
Planification automatique robuste du sein gauche avec inspiration bloquée : validation et mise en routine clinique d'un modèle de machine learning en radiothérapie par modulation d'intensité

Célia Petitjean^{*†1,2}, Jocelyne Mazurier^{‡1}, Xavier Franceries^{§2}, Susanna Adera¹, Jérémy Bétend¹, Jérémy Camilleri¹, Vincent Connord¹, Edward Esteban Jimenez¹, Nicolas Mathy¹, Fanny Solihnac¹, Olivier Gallocher¹, Guillaume Janoray¹, Gaëlle Jimenez¹, Igor Latorzeff¹, Baptiste Pichon¹, and Baptiste Pinel¹

¹Orion - Service de Radiothérapie, Clinique Pasteur Toulouse – Service de radiothérapie, Clinique Pasteur – France

²INSERM (CRCT) UMR 1037, Faculté Paul Sabatier, Toulouse, France – Centre de Recherche Inserm – France

Résumé

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt en relation avec cet article.

Introduction : Cette étude vise à valider un modèle de machine learning (ML) pour la génération automatique de plans IMRT robustes en DIBH pour les patientes traitées pour un sein gauche sans atteinte ganglionnaire.

Matériel et Méthodes :

Depuis 2023, des modèles de plans de traitement basés sur le ML sont utilisés en routine dans notre service pour les pelvis (> 470 patients). Ces plans ML_brut sont améliorés avec un unique run " post-processing ", permettant un gain de temps > 3 tout en conservant l'expertise des équipes. Cette approche, appelée " ML_amélioré ", est ici étendue aux traitements du **sein gauche** (50Gy + boost 16Gy) en **DIBH**, en intégrant une **planification robuste** prenant en compte les déformations anatomiques.

Le TPS RayStation (RaySearch®) permet d'ajuster des modèles préexistants aux spécificités locales via des paramètres de prédiction (distribution de dose) et de mimicking (paramètres machine). L'ajustement et l'évaluation ont été réalisés sur 22 patientes selon:

- **Des tests d'expertise:** plans ML/DMPO (références) présentés "à l'aveugle " aux dosimétristes, physiciens et médecins,
- **Une comparaison dosimétrique plans ML/référence :** DVH, clinical goals, indices dosimétriques (homogénéité, conformité, PQI), robustesse aux déformations.

*Intervenant

†Auteur correspondant: cpetitjean@groupeorion.fr

‡Auteur correspondant: jmazurier@groupeorion.fr

§Auteur correspondant: xavier.franceries@inserm.fr

- **Une évaluation de la délivrabilité** : mesures ArcCheck avec critère 2%/2mm global
- **Une analyse de la complexité**: UM et score de complexité de modulation

Un script dédié automatise l'ensemble du workflow : segmentation (deep learning), génération de CT déformés, création du plan ML_brut et définition des objectifs dosimétriques.

Les résultats ont été revus par les radiothérapeutes et médecins médicaux.

Résultats :

Les tests d'expertise montrent une sélection comparable des plans ML et de référence (47 % vs 53 %).

Les plans ML présentent :

- une couverture du PTV équivalente aux plans de référence ($V_{47.5\text{Gy}} = 98.2\%$ VS 97.6%),
- des doses cardiaques équivalentes et une réduction des doses pulmonaires ($V_{20\text{Gy}} = 7.75\%$ VS 9.25%),
- une robustesse satisfaisante face aux déformations anatomiques,
- une délivrabilité conforme pour 100 % des plans ($\geq 95\%$, 2 %/2 mm),
- une complexité similaire aux plans DMPO.

Des points chauds légèrement plus élevés (jusqu'à 107 %) peuvent apparaître dans certains scénarios de gonflement, mais sont corrigés efficacement lors du post-processing.

Le temps moyen de génération d'un plan complet (sein + boost) est de 23 minutes (temps passif), correspondant à un gain d'un facteur 5.

Conclusions :

Cette étude valide l'utilisation d'un modèle de planification automatique basé sur le ML pour le traitement du sein gauche en IMRT avec DIBH, selon une approche de " ML_amélioré ". Les performances dosimétriques sont comparables aux plans optimisés en DMPO, avec un gain de temps > 5 , une homogénéisation des pratiques, le maintien de l'expertise clinique et la personnalisation des plans selon l'approche ML_amélioré.

Une extension de l'étude pour la prise en charge de la chaîne ganglionnaire est en cours.

Mots-Clés: Machine Learning, planification robuste, planification automatique sein