

Interprétation de la dosimétrie in vivo de transit lors de modifications anatomiques du patient par une représentation fantôme équivalent homogène (EHP)

Chevillard C^{1,2}, Michel M¹, Dumas J-L¹, Husson F²

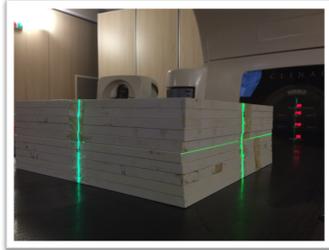
¹Service de Physique Médicale, Institut Curie, Paris – ²R&D Physique Médicale, DOSIsoft, Cachan

INTRODUCTION

Avec la dosimétrie de transit, le signal lu par l'imageur portale (Electronic Portal Imaging Device - EPID) dépend de l'épaisseur (équivalent eau) traversée par le faisceau. L'imagerie kilo-volt de tomographie conique (kilo-Voltage Cone Beam Computed Tomography ou kV-CBCT) prévue pour le positionnement patient, peut être utilisée pour représenter le patient sous forme de fantôme homogène équivalent (Equivalent Homogeneous Phantom - EHP) et permet une identification rapide des épaisseurs de tissus traversés rendant compte d'éventuels modifications anatomiques.

Le but de cette étude est de mettre en rapport les résultats de dose reconstruite obtenus par dosimétrie de transit soit à partir du CT de planification (pCT) (détection d'erreur), soit à partir de l'imagerie du jour kV-CBCT (dose délivrée), avec les représentations EHP comme moyen d'interprétation. Ce travail est mené sur fantôme pour validation des méthodes de calcul et est illustré sur un cas patient.

MATERIELS & METHODES



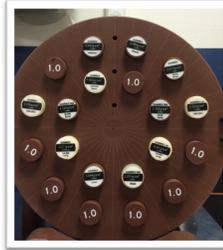
Plaques polystyrène 300 x 300mm²
Épaisseur (mm) : 110 (Réf), 120, 130
Densité : 1,040 g/cm³



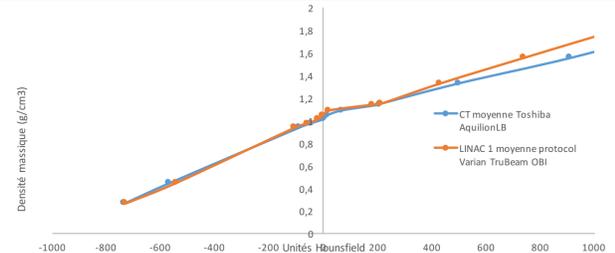
Fantôme thorax
(CIRS, Inc., Norfolk, Virginia, USA)



Bolus 10 et 5 mm pour simulation d'amaigrissement

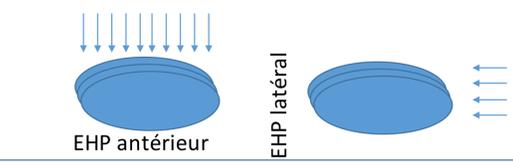


Fantôme « Cheese » avec inserts
(Gammex RMI, Middleton, WI)



Courbes d'étalonnage nb. Hounsfield CT et CBCT / densité massique

Carte EHP par détermination de l'épaisseur radiologique le long du rayon (géométrie parallèle) (Matlab® VR2013a, MathWorks®)

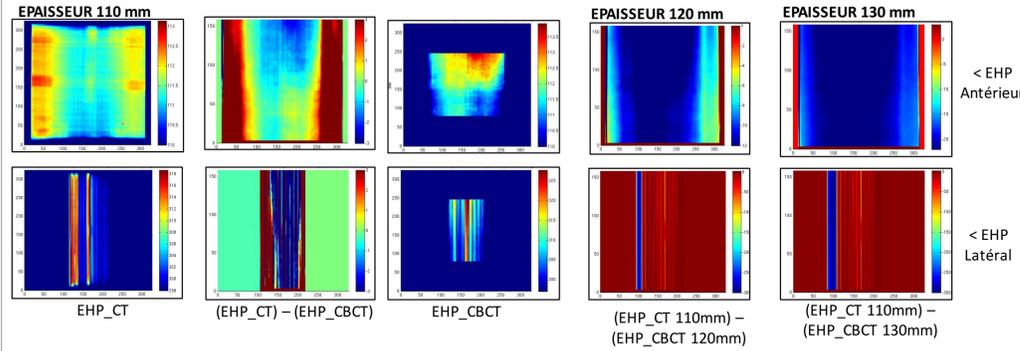


- Faisceau: Varian TrueBeam™ énergie 6 MV (fluence standard)
 - Fantôme plaques : Champ 140 x 140 mm², DSA
 - Fantôme thorax : VMAT-RapidARC®
 - Patient prostate: VMAT-RapidARC® (2 arcs) à deux niveaux de dose : PTV 250 et PTVgg 200
- TPS Eclipse (Varian, Palo Alto, CA)
- Recalage CBCT / CT avec ISOgray V4.3.0.66ALPHA (DOSIsoft SA, France)

- Dosimétrie de transit : EPIgray (DOSIsoft S.A., France)
 - Distance Source Imageur (DSI): 1500mm
- Dose reconstruite :
 - Point isocentre (fantôme plaques)
 - PTV moyenne 30 points (fantôme thorax, patient)
- Positionnement patient par imagerie kV-kV (0°/90°)
- Protocole CBCT : « Pelvis » half-fan, 125 kV, 1080 mA, hauteur champ de vue (CDV) 160 mm

RESULTATS

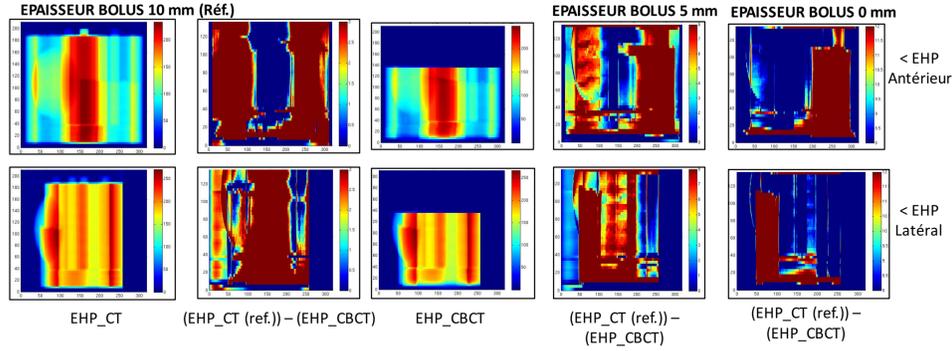
Fantôme plaques polystyrène



Épaisseur fantôme (mm)	Valeur moyenne épaisseur EHP antérieur (mm)				Valeur moyenne épaisseur EHP latéral (mm)			
	CT	σ	CBCT	σ	CT	σ	CBCT	σ
110	111	0,08	112	0,14	298	12,84	307	9,76
120	122	0,085	124	0,391	297	12,65	307	22,08
130	131	0,091	132	0,49	298	12,37	305	9,83

Épaisseur fantôme (mm)	Dose TPS isocentre (cGy)	Dose Epigray	
		< pCT > Écart rel./TPS (%)	< CBCT > Écart rel./TPS (%)
110 (Réf.)	100,49	0,000	100,62
110 +10	97,65	-5,341	97,67
110 +20	94,78	-10,451	93,24

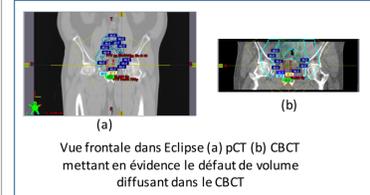
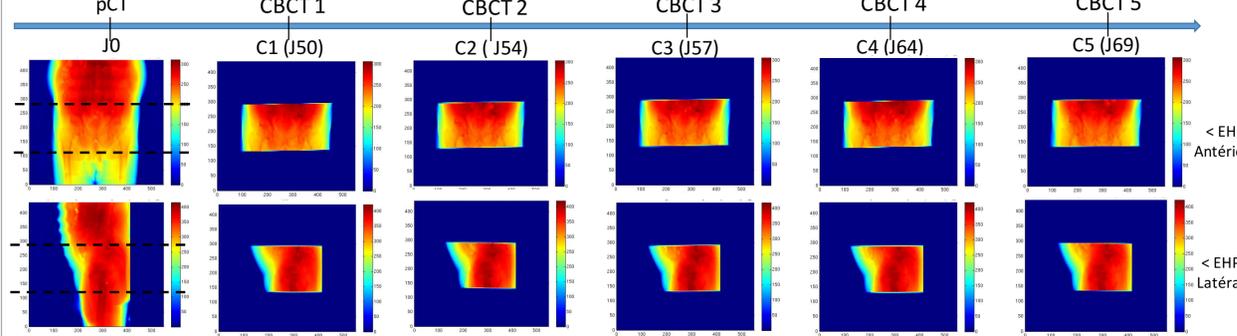
Fantôme thorax



Épaisseur bolus (mm)	Dose TPS < pCT > (cGy) σ		Dose Epigray < pCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
	10 (Réf.)	202,29	3,09	207,48	
5	201,6	4,19	209,6	4,72	3,97
0	201,38	4,16	210,78	4,54	4,67

Épaisseur bolus (mm)	Dose TPS < CBCT > (cGy) σ		Dose Epigray < CBCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
	10 (Réf.)	205,02	3,51	202,13	
5	205,65	4,6	203,6	4,98	-1,00
0	208,26	2,76	205	3,97	-1,57

Patient prostate



- Les cartographies EHP ne montrent pas d'évolution significative rendant compte de variations anatomiques des volumes traversés, même si une légère augmentation de l'épaisseur en ANT/POST est détectée entre le pCT et les CBCT. L'analyse des cartes de différence EHP est rendue difficile par l'incertitude de recalage des CBCT.

- Les doses reconstruites par dosimétrie de transit dans le CBCT sont dans des marges acceptables de 5% confirmant la bonne reproductibilité du traitement. Pour expliquer plus finement les écarts observés, il serait nécessaire de prendre en compte les plateaux de la table CT et de l'appareil de traitement dans l'analyse EHP.

- Les limites du champ de vue (CDV) pour la reconstruction de la dose dans le CBCT par le TPS ne permettent pas de restituer les conditions de diffusion pleine du pCT : la précision de la dose reconstruite dans le CBCT pour les tailles de champ d'irradiation supérieure au CDV est donc affectée (par défaut).

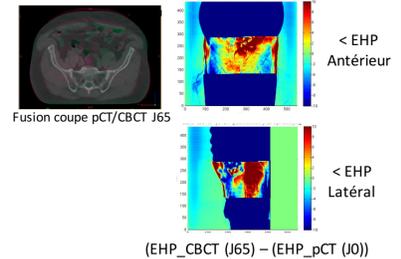
C1	PTV 250	Dose TPS < pCT > (cGy) σ		Dose Epigray < pCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
		246,92	2,93	246,59	3,15	
C2	PTV 250	246,59	3,15	248,12	3,24	-0,81
C3	PTV 250	244,4	3,02	249,4	3,32	-0,30
C4	PTV 250	244,4	3,02	249,4	3,32	-0,30
C5	PTV 250	244,4	3,02	249,4	3,32	-0,30

C1	PTV gg 200	Dose TPS < pCT > (cGy) σ		Dose Epigray < pCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
		188,17	3,97	188,08	3,73	
C2	PTV gg 200	189,08	3,73	190,61	4,01	-0,81
C3	PTV gg 200	186,02	3,97	189,82	3,71	-0,30
C4	PTV gg 200	186,02	3,97	189,82	3,71	-0,30
C5	PTV gg 200	186,02	3,97	189,82	3,71	-0,30

C1	PTV 250	Dose TPS < CBCT > (cGy) σ		Dose Epigray < CBCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
		252,15	1,7	241,85	3,94	
C2	PTV 250	253,01	2,1	243,1	4,3	-3,92
C3	PTV 250	250,77	2,1	244,75	3,77	-2,40
C4	-	-	-	-	-	-
C5	PTV 250	252,65	2,1	244,61	4,16	-3,18

C1	PTV gg 200	Dose TPS < CBCT > (cGy) σ		Dose Epigray < CBCT > (cGy) σ		Écart rel./TPS (%)
		196,94	3,3	185,93	5,35	
C2	PTV gg 200	196,13	3,0	186,12	3,8	-5,10
C3	PTV gg 200	196,22	3,4	187,6	5,86	-4,39
C4	-	-	-	-	-	-
C5	PTV gg 200	197	2,0	186,82	2,91	-5,16

	Valeur moyenne épaisseur EHP			
	Antérieur		Latéral	
CT	258,88	1,22	374,19	4,36
C1	268,33	3,43	388,57	7,00
C2	268,28	3,75	387,90	7,27
C3	268,79	3,02	386,68	9,81
C4	272,68	2,88	387,73	8,77
C5	276,61	3,76	386,23	6,70



(EHP_CBCT (J65) - (EHP_pCT (J0))

CONCLUSION

La représentation de l'EHP permet de synthétiser l'information « patient » en complément des résultats de la dosimétrie de transit basée sur l'EPID et contribue efficacement à leur analyse. Elle rend compte des différences d'épaisseurs traversées entre le pCT et CBCT du jour avec une précision estimée sur fantôme à 3mm. Compte-tenu des incertitudes résiduelles de positionnement du patient après mise en place par CBCT, la comparaison des cartes EHP demande à être interprétée et sera appliquée à un plus grand nombre de localisation. Une comparaison type gamma-index (épaisseur, position) avec une tolérance de distance est envisagée. Cela permettra la mise en place de niveaux d'action à partir de leur observation.

Enfin, l'utilisation du pCT dans un système de dosimétrie de transit permet de générer une alerte en cas de déviation géométrique ou dosimétrique. La prise en compte des CBCT, dans la reconstruction des conditions géométriques réelles pour la rétroprojection des doses, permet de restituer les valeurs de dose effectivement délivrées.