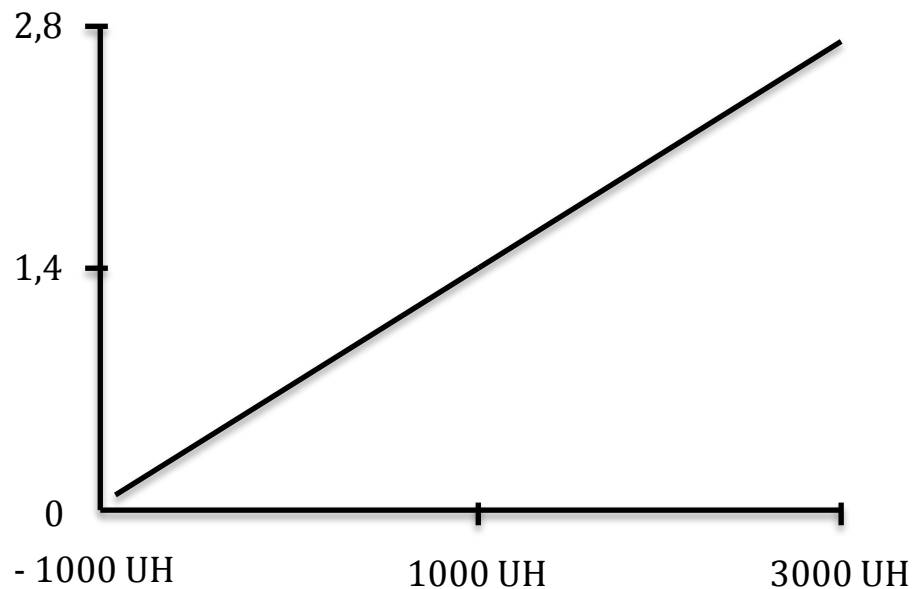
ARTEFACTS SUR LES IMAGES CT

- Matériau métallique : densité élevée
- Corrections des artéfacts
- Informations erronées pour le TPS
- Codage de l'information
- Corrections d'hétérogénéités



ARTEFACTS SUR LES IMAGES CT

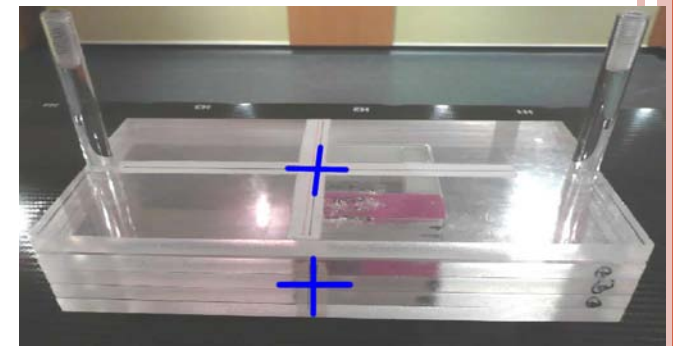
- Matériau métallique : densité élevée
- Corrections des artéfacts
- Informations erronées pour le TPS
- Codage de l'information
- Corrections d'hétérogénéités



ETUDE PRÉLIMINAIRE

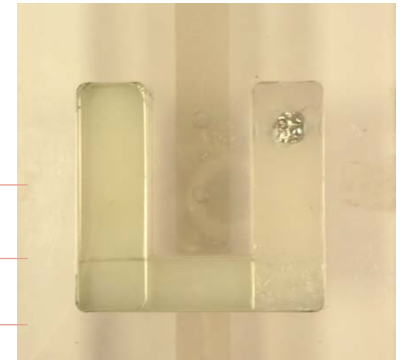
- Fantôme
- Echantillons
- 2 campagnes de mesures
- 3 méthodes de détermination de la dose :
 - Mesures expérimentales : TLD et film Gafchromic
 - Simulations par méthode de Monte Carlo : BEAMnrc
 - Calculs avec le TPS Oncentra Master Plan

FANTÔME ET ÉCHANTILLONS



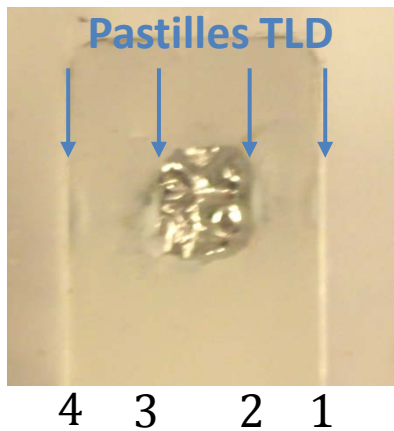
- Fantôme mâchoire = matériaux équivalents
- Échantillons

Matériaux	Composition	Densité
Tissu/Eau (référence)		1
Os		1,85
Dent		2,2
Alliage or	78% Au, 10% Cu, 8% Ag et 4% Zn	15,7
Alliage non précieux		8,8
Amalgame	50% Hg, 30% Ag, Cu, Sn, Zn	12-13



CONDITIONS D'IRRADIATION

- 1 faisceau latéral
- Champ 5 cm x 5 cm
- Dose : 2 Gy à l'isocentre
- 4 points de mesure (interfaces et à distance)



1^{ÈRE} CAMPAGNE : MESURES EXPÉRIMENTALES

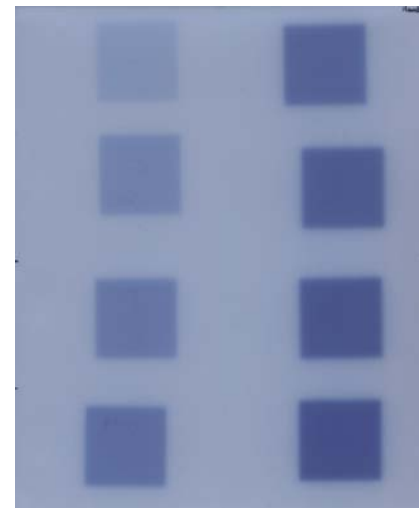
○ TLD

- LiF:MgCuP
- Dimensions : 4,5 mm x 4,5 mm x 0,8 mm
- Incertitude = 4 %



○ Films Gafchromic EBT

- Polymère
- Epaisseur : 0,23 mm
- Etalonnage en dose
- Reproductibilité et incertitude = 4 %
- Incidence, rendement



1^{ÈRE} CAMPAGNE : SIMULATION BEAMNRC

- Fantôme voxéliné
- Matrice : 0,2 mm aux interfaces
- Source monoénergétique 6 MeV
- Nombre d'histoires = 1 milliard
- Incertitude < 3 %

1^{ÈRE} CAMPAGNE : RÉSULTATS

Différence à l'interface par rapport à la dent	Avant (avec film)			Après (avec film)		
	BEAMnrc	Film	TLD	BEAMnrc	Film	TLD
Amalgame	+0,4%	-3%	+0,5%	+3%	-4%	-1,8%
Couronne	+17,6%	+14,8%	+16,7%	-10,6%	-12,8%	-5,8%

2^{ÈME} CAMPAGNE : MESURES EXPÉRIMENTALES

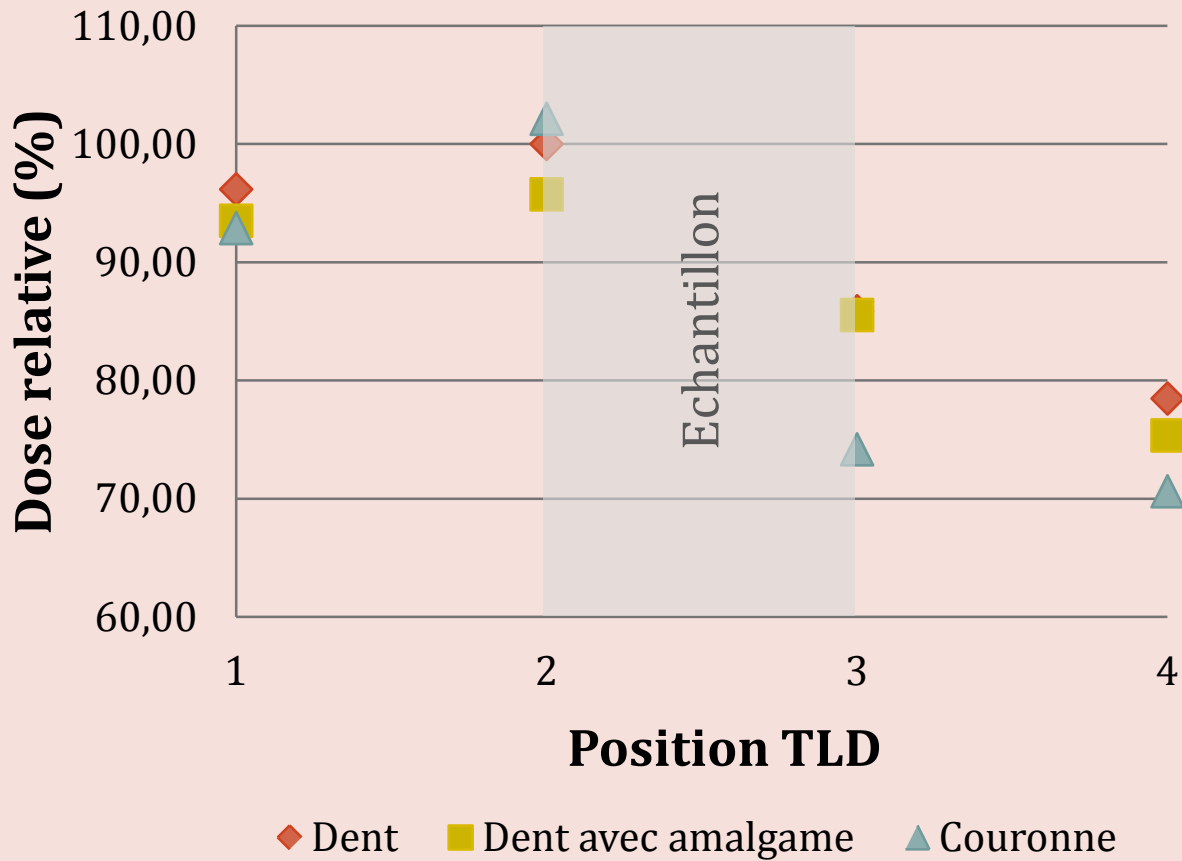
○ TLD

- Tri, étalonnage en dose, reproductibilité
- Incertitude = 2 %
- Rendement

○ Films Gafchromic EBT2

- Nouvelle composition, logiciel et scanner
- Épaisseur = 0,28 mm
- Etalonnage en dose
- Étude de la chaîne de mesure : reproductibilité --, homogénéité --
- Recommandation : $\frac{1}{4}$ de film

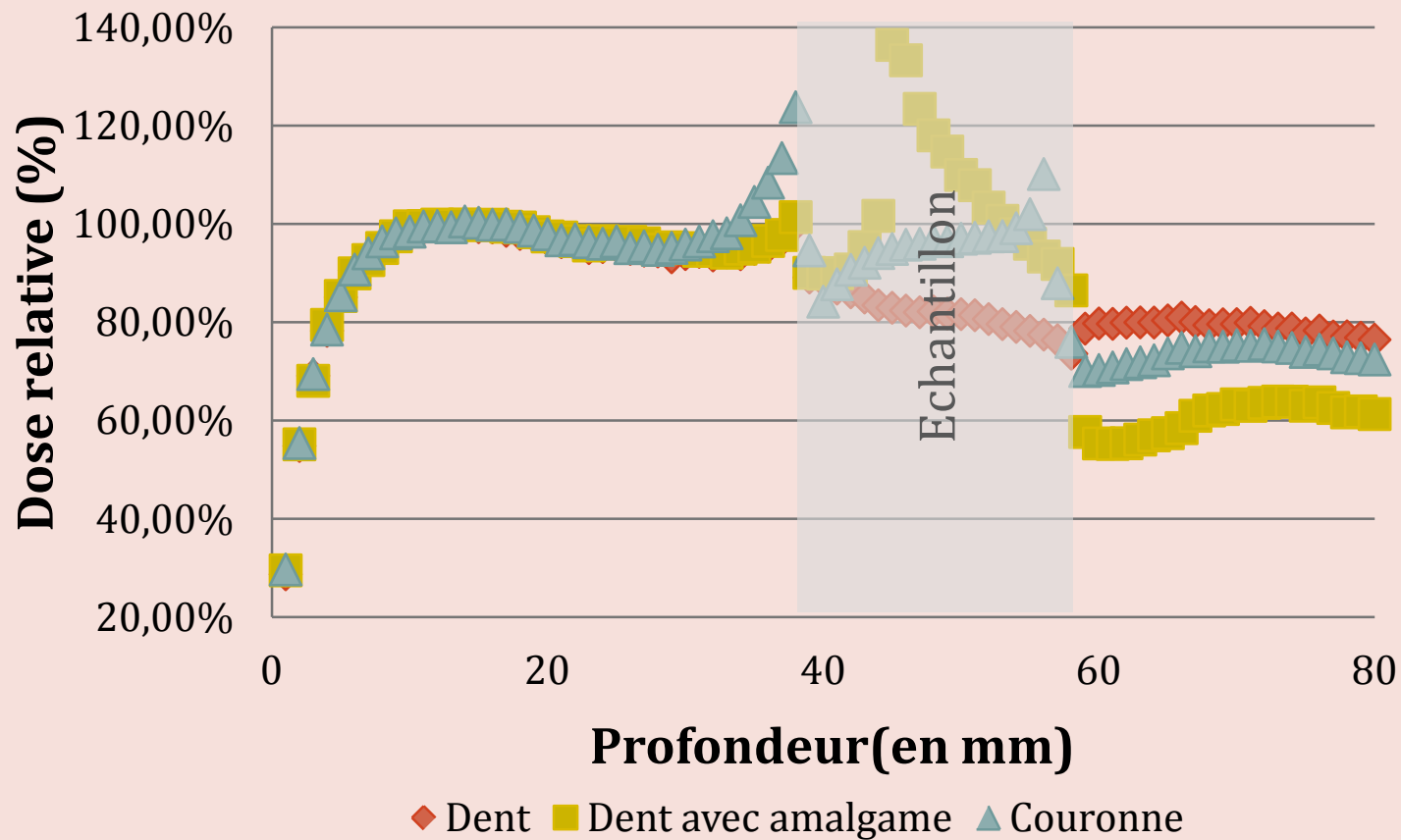
2^{ÈME} CAMPAGNE : RÉSULTATS MESURES EXPÉRIMENTALES (TLD)



2^{ÈME} CAMPAGNE : SIMULATIONS BEAMNRC

- Fantôme voxélisé
- Dimension des voxels aux interfaces : 0,25 mm
- Source X6 MV Clinac 2100C du CHBM
- Incertitude < 2 %

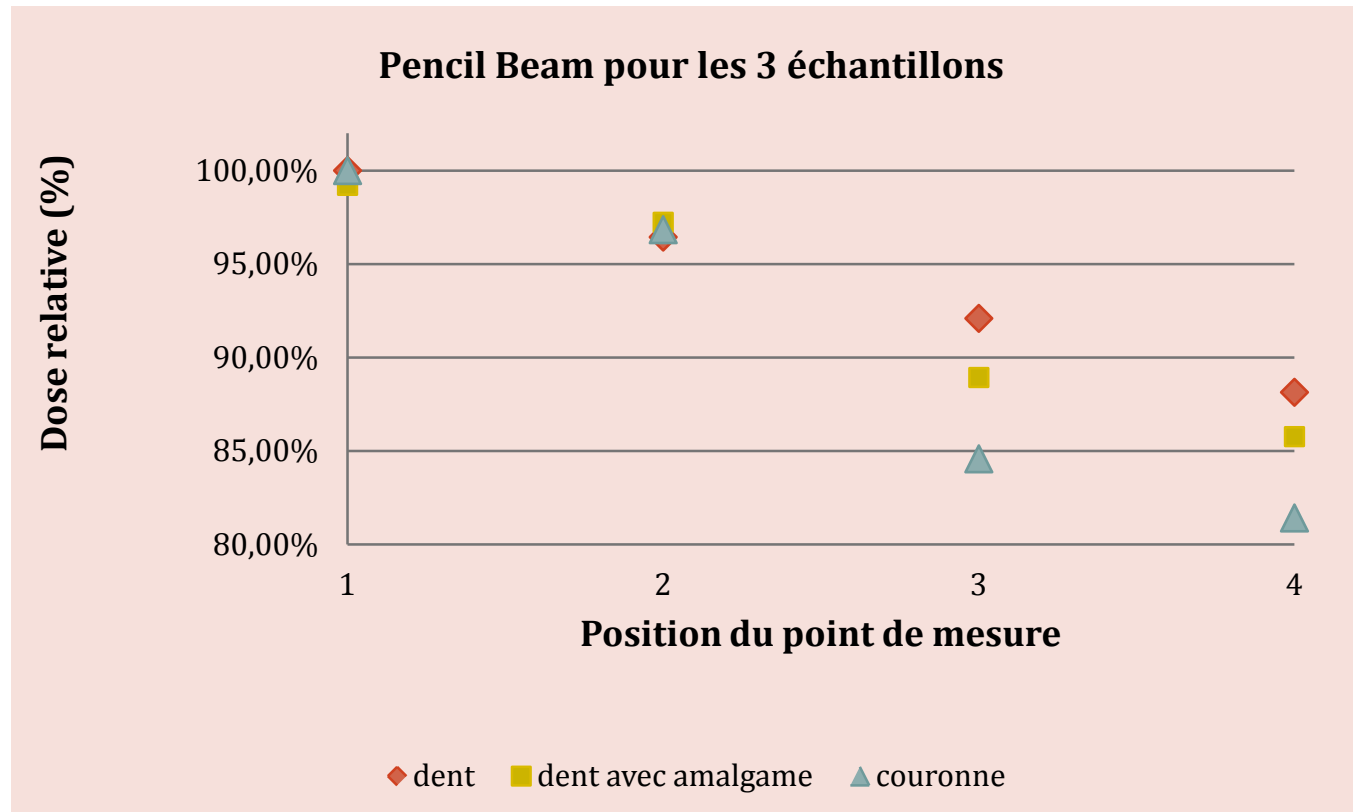
2^{ÈME} CAMPAGNE : RÉSULTATS SIMULATIONS BEAMNRC



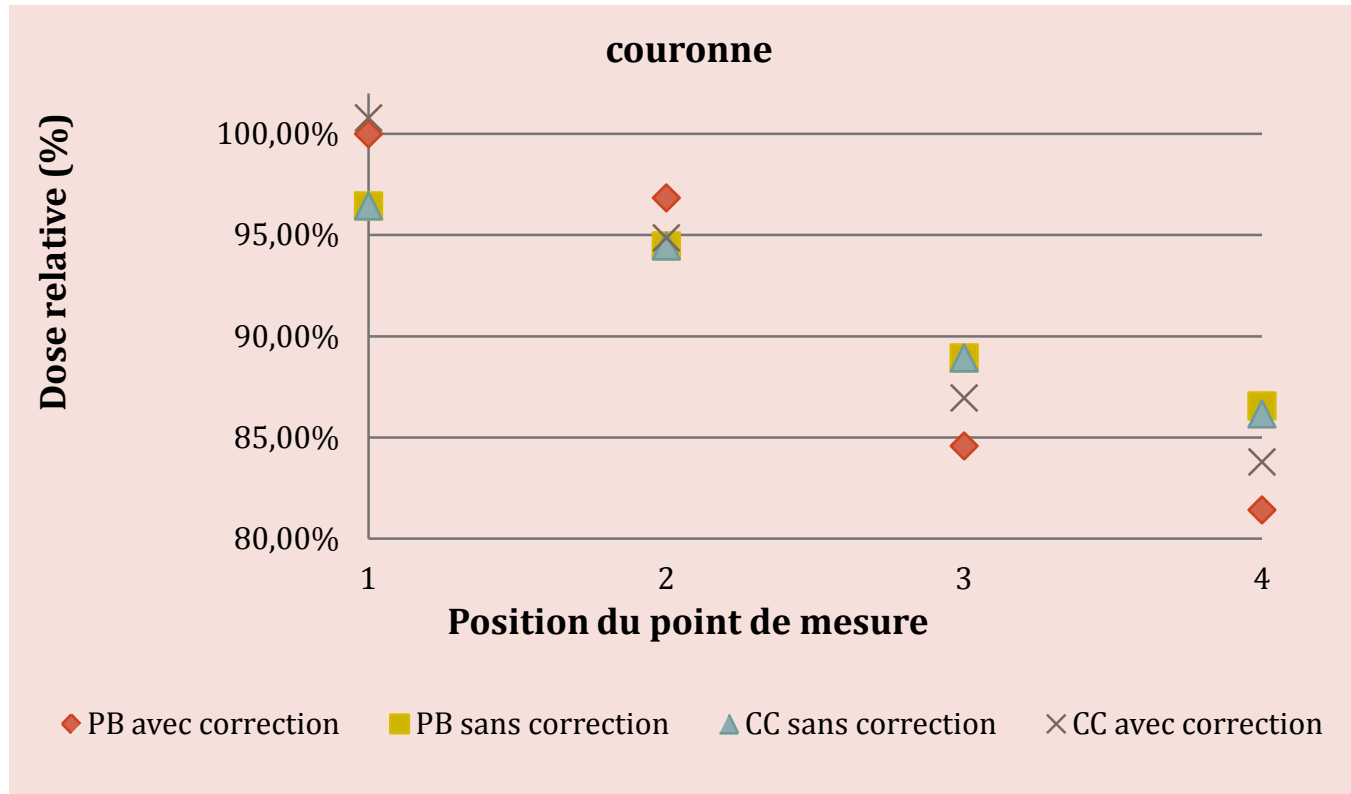
2^{ÈME} CAMPAGNE : CALCULS TPS OMP DE NUCLÉTRON

- Fantôme scanné
- 2 algorithmes : Pencil Beam et Collapsed Cone
- Matrice : 0,5 cm x 0,5 cm x 0,25 cm
- Correction d'hétérogénéités
- UH > 2700 = fer

2^{ÈME} CAMPAGNE : RÉSULTATS TPS OMP



2^{ÈME} CAMPAGNE : RÉSULTATS TPS OMP



2^{ÈME} CAMPAGNE : RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

Ecart de dose aux interfaces par rapport à la dent (en %)	Interface tissu/échantillon			Interface échantillon/tissu		
	TLD	Monte Carlo	TPS*	TLD	Monte Carlo	TPS*
Dent avec amalgame	- 4,26 %	+ 1,43 %	+ 0,82 %	- 0,37 %	- 26,72 %	- 3,43 %
Couronne	+ 2,13 %	+ 23,82 %	+ 0,41 %	- 13,6 %	- 10,95 %	- 8,15 %

* Résultats pour l'algorithme PB avec correction d'hétérogénéité

ETUDE PRÉLIMINAIRE : CONCLUSION

- Modèle simple
- 1 faisceau, 1 échantillon
- Mesures expérimentales : validation de l'effet d'atténuation
- TLD : inadapté pour une mesure 2D ou 3D
- Film : EBT2 et petite dimension non recommandés
- Simulation BEAMnrc : référence
- TPS OMP : test de deux algorithmes

APARTE : SIMULATIONS BEAMNRC

- Efficacité de la simulation : nombres d'histoires, temps de calculs et incertitude
 - Modèle simple
 - 1 hétérogénéité : eau, air, os ou couronne
 - 3 points de relevés (aux interfaces et à l'isocentre)
 - Nombre d'histoires
 - Nombre de machines pour le calcul parallèle

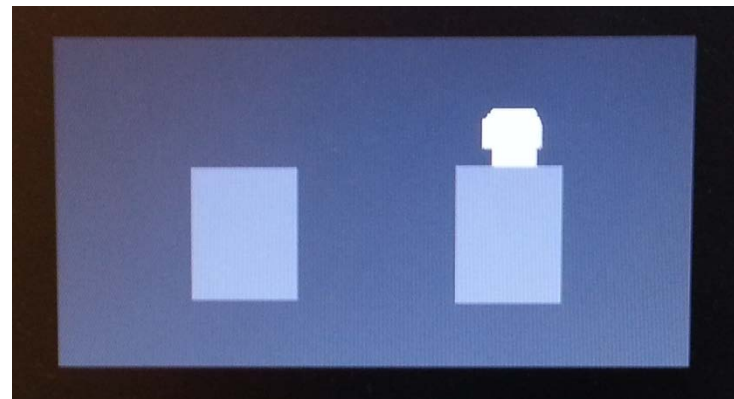
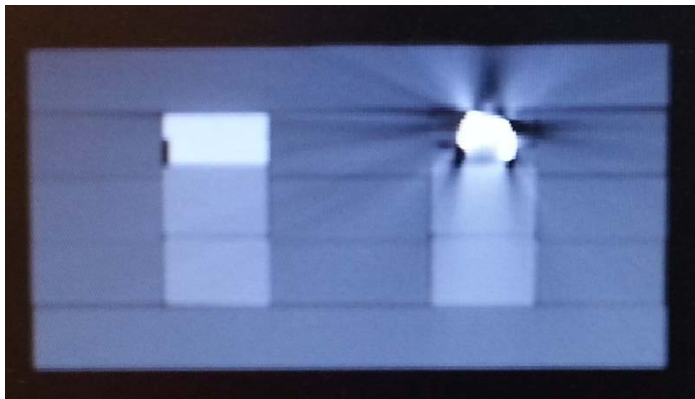
APARTE : SIMULATIONS BEAMNRC

- Efficacité de la simulation : nombres d'histoires, temps de calculs et incertitude

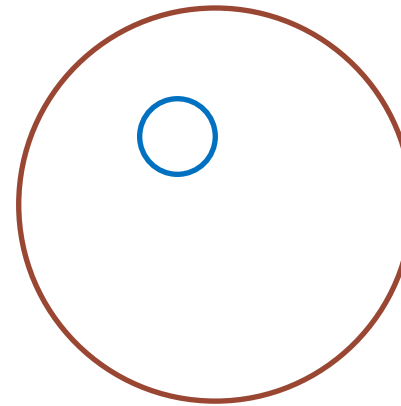
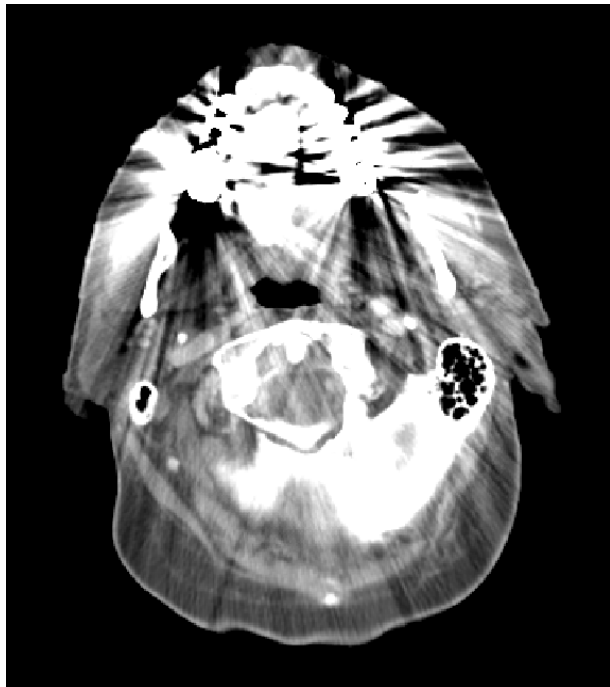
COURONNE	5 machines		20 machines	
	Incertitude	Temps de calcul	Incertitude	Temps de calcul
10e5	99,90%	3,84min	99,90%	6,48min
10e6	75,80%	4,2min	55,30%	4,62min
10e7	22,50%	8,64min	20,50%	9,3min
10e8	6,90%	40,08min	6,70%	32,04min
10e9	2,10%	5h47,7min	2,20%	1h30,54min
5.10e9	1,00%	29h29,4min	1,00%	6h38,1min
10e10	0,80%	57h19,62min	0,80%	15h43,8min
5.10e10	0,50%	11j20h37,98min	0,50%	69h35,4min
9,9999.10e10		>15 jours	0,40%	6j23h47,94min

CORRECTION DES IMAGES CT DU FANTÔME : BEAMNRC

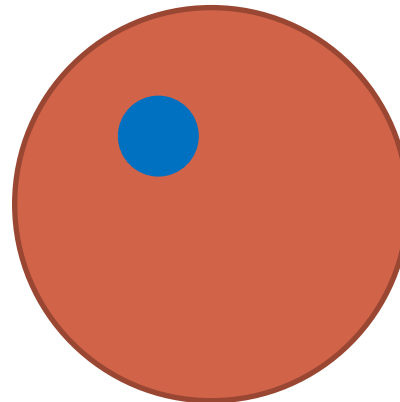
- Problème des artéfacts et de l'échelle Hounsfield
- Images corrigées avec EgsphantOpener (logiciel maison)
- Test avec 1 échantillon et 1 faisceau



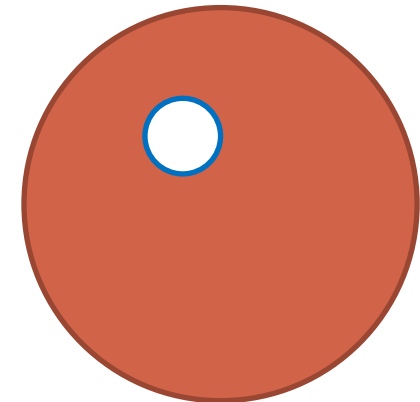
CORRECTION DES IMAGES CT DU FANTOME : TPS OMP



Contour simple des structures : valeurs UH du scanner



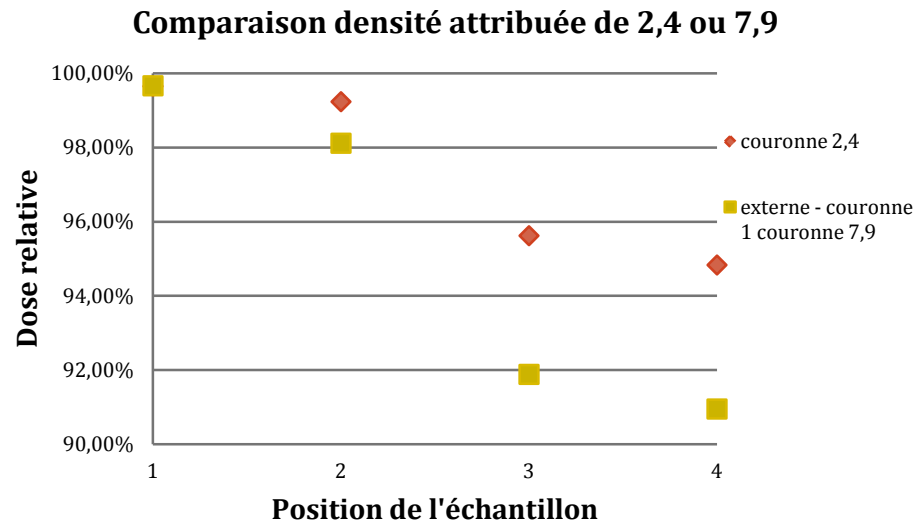
Attribution d'une nouvelle valeur de densité



Mix

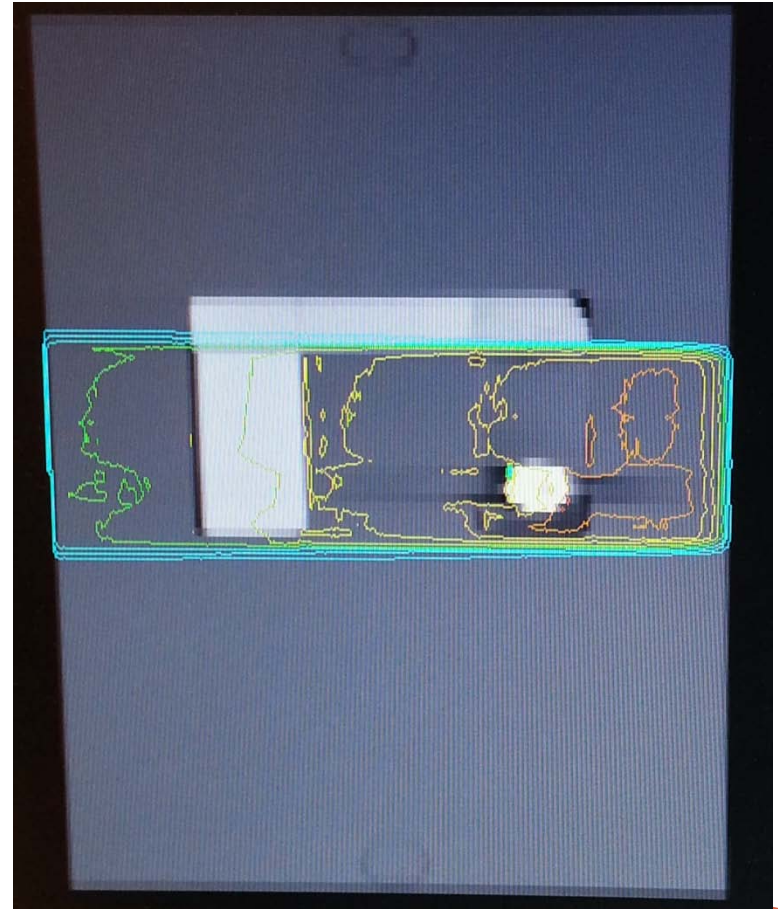
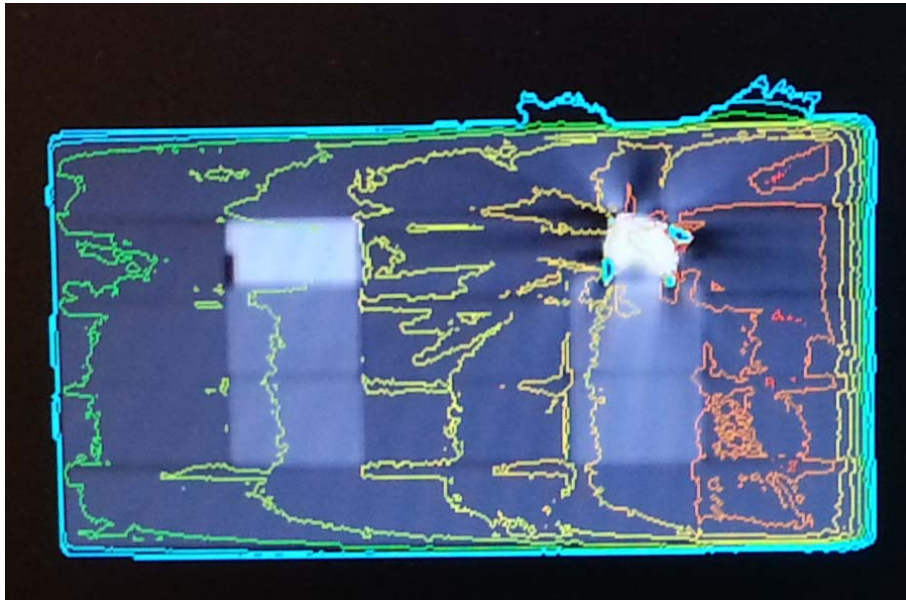
TPS OMP ET IMAGES CT FANTÔME

- 2 types de contourage de l'hétérogénéité :
 - Contourage de la prothèse : attribution manuelle de 2,4 (le reste à 1)
 - Contourage du corps – contourage de la prothèse : attribution manuelle de 1, la prothèse garde les UH du CT (densité du fer)



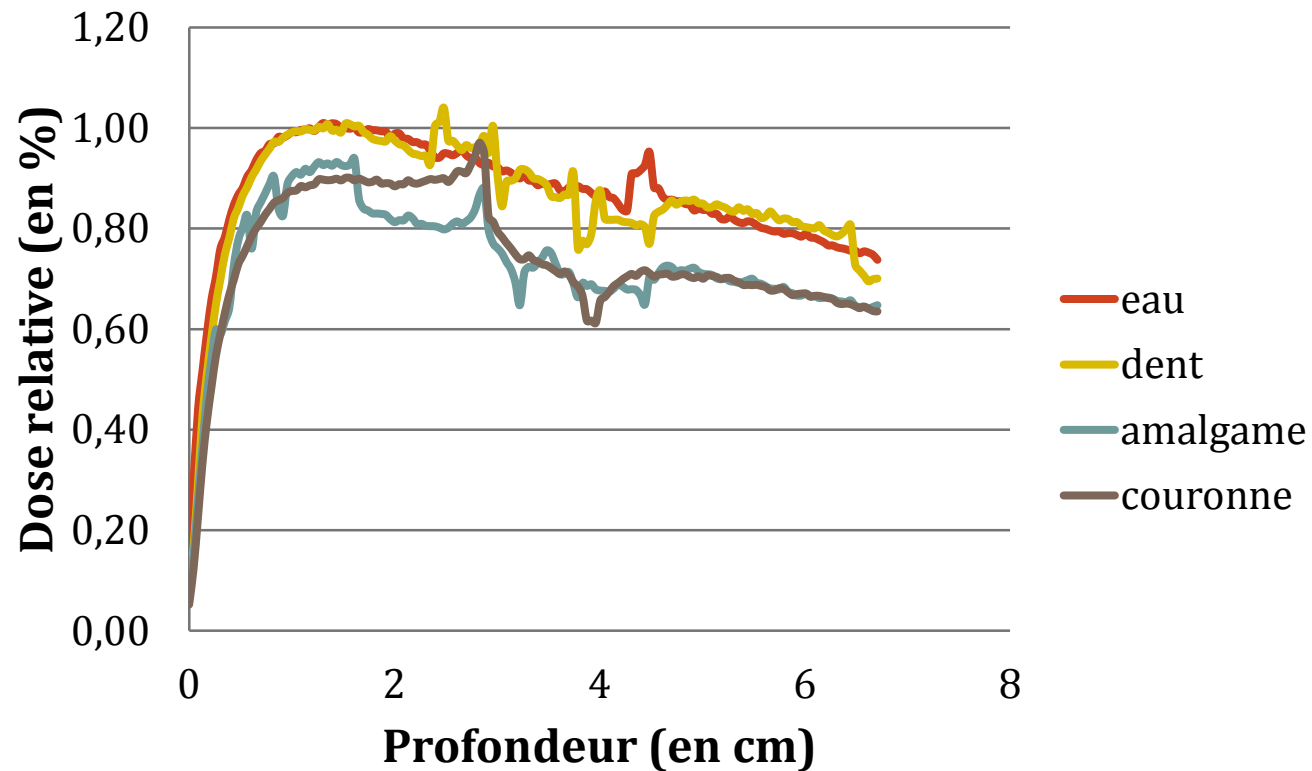
BEAMNRC ET IMAGES CT DU FANTÔME

○ Résultats



BEAMNRC ET IMAGES CT DU FANTÔME

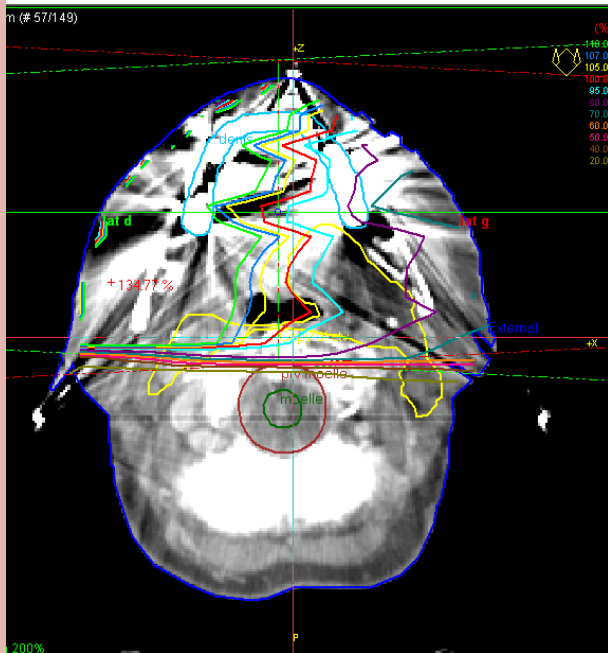
○ Résultats images CT fantôme brutes



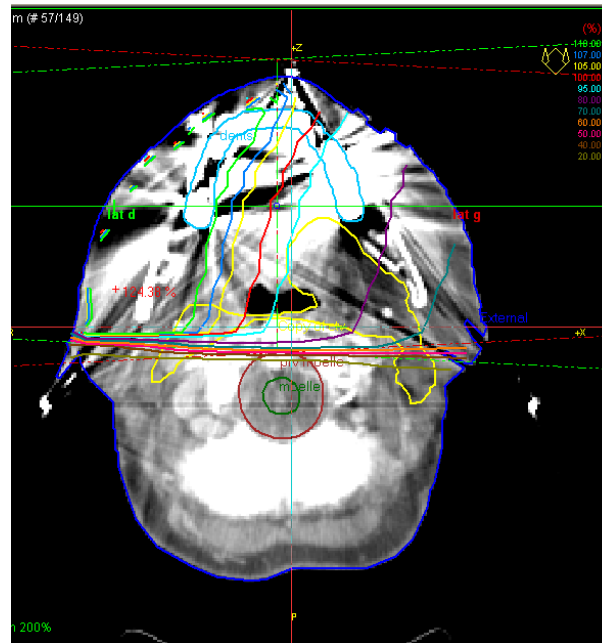
TPS OMP ET IMAGES CT PATIENTS

- 2 CT patients avec artéfacts (1 présenté)
- 1 faisceau latéral
- 2 faisceaux opposés
- Avec et sans correction d'hétérogénéité
- Correction de la valeur de la densité

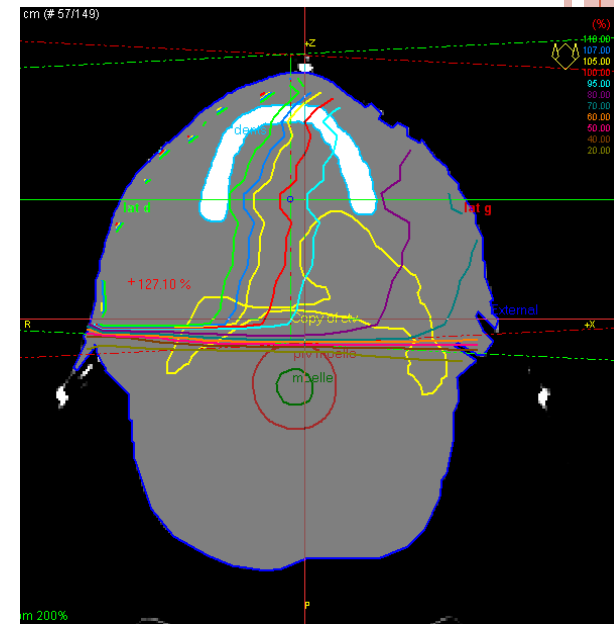
TPS OMP ET IMAGES CT PATIENTS



1 faisceau, PB avec correction hétérogénéité

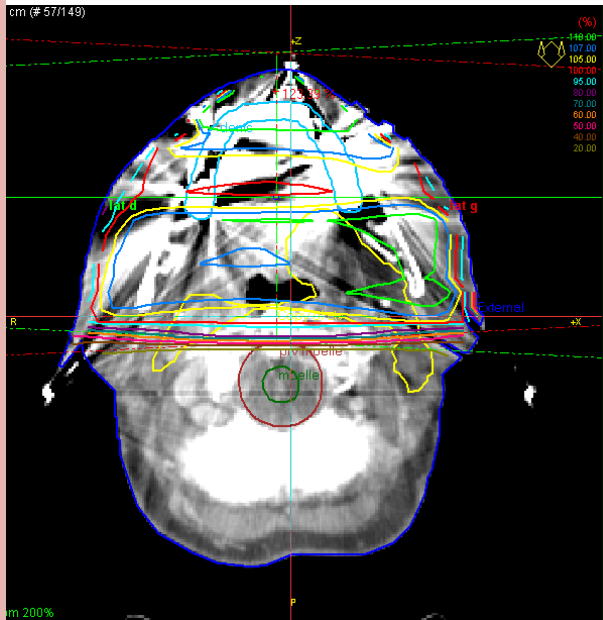


1 faisceau, PB sans correction hétérogénéité

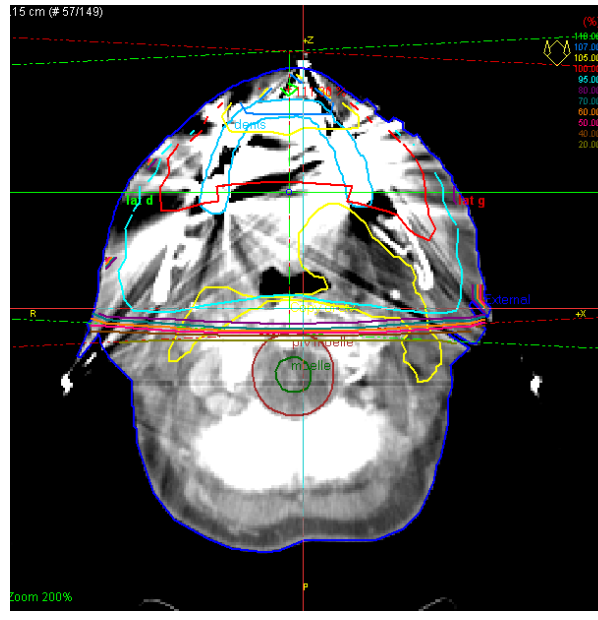


1 faisceau, PB avec correction hétérogénéité et modification manuelle des densité

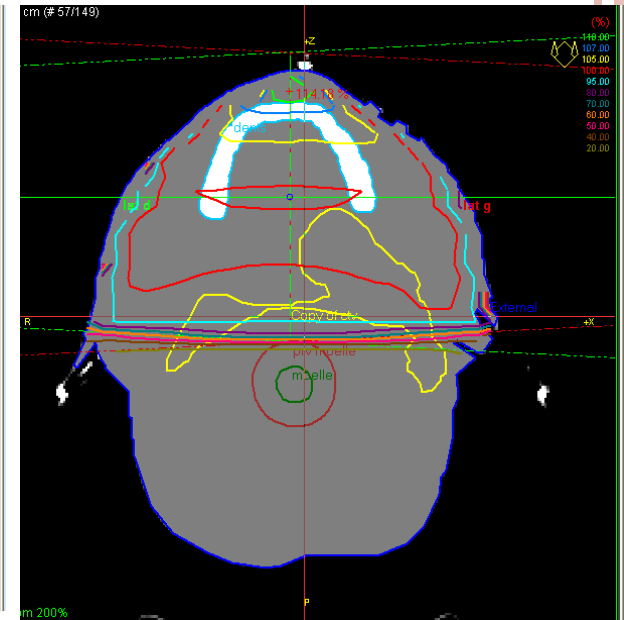
TPS OMP ET IMAGES CT PATIENTS



2 faisceaux, PB avec correction hétérogénéité



2 faisceaux, PB sans correction hétérogénéité

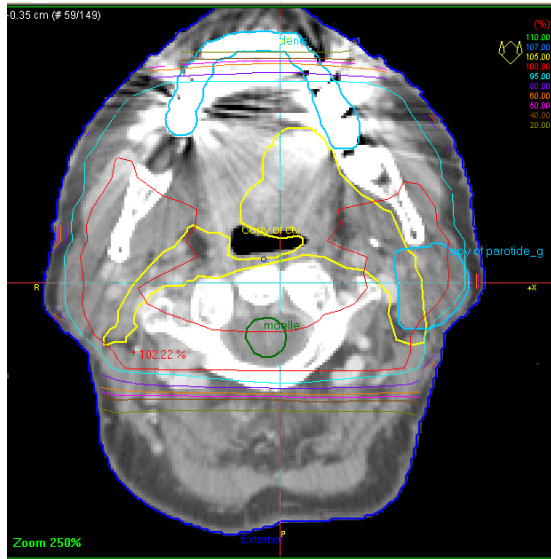


2 faisceaux, PB avec correction hétérogénéité et modification manuelle des densité

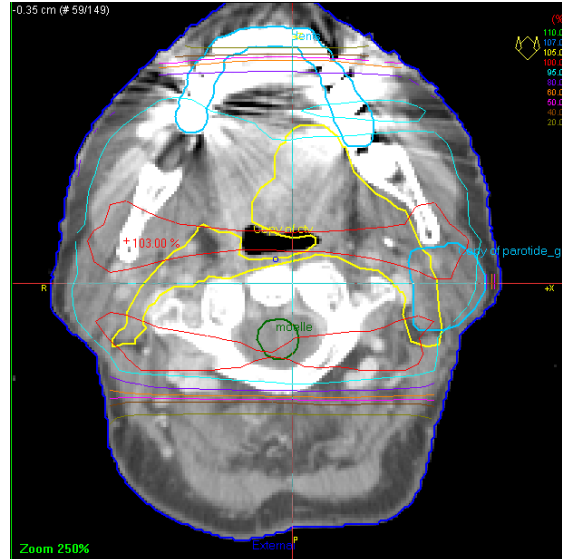
TPS OMP ET IMAGES CT PATIENTS

- Reproduction du traitement sur 1 patient
 - Traitement réalisé
 - Sans correction d'hétérogénéité
 - Avec contourage des arcades dentaires et attribution d'une nouvelle densité (2,4)

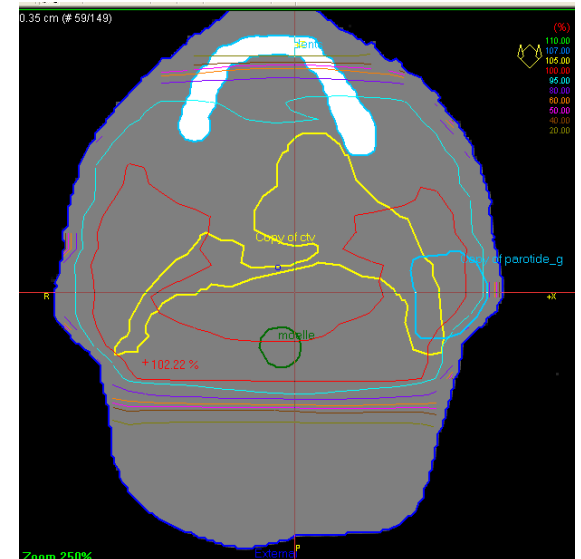
TPS OMP ET IMAGES CT PATIENTS



Sans correction
d'hétérogénéité



Traitement réalisé



Attribution manuelle des
densités

CONCLUSION

- 1 seul patient (observation)
- Contourage : quelle est la meilleure solution ?
- Evaluation de la distribution de la dose :
 - Couverture du volume cible ?
 - Protection des organes à risque ?
- Localisation du point de prescription ?
- Radiothérapie 3D classique ? Radiothérapie par modulation d'intensité ?

PERSPECTIVES

- Etude complète sur des images CT de patients : BEAMnrc et TPS
- Etude complète avec un nouveau fantôme : plusieurs échantillons de dimensions connues, films Gafchromic EBT3
- Etendre vers les petits faisceaux pour la RCMI