

Article original

# Segmentation d'images synchronisées à la respiration en TEP/TDM : étude sur fantôme

*Image adaptive thresholding in respiratory gated PET/CT: A phantom study*

D. Didierlaurent\*, C. Jaudet, O. Caselles, J. Nalis, S. Zerdoud, L.-O. Dierickx,  
S. Brillouet, F. Courbon

*Service de médecine nucléaire, institut Claudius-Regaud, 20/24, rue du Pont-Saint-Pierre, 31052 Toulouse cedex 7, France*

Reçu le 24 janvier 2011 ; accepté le 23 mai 2011

Disponible sur Internet le 6 juillet 2011

---

## Résumé

L'objet de cette étude est d'évaluer la précision de méthodes de segmentation par seuillage adaptatif en TEP/TDM synchronisée à la respiration et d'en déduire leurs indications et limites. Différentes acquisitions sur fantôme ont permis d'étudier l'effet du mouvement, de la dimension des tumeurs et de l'activité de la tumeur par rapport au tissu qui l'entoure. Le domaine de validité de ces techniques, basées sur la détermination d'un seuil optimal, est étendu grâce à des mesures synchronisées sur fantôme si l'amplitude maximum par image est inférieure ou égale à 7,5 mm et la tumeur de dimensions supérieures à 17 mm. Lors d'exams de patients, une acquisition synchronisée permet, même dans le pire des cas, de réduire suffisamment le déplacement dans l'image correspondante à l'amplitude relative la plus faible. Deux méthodes de seuillage adaptatif sont ainsi proposées pour délimiter des images d'acquisitions synchronisées dans le cas de tumeurs homogènes peu soumises à l'effet de volume partiel. Si la tumeur est inférieure à trois fois la résolution du système, une approche plus évoluée devra être employée.

© 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés* : TEP/TDM ; FDG ; Synchronisation respiratoire ; Segmentation

## Abstract

The aim of this study is to evaluate the accuracy of segmentation method by adaptive threshold in gated respiratory PET/CT and to deduce their indications and limits. Different acquisitions with phantom allow to study effect of movement, size and tumor activity compared to environment. The validity domain of these techniques, based on optimal threshold, is accurate if the tumor size is superior to 17 mm and the amplitude in a cycle is inferior or equal to 7.5 mm. For patient exams, an acquisition synchronized allows, even in the worst case, to freeze enough displacement in a cycle in which the relative amplitude is the lowest. Threshold adaptive method are validated for gated acquisitions for homogeneous tumors and not subjected to partial volume effect. If tumor size is inferior to three times the spatial resolution of the system, a more complex approach has to be employed.

© 2011 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Keywords*: PET/CT; FDG; Respiratory gating; Segmentation

---

## 1. Introduction

La segmentation d'images est un processus permettant de décomposer une image en zones homogènes ou d'extraire une région d'intérêt particulier. Cette technique de traitement d'images est fréquemment utilisée en imagerie médicale ; par

exemple de nombreux travaux ont été menés en imagerie par tomographie par émission de positons (TEP) couplée à un tomodensitomètre (TDM) pour définir le volume des hyperfixations pathologiques du <sup>18</sup>F-fluorodésoxyglucose (FDG). Plus particulièrement, le but de la segmentation vise à évaluer les activités tumorales et à déterminer les volumes des tumeurs pour des applications de radiothérapie, on parle de volume tumoral biologique, ou *biological target volume* (BTv), en imagerie fonctionnelle. La technique la plus courante de segmentation consiste à procéder à une délimitation manuelle de la tumeur par

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : didierlaurent.david@claudiusregaud.fr (D. Didierlaurent).

un expert. Cette méthode est intrinsèquement soumise à une variabilité intra et interobservateur. Des techniques plus avancées ont été développées pour automatiser les mesures, aucune ne faisant consensus, de nombreux travaux sur ce sujet sont en cours. Certaines techniques qui sont implémentées sur des machines cliniques sont notamment les techniques par seuillage [1–5] et ont été décrites dans la littérature [6] ; d'autres nécessitent des plateformes logicielles développées en recherche [7]. La segmentation en TEP/TDM reste complexe en raison de la présence de bruits, du manque de contraste des lésions, du flou induit par le système d'acquisition (effet de volume partiel [8]), mais aussi du fait des mouvements physiologiques. En effet, pendant l'acquisition TEP, un mouvement des tumeurs peut être induit par la respiration avec pour conséquence une sous-estimation de l'activité mesurée et une surestimation du volume délimité dans des proportions qui dépendent de l'amplitude, des dimensions et de la localisation de la tumeur. Les mouvements des tumeurs pulmonaires varient en fonction de leur localisation [9]. Ils atteignent 25 mm dans la direction caudocraniale (CC), 3,6 mm dans la direction ventrodorsale et 2,5 mm dans la direction parasagittale pour des lésions du lobe inférieur. Le mouvement dans la direction CC étant prépondérant, seul celui-ci sera considéré dans cette étude. Pour des lésions du lobe moyen et supérieur, les lésions peuvent présenter, respectivement, un mouvement de 11 mm et 8,7 mm. Les lésions tumorales du foie et du pancréas peuvent présenter un mouvement de 20 mm dans la direction CC.

Pour limiter les erreurs d'estimation de l'activité et du volume de la tumeur, des techniques d'imagerie par respiration bloquée [10–12] sont utilisées mais nécessitent la capacité du patient à retenir à plusieurs reprises sa respiration à un volume inspiré constant. Cependant, des études ont montré que 60 % de patients atteints de cancer du poumon ne pouvaient pas reproduire les inspirations d'une apnée à l'autre [13]. Une autre technique par acquisition synchronisée à la respiration permet de découper et de regrouper un ensemble d'évènements de plusieurs cycles respiratoires. Les évènements sont regroupés (cycles) en fonction de la phase ou de l'amplitude de la respiration [14,15]. Chaque cycle regroupe ainsi des évènements soumis à une même amplitude et à une même fréquence de mouvement propre, dépendant de l'échantillonnage temporel du signal.

Différentes techniques, développées et validées dans le cadre d'examen non synchronisés, peuvent être envisagées pour la segmentation des régions d'intérêt en mouvement sur des images TEP synchronisées. L'intérêt de la segmentation par seuillage en pourcentage de l'activité maximale détectée avec prise en compte de l'activité environnante a été démontré [16] par comparaison des volumes délimités avec des spécimens chirurgicaux. Cette technique nécessite une calibration préalable à partir de mesures sur fantôme. Cependant, pour des objets soumis à l'effet de volume partiel, le seuillage est imprécis. D'autres méthodes permettent de prendre en compte le volume tumoral, le signal de la tumeur et de l'environnement [2,3]. Une déformation du volume segmenté due au mouvement respiratoire a pu être mise en évidence dans deux études récentes [17,18]. Cependant, aucune étude n'a été menée pour

évaluer la déformation des volumes segmentés si la synchronisation ne permet pas de figer suffisamment le déplacement.

Différents systèmes de synchronisation sont utilisés en fonction des constructeurs : les plus communs sont la détection de mouvement par caméra (vendu commercialement sous la dénomination Real time Position Management, ou RPM, Varian Medical Systems, Palo Alto, États-Unis) ou par ceinture abdominale (Anzai AZ-733V, Anzai Medical Co., Tokyo, Japon).

Les examens synchronisés impliquent un temps d'examen supérieur (environ 20 minutes) pour réaliser les examens TEP 4D et TDM 4D avec un échantillonnage temporel du signal. La dose reçue par le patient due au TDM 4D est augmentée de 15 à 20 % par rapport à un examen standard. Ainsi, cette technique est consommatrice de temps et n'est pas neutre en termes de dose délivrée au patient. Bien que l'activité et le volume de tumeurs mobiles grâce à une acquisition synchronisée présentent une meilleure quantification, il n'y a pas encore de consensus sur le rapport bénéfice–risque de cette technique.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la précision des méthodes de segmentation en TEP/TDM synchronisé et en déduire leurs indications et leurs limites. Pour cela, deux modèles basés sur une segmentation par seuillage directement utilisables sur une console clinique ont été étudiés. Les limites de validité de ce type d'approche lors d'acquisitions synchronisées ont été déterminées sur fantôme mobile en fonction du signal sur fond (S/F), de l'amplitude du mouvement et de la taille des tumeurs. Enfin, une synthèse des résultats permet d'établir les modalités et domaines d'utilisation de ces techniques pour des acquisitions synchronisées à la respiration en TEP/TDM sur patient.

## 2. Matériels et méthodes

Un fantôme de calibration IEC 61675-1 (PTW, Freiburg, Allemagne) de 9,91 L rempli d'eau est utilisé. Le fantôme est équipé d'un couvercle de six sphères calibrées ( $D_{50} = 37,1 ; 27,5 ; 21,9 ; 17 ; 12,9 ; 9,6$  mm). Les sphères ont été remplies de 40 kBq/mL de FDG pour simuler l'activité caractéristique mesurée pour des tumeurs pulmonaires [19]. Le corps du fantôme a été rempli de FDG afin d'obtenir des rapports S/F de 3,5 ; 5 ; 7,3 ; 9 ; 10,4 et 20,4 pour simuler différents environnements. Des rapports S/F d'environ 3 ; 5 ; 10 et 20 sont observés à l'institut Claudius-Regaud pour les tumeurs localisées au foie/diaphragme, médiastin et poumon, respectivement.

Les images TEP/TDM sont corrélées avec le mouvement respiratoire grâce à un système appelé Real time Position Management (RPM) (Varian Medical Systems, Palo Alto, États-Unis). Ce dispositif mesure grâce à une caméra infrarouge le déplacement d'un boîtier comportant deux marqueurs luminescents posés sur l'abdomen du patient (Fig. 1a). L'amplitude de déplacement de l'abdomen liée à la respiration est ainsi évaluée. L'envoi et la réception de signaux entre la console et le RPM permettent de synchroniser temporellement les images TDM et TEP avec l'amplitude de déplacement. Afin de simuler un examen patient synchronisé, le fantôme a été placé sur une plateforme (QUASAR, Modus Medical Devices, Ontario,

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4244238>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4244238>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)