



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr : **BARDANE Adil**

Soutiendra : **le 21/11/2020 à 10H**

Lieu : **Centre Visio Conférence**

Une thèse intitulée :

Modélisation et simulation Monte Carlo du mouvement respiratoire en tomographie par émission de positron 3D

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)

Spécialité : Informatique et Modélisation

Devant le jury composé comme suit :

	NOM ET PRENOM	GRADE	ETABLISSEMENT
Président	Pr. KARIM Mohamed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Directeur de thèse	Pr. TAJMOUATI Jaouad	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Co-Directeur de thèse	Pr. MAGHNOUJ Abdelmajid	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Rapporteurs	Pr. EL HAJJAJI Otman	PES	Faculté des Sciences -Tetouan
	Pr. EL MAHJOUB Chakir	PES	Faculté des Sciences - Kénitra
	Pr. DADOUCH Ahmed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Membre	Pr. GUESSOUS Najib	PES	Ecole Nationale Supérieure - Fès
Invitée	Pr. SEBIHI Rajaa	PA	Faculté des Sciences– Rabat
Invité	Pr. BENABOUD Zakariae	Dr	Service de Radiologie CHU HASSAN II- Fès

Résumé :

La dégradation des images causée par les mouvements respiratoires est un sujet de souci dans l'imagerie clinique par tomographie par émission de positrons (TEP). La compensation du mouvement respiratoire nécessite un capteur de mouvement précis ou une méthode compliquée basée sur des données. Cette thèse décrit deux nouvelles méthodes pour la synchronisation et la correction des mouvements respiratoires qui s'appuient sur les informations du flux de données en mode liste. Les méthodes sont basées sur une hypothèse proposée selon laquelle la sensibilité géométrique varie le long de l'axe z d'un scanner TEP 3D et peut être utilisée pour compenser le mouvement respiratoire. Cette hypothèse a été développée dans deux axes : Synchronisation de Sensibilité Géométrique (SSG) pour la compensation du mouvement respiratoire et Correction de Sensibilité Géométrique (CSG)

pour la correction du mouvement respiratoire.

Pour tester l'hypothèse proposée, deux étapes ont été effectuées dans le cadre de cette thèse : la simulation et la validation. Les simulations ont été réalisées à l'aide des logiciels Geant4 Application for Tomographic Emission (GATE) et NURBs-Based Cardiac Torso (NCAT) pour simuler respectivement le scanner Siemens *ECATExcat HR+* et le mouvement respiratoire.

Les simulations ont été réalisées à l'aide des logiciels Geant4 Application for Tomographic Emission (GATE) et NURBs-Based Cardiac Torso (NCAT) pour simuler respectivement le scanner Siemens *ECATExcat HR+* et le mouvement respiratoire.

Les données des patients, avec ou sans tumeur, ont été collectées et une validation de référence a été effectuée. Toutes les données ont été collectées dans format de données en mode liste, qui peut être trié en une séquence d'images. Ensuite, les hypothèses spécifiques proposées SSG et CSG ont été appliquées respectivement aux images triées.

Les validations de simulation consistent en une validation géométrique du fantôme et une validation voxélisée du fantôme. La validation géométrique a été mise en oeuvre en utilisant un fantôme cylindrique avec une oscillation sinusoïdale connue. Cette oscillation a été utilisée comme représentation d'un simple mouvement respiratoire. Lorsque le SSG et le CSG ont été appliqués aux données triées en mode liste, il a été démontré qu'ils étaient capables de synchroniser et de corriger le mouvement. Pour une simulation plus réaliste du mouvement respiratoire, des fantômes voxélisés générés par le NCAT ont été importés dans GATE et utilisés pour valider le SSG et le CSG, et ont donné des indications encourageantes pour l'application de la synchronisation et de la correction du mouvement respiratoire. Ces deux méthodes présentent d'autres avantages :

- 1 Aucun dispositif matériel supplémentaire n'est nécessaire.
- 2 Ils n'utilisent que des données en mode liste et sont non invasifs .
- 3 Il n'y a pas de charge d'acquisition .
- 4 Aucune préparation supplémentaire du patient n'est nécessaire .

Cette thèse démontre l'hypothèse proposée d'utiliser les propriétés géométriques de sensibilité d'un Scanner TEP ECAT Excat *HR+* 3D pour la compensation des mouvements respiratoires et prouve cette hypothèse à l'aide de résultats à partir d'études simulées

Mots clés :

Sensibilité Géométrique, PET-3D, Excat ECAT *HR+*, Monte Carlo, GEANT4, GATE-8.2, et Compensation du Mouvement

MODELING AND MONTE CARLO SIMULATION OF RESPIRATORY MOTION IN 3D POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY

Abstract:

Image degradation caused by respiratory movements is a concern in clinical positron emission tomography (PET) imaging. Breathing motion compensation requires an accurate motion sensor or a complicated data-based method. This thesis outlines two methods for the synchronization and correction of respiratory movements based on list mode data stream information. The methods are based on a proposed hypothesis that geometric sensitivity changes along the z-axis of a 3D PET scanner and can be applied to compensate for respiratory motion. This hypothesis has been developed along two axes: Geometric Sensitivity Synchronization (SSG) for the compensation of the respiratory movement and Geometric Sensitivity Correction (CSG) for the correction of the respiratory movement. To test the proposed hypothesis, two steps were taken in the framework of this thesis: simulation and validation, using Geant4 Application for Tomographic Emission (GATE), and NURBs-Based Cardiac Torso (NCAT) software to simulate respectively the Siemens ECAT Excat *HR+* scanner and the respiratory motion. Patient data, with and without tumor, have been recorded and have Benchmark validation. Simulations were performed using Geant4 Application for Tomographic Emission (GATE) and NURBs-Based Cardiac Torso (NCAT) software to simulate the Siemens ECAT Excat *HR+* scanner and respiratory motion respectively.

All data were collected in list mode data format, which can be sorted into a sequence of images. Then, the specific hypotheses proposed SSG and CSG were applied respectively to the sorted images. The simulation validations consist of a geometric validation of the phantom and a voxelized validation of the phantom.

The geometric validation was implemented using a cylindrical phantom with a known Sinusoidal oscillation. This oscillation was used as a representation of a simple respiratory movement. When SSG and CSG were applied to the data sorted in list mode, it was shown that they were capable of synchronizing and correcting the motion. For a more realistic simulation of the breathing motion, voxelized phantoms generated by the NCAT were imported into GATE and used to validate the SSG and CSG, and gave positive indications for the application of the synchronization and correction of the breathing motion. These two methods have other advantages:

- 1 No additional hardware devices are required.
- 2 They only use list mode data and are non-invasive.
- 3 There is no acquisition charge.] No additional patient preparation is required.

This thesis demonstrates the proposed hypothesis to use the geometric sensitivity properties of an ECAT Excat *HR+* 3D PET Scanner for the compensation of respiratory movements and proves this hypothesis with results from simulated studies.

Key Words:

Geometric Sensitivity, PET-3D, Excat ECAT +HR, Monte Carlo, GEANT4, GATE-8.2, Compensation, and Motion respiratory.