



**HAL**  
open science

## Monte Carlo software for dose calculation in CT examinations

Camille Adrien, Aurélien Croc, Juan-Carlos García Hernández, Serge Dreuil, Johann Plagnard, Bénédicte Poumarède, Cindy Le Loirec, jean-marc bordy

► **To cite this version:**

Camille Adrien, Aurélien Croc, Juan-Carlos García Hernández, Serge Dreuil, Johann Plagnard, et al.. Monte Carlo software for dose calculation in CT examinations. 53es Journées scientifiques de la SFPM, Société Française de Physique Médicale, Jun 2014, Deauville, France. cea-04071287

**HAL Id: cea-04071287**

**<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/cea-04071287>**

Submitted on 17 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Développement d'un logiciel Monte Carlo pour le calcul de dose en imagerie scanographique

Auteurs : Camille Adrien<sup>1</sup>, Aurélien Croc<sup>1</sup>, Juan-Carlos Garcia-Hernandez<sup>1</sup>, Serge Dreuil<sup>2</sup>, Johann Plagnard<sup>1</sup>, Bénédicte Poumarède<sup>1</sup>, Cindy Le Loirec<sup>1</sup>, Jean-Marc Bordy<sup>1</sup>

Affiliations : <sup>1</sup> CEA, LIST, F-91191 Gif-sur-Yvette, France; <sup>2</sup> Institut Gustave Roussy, Villejuif, France

**Introduction:** L'augmentation significative des examens scanographiques au cours des dernières années a conduit à une augmentation de la dose collective. Malgré un grand nombre d'outils disponibles, la plupart d'entre eux donnent seulement les valeurs d'indice de dose scanographique (IDS), de produit dose-longueur (PDL) et de dose efficace. Afin d'obtenir la dose aux organes, un outil Monte Carlo, PENELOPE-C++, basé sur le simulateur PENELOPE développé par Salvat *et al* a été adapté. Le but final de notre travail est de développer un outil prédictif permettant d'obtenir le meilleur compromis entre une faible dose aux organes et une bonne qualité image.

**Matériel et Méthodes :** Ne disposant que des données fournies dans la note technique du constructeur, nous avons modélisé le scanner GE VCT Lightspeed 64 de l'Institut Gustave Roussy à partir de la méthode expérimentale développée par Turner *et al*. Grâce aux mesures de CDA et de profils, spectres et filtrations équivalents ont été obtenus. Des mesures ont été réalisées en mode fixe avec un détecteur CdTe associé à une technique en cours de développement au LNHB pour obtenir des spectres expérimentaux et valider le modèle du tube. Les rotations axiales et hélicoïdales ont ensuite été implémentées dans le code. Afin d'améliorer l'efficacité de la simulation MC, deux techniques de réduction de variance ont été ajoutées : une circulaire et une transversale. Pour valider l'implémentation, des sinogrammes ont été comparés avec ceux théoriquement attendus. Finalement des mesures ont été faites en tube fixe à l'aide d'une chambre crayon dans un fantôme de PMMA et ont été comparées aux simulations pour différentes positions et protocoles d'acquisition.

**Résultats :** Les spectres équivalents et les spectres mesurés montrent des différences acceptables qui peuvent être attribuées à un mauvais alignement lors des mesures. La forme des filtres papillons sont en adéquation avec leurs utilisations en clinique. Les sinogrammes simulés correspondent à ceux attendus. La comparaison entre les mesures de dose et la dose simulées est bonne, avec des erreurs inférieures à 10% pour les différents types d'acquisitions.

**Conclusion :** Les premières validations obtenues avec le code pour l'estimation de dose en imagerie scanographique sont encourageantes. La validation de la rotation est actuellement en cours pour différents types de fantômes et d'examens.

## Monte Carlo software for dose calculation in CT examinations

**Introduction:** The significant rise of medical imaging exams in the past few years has led to an increase of collective doses. Despite the numerous tools already available, most of them only provide common dose index (CTDI, PDL) and effective dose rather than absorbed dose to organs. To obtain organ doses, a Monte Carlo (MC) tool, PENELOPE-C++, based on the PENELOPE simulator developed by Salvat et al is adapted. Our finale goal is to develop a predictive tool to obtain the best compromise solution for a CT exam exposure between low organ absorbed doses and high image quality.

**Material and Methods:** Due to the lack of information available in the technical note, the GE VCT Lightspeed 64 tube was modeled using the method proposed by Turner et al. Thanks to HVL and profile measurements, equivalent spectra, inherent filtrations and bowtie filter shapes are obtained. Measurements were then performed in static mode with a CdTe detector associated with an unfolding method developed by the LNHB to achieve experimental spectra and validate the tube model. Ultimately, the axial and helical rotation was implemented in the MC tool. To improve the efficiency of the simulation, two variance reduction techniques were used: a circular and a translational splitting. To validate the calculation, simulated sinograms are compared with the expected ones and the particle distribution along the gantry path is checked. The MC tool and the X-ray tube model were then validated for dosimetric purposes. Measured doses were first obtained in a static mode with a calibrated pencil ionization chamber in a PMMA phantom and compared with simulations. Validations for rotational modes are in progress.

**Results:** Computed and measured spectra show acceptable discrepancies attributable to a misalignment during measurements. Bowtie filter shapes are in agreement with theoretical expectations. The geometric validations are consistent with the theoretical expectations. Comparisons between measured and simulated integrated doses are good enough, with less than 6% discrepancies for all different acquisition parameters.

**Summary:** The first validations obtained for the use of PENELOPE-C++ for CT dose estimations are encouraging. The validation of the rotation motion implementation is part of ongoing research on several phantoms and for several examination procedures in CT exams.