

EXEMPLE D'UTILISATION DE LA DOSIMÉTRIE IN VIVO DE TRANSIT COMME SYSTÈME D'ALERTE POUR LA RADIOTHÉRAPIE ADAPTATIVE

F. Vincent¹, F. Husson², H. Tournat¹

¹ Centre d'Oncologie et de RadioThérapie 37, Chambray-lès-Tours – ² R&D Physique Médicale, Dosisoft, France

INTRODUCTION

La dosimétrie *in vivo* est un outil décisionnel efficace puisqu'elle permet un contrôle ultime de la dose délivrée au patient en comparaison de la dose planifiée. Généralement employée lors des séances de traitement initiales, elle constitue un moyen de vérification indispensable de l'ensemble de la chaîne de traitement et demeure une obligation réglementaire en France. La dosimétrie *in vivo* basée sur l'imagerie portale (dosimétrie de transit) facilite, par sa simplicité d'utilisation, l'augmentation de la fréquence des contrôles dosimétriques tout au long de la durée du traitement et ce, sans perturber la qualité du faisceau.

La dosimétrie de transit est un système de détection sensible aux déviations dues aux problèmes de reproductibilité de mise en place et aux modifications anatomiques éventuelles du patient pendant les semaines de traitement (*). Elle fournit dans des conditions d'utilisation régulière un suivi dosimétrique constituant un indicateur de l'avancement et de la qualité globale du traitement.

Le but de cette étude est d'illustrer, à partir d'un exemple, la capacité d'un tel système à émettre une alerte pertinente dans un cas clinique d'amaigrissement avéré par des observations complémentaires.

CAS CLINIQUE, MÉTHODE ET MATÉRIELS

Plan de traitement *carcinome épidermoïde du col utérin avec envahissement des paramètres et ganglions pelviens – curage lombo-aortique négatif*

| Plan initial | Volumes | Dose – Fractionnement | Étalement : CT_init → J0 | Planification - Faisceaux Eclipse v10 – Clinac 2100C (Varian Medical System) | Volumes de Contrôle Dose <i>in vivo</i> |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Plan RTE I | GG pelviens (GPG, GPD) | 56Gy – 2Gy /séance x 28 | J16 (#1) .. J54 (#28) | Rapid'Arc - RX25MV : 2 arcs 360° / CT_init | V_200 (200 points) |
| | Pelvis | éq.45Gy – 1.7Gy /séance x 28 | | | V_180 (200 points) |
| <i>Curiothérapie (PDR)</i> | | | <i>J63 .. J65</i> | | |
| Plan RTE II | Complément Paramètres G et D | 10Gy – 2Gy /séance x 5 | J77 (#29), J78 (#30) STOP! | Rapid'Arc - RX25MV : 1 arc 360° / CT_init | V_Param_200 (200 points) |
| Plan modifié | | | CT_bis → J79 | | |
| Plan RTE II bis | Complément Paramètres G et D | 6Gy – 2Gy / séance x 3 | J84 (#31) .. J86 (#33) | Rapid'Arc - RX25MV : 1 arc 360° / CT_bis | V_Param_200 bis (200 points) |

Contrôles CBCT hebdomadaire + reconstruction des distributions de dose 3D *a posteriori*

Contrôles dosimétriques *in vivo* hebdomadaire – EPIgray v2.0.4 (Dosisoft)

- Images portales en mode ciné (« *continuous mode imaging* ») : ~64 images / 360°

- Reconstructions et déviations dosimétriques type **gamma index local 5% - 3mm** calculées par rapport au TPS en considérant la **dose totale / séance** et par **volume avec 200 points automatiques** distribués dans chacun des volumes cibles **V_200** et **V_180** (Plan RTE I), puis **V_Param_200** (Plan RTE II) et **V_Param_200 bis** (Plan RTE II bis)



Extrait de la séquence des images portales en mode ciné au cours de la rotation du bras (~1 image / 5°) avec projection des nuages de points de contrôle dosimétrique pour les volumes V_200 et V_180 (plan RTE I)

RÉSULTATS

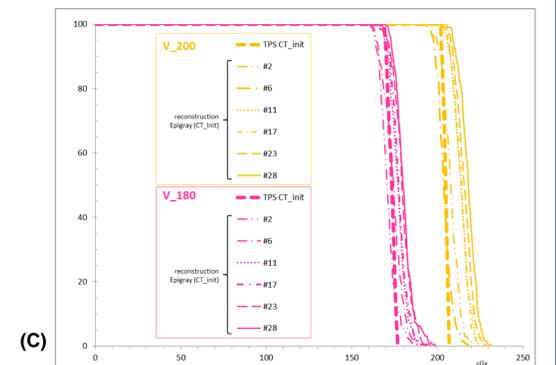
Plan RTE I *suivi dosimétrique*

Résultats dosimétriques et déviations observées sur six séances de traitement contrôlées (fréquence hebdomadaire) :

- pour le volume V_200 (A),
- pour le volume V_180 (B),
- évolution des histogrammes dose-volume reconstruits par mesures *in vivo* en comparaison du calcul prédictif TPS-CT_init (C).

| séance | #2 | #6 | #11 | #17 | #23 | #28 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dose TPS-CT moyenne (cGy) | 204,9 | | | | | |
| Dose Epigray moyenne (cGy) | 207,8 | 204,2 | 213,7 | 213,9 | 215,7 | 218,0 |
| Dose Epigray médiane (cGy) | 207,9 | 203,7 | 213,8 | 214,4 | 215,9 | 218,2 |
| Écart rel. min (%) | 0,02 | 0,01 | 0,15 | 0,57 | 0,72 | 1,64 |
| Écart rel. max (%) | 5,11 | 6,19 | 8,84 | 8,85 | 10,47 | 12,94 |
| Écart rel. moyen (%) | 1,45 | -0,28 | 4,36 | 4,44 | 5,35 | 6,47 |
| Gamma index min | 0,005 | 0,004 | 0,031 | 0,114 | 0,142 | 0,324 |
| Gamma index max | 1,293 | 1,395 | 1,611 | 1,625 | 1,827 | 2,074 |
| Gamma Index moyen | 0,408 | 0,317 | 0,825 | 0,843 | 1,002 | 1,193 |
| GAI % < 1 | 96,5 | 98,5 | 68 | 64 | 48,5 | 32,5 |
| GAI % < 1,5 | 100 | 100 | 95 | 99 | 91 | 77 |
| (A) Dose TPS-CBCT (I) moyenne (cGy) | 208,7 | 206,2 | 209,0 | - | 211,8 | 212,5 |

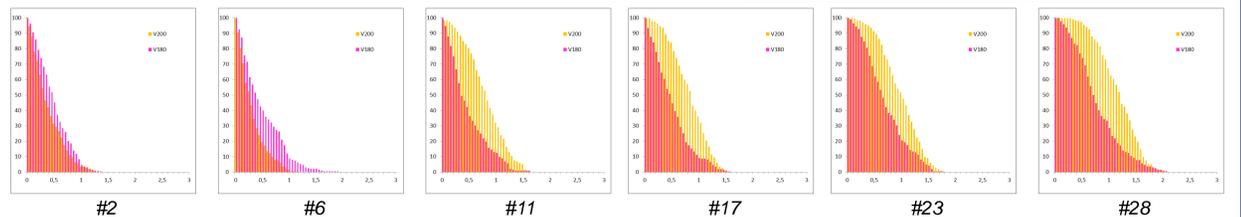
| séance | #2 | #6 | #11 | #17 | #23 | #28 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dose TPS-CT moyenne (cGy) | 174,2 | | | | | |
| Dose Epigray moyenne (cGy) | 171,1 | 174,1 | 177,0 | 177,7 | 179,6 | 180,5 |
| Dose Epigray médiane (cGy) | 170,7 | 174,5 | 177,1 | 177,4 | 179,3 | 180,0 |
| Écart rel. min (%) | 0,06 | 0,03 | 0,15 | 0,06 | 0,11 | 0,27 |
| Écart rel. max (%) | 7,36 | 11,15 | 9,95 | 10,89 | 11,31 | 12,55 |
| Écart rel. moyen (%) | -1,24 | 0,28 | 2,12 | 2,35 | 3,58 | 4,23 |
| Gamma index min | 0,005 | 0,007 | 0,03 | 0,012 | 0,023 | 0,055 |
| Gamma index max | 1,371 | 1,940 | 1,631 | 1,584 | 1,794 | 2,065 |
| Gamma Index moyen | 0,488 | 0,484 | 0,47 | 0,50 | 0,70 | 0,785 |
| GAI % < 1 | 95,4 | 91,1 | 87,5 | 90,8 | 79,5 | 71,4 |
| GAI % < 1,5 | 100 | 97,9 | 99 | 99 | 95,9 | 92,2 |
| (B) Dose TPS-CBCT (I) moyenne (cGy) | 176,8 | 175,6 | 177,6 | - | 179,3 | 180,3 |



(I) le calcul de dose TPS sur imagerie CBCT est donné à titre indicatif, sa précision n'a pas été évaluée dans le cadre de ce travail.



Suivi des histogrammes des valeurs γ -index 5%-3mm Epigray / TPS calculés pour les volumes V_200 et V_180



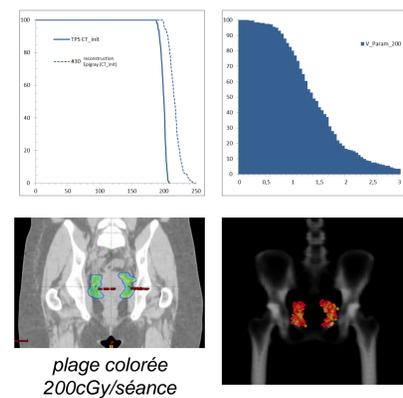
Distribution de dose TPS prédictive (plan frontal) : plages colorées 200cGy/séance et 180cGy/séance

Suivi en code couleur et vue 3D des écarts relatifs Epigray / TPS calculés sur les points de contrôle V_200 et V_180 : dans les tolérances, supérieur à +5%, inférieur à -5%

Plan RTE II *déviations dosimétriques « complément paramètres »*

Résultats dosimétriques et déviations observées à la séance #30 pour le volume V_param_200

| séance | #30 |
|---------------------------------|------------------|
| Dose TPS-CT moyenne (cGy) | 198,8 CT_init |
| Dose Epigray moyenne (cGy) | 216,8 |
| Dose Epigray médiane (cGy) | 216,62 |
| Écart rel. min (%) | 0,958 |
| Écart rel. max (%) | 22,523 |
| Écart rel. moyen (%) | 8,92 |
| Gamma index min | 0,190 |
| Gamma index max | 3,565 |
| Gamma Index moyen | 1,502 |
| GAI % < 1 | 20 |
| GAI % < 1,5 | 56,5 |
| Dose TPS-CBCT (I) moyenne (cGy) | 209,9 |



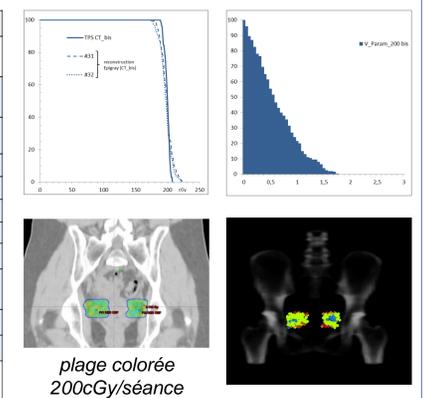
Alerte

& correction

Plan RTE II bis *plan « complément paramètres » adapté*

Résultats dosimétriques et déviations observées à la séance #31 pour le volume V_param_200 bis (séance #32 comparable)

| séance | #31 |
|---------------------------------|-----------------|
| Dose TPS-CT moyenne (cGy) | 198,7 CT_bis |
| Dose Epigray moyenne (cGy) | 198,8 |
| Dose Epigray médiane (cGy) | 198,79 |
| Écart rel. min (%) | 0,047 |
| Écart rel. max (%) | 10,68 |
| Écart rel. moyen (%) | -0,16 |
| Gamma index min | 0,009 |
| Gamma index max | 1,77 |
| Gamma Index moyen | 0,643 |
| GAI % < 1 | 78,5 |
| GAI % < 1,5 | 96 |
| Dose TPS-CBCT (I) moyenne (cGy) | 198,0 |



CONCLUSION

Dans l'exemple d'amaigrissement étudié, le suivi des valeurs de dose dans le patient obtenues par dosimétrie *in vivo* de transit reflète, en la majorant, l'augmentation des doses réelles reçues, estimées sur la base d'un second calcul du TPS à partir des données CBCT acquises le long du traitement. Les déviations dosimétriques observées ont finalement conduit à une correction du plan initial.

L'utilisation clinique directe de la dosimétrie *in vivo* de transit comme outil décisionnel de choix dans les stratégies de radiothérapie adaptative est favorisée par :

- la disponibilité d'indicateurs dosimétriques basés sur des données statistiques permettant des estimations fiables des relations dose-volume ;
- la mise au point de critères de tolérance et de niveaux d'action appropriés à des figures d'agrément type γ -index pour l'émission d'une alerte quantitative pertinente.

(*) van Elmpt W, McDermott L, Nijsten S, Wendling M, Lambin P, Mijnheer B. A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry. Radiother. Oncol. (2008) 88: 289-309.

Correspondance : f.vincent@cort37.fr
Conflits d'intérêts : F. Husson salarié de Dosisoft S.A.