
Suivi tumoral pulmonaire en IGRT par imagerie stéréoscopique : approche hybride combinant détection IA et modélisation bayésienne adaptative

Motchy Saleh^{*1,2}, Paul Retif^{†3,1}, and Thierry Bastogne^{‡1}

¹Centre de Recherche en Automatique de Nancy – Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

²Centre hospitalier régional de Metz-Thionville – Hôpital de Mercy – CHR Metz Thionville, Service orthopédie traumatologie et rhumatologie de Mercy – France

³CHR de Metz-Thionville – CHR Metz-Thionville – France

Résumé

Introduction :

En imagerie RX, la superposition anatomique et le faible contraste tumeur/OAR pour les traitements des tumeurs pulmonaires sans fiduciels peuvent altérer la visibilité tumorale et fragiliser le suivi intra- et inter-fraction.

Les réseaux de détection d'objets de type YOLO permettent une localisation rapide compatible avec des contraintes de temps réel, mais leur performance reste dépendante de la visibilité directe de la cible. À l'inverse, les modèles probabilistes exploitent la dynamique spatio-temporelle et la gestion de l'incertitude, sans dépendre exclusivement de l'information visuelle instantanée.

Dès lors, comment maintenir un suivi tumoral robuste lorsque l'information visuelle devient partiellement dégradée, tout en conservant un temps d'inférence inférieur à 100 ms ?

Dans ce contexte, nous proposons une approche hybride combinant détection par YOLO dans un premier temps et modélisation bayésienne adaptative dans un second temps, intégrant une cohérence dynamique et les contraintes géométriques inter-structures pour un suivi tumoral robuste en temps réel.

Matériel et méthodes :

Une cohorte de 185 patients a été utilisée. Les GTV ont été contourés sur la phase expiratoire du 4D-CT par le radiothérapeute, puis propagés par le physicien aux autres phases respiratoires par recalage non rigide (DIR, Eclipse) (cf. figure 1). Les données ont ensuite été automatiquement exportées et préparées pour la génération des projections.

Les OAR (lobes, bronches...) ont été segmentés par l'intermédiaire de TotalSegmentator

^{*}Intervenant

[†]Auteur correspondant: paul.retif@chr-metz-thionville.fr

[‡]Auteur correspondant: thierry.bastogne@univ-lorraine.fr

1,2 puis les projections 2D ont été générées à l'aide de DiffDRR (3,4). Ces projections constituent les images d'entraînement de YOLO. L'ensemble des variantes de YOLOv8 (n, s, m, l, xl) a été entraîné pour la détection tumorale/OAR.

Figure 1 : Figure 1. End-to-end pipeline from 4DCT to DRR-based model training (inspired by (3)).

Les calculs ont été réalisés sur une station équipée d'un GPU NVIDIA RTX A6000 (48 GB), 128 GB de RAM et d'un processeur Intel Core i9-14900KS.

Résultats :

Les résultats du F1-score se trouvent dans les figures suivantes (figure 2 et figure 3) :

Figure 2 : Comparaison des scores F1 entre les différents modèles

Figure 3 : Temps de détection par modèle d'IA

Conclusions :

Les résultats montrent que la détection des structures environnantes par YOLO est compatible avec le temps réel (≈ 4 ms/image pour la version nano), tandis que la détection directe de la tumeur reste insuffisante par IA seule.

Cela justifie l'intégration d'un modèle bayésien exploitant la dynamique spatio-temporelle et les contraintes géométriques inter-structures, afin d'assurer un suivi robuste, y compris en cas d'obstruction partielle.

Cette approche hybride constitue la suite du travail pour un suivi tumoral sans fiduciels et compatible avec le temps réel.

Mots-Clés: Intelligence Artificielle, Méthode Bayésienne, IGRT, SBRT, Tumeur Pulmonaire, Stéréotaxie, Tracking, Détection