Parallélisation et validation dosimétrique des codes Monte-Carlo PENELOPE et PENFAST

Bouchra Habib, François Tola, jean-marc bordy, Bénédicte Poumarède

▶ **To cite this version:**

Bouchra Habib, François Tola, jean-marc bordy, Bénédicte Poumarède. Parallélisation et validation dosimétrique des codes Monte-Carlo PENELOPE et PENFAST. Symposium sur les Systèmes de Planification des Traitements par Monte Carlo (Symposium IGR - 2008), Aurélie Isambert, Institut Gustave Roussy; Jean Barthe, CEA-LIST, Apr 2008, Villejuif, France. cea-02562699

HAL Id: cea-02562699

https://cea.hal.science/cea-02562699

Submitted on 4 May 2020

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.

PARALLÉLISATION ET VALIDATION DOSIMÉTRIQUE DES CODES MONTE-CARLO PENELOPE ET PENFAST

Bouchra HABIB, François TOLA, Jean-Marc BORDY, Bénédicte POUMARÈDE
CEA-LIST, CEA/Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Introduction : Les systèmes de planification de traitement (TPS) utilisant des méthodes numériques classiques, sont rapides mais peu précis notamment lorsque la tumeur est située dans des zones proches d'hétérogénéités comme les poumons ou les os. Depuis plusieurs années, le recours aux méthodes Monte-Carlo (MC) dans les TPS se heurte à une impossibilité liée aux temps de calcul nécessaires pour obtenir la précision requise sur la dose calculée dans des configurations complexes inhérentes aux nouvelles techniques de radiothérapie.
Pour répondre à cet enjeu, le Département des Technologies du Capteur et du Signal (DETECS) du CEA/Saclay mène la présente étude dans le cadre du projet ANR TELEDOS [1]. L'objet de ce projet est l'introduction du code de calcul MC PENFAST dans le TPS ISOgray de DOSISOFT afin d'améliorer l'incertitude sur la dose calculée pour atteindre moins de 2% dans le champ de traitement en moins de 10 minutes. Dans cette approche, notre travail concerne la parallélisation et la validation dosimétrique des codes de calcul MC PENELOPE [2] et PENFAST.

Matériels et méthodes : Pour réduire le temps de calcul, la méthode dite de l'espace des phases, a été utilisée. Cette méthode consiste à diviser la simulation du transport des particules en deux étapes. La première étape consiste en une modélisation et une simulation fine du transport des particules e^-, e^+, γ dans la tête de l'accélérateur. Leurs caractéristiques sont enregistrées lorsqu'elles traversent un plan positionné à la sortie de la tête de l'accélérateur et constituent l'espace des phases. Cette première étape est calculée à l'aide du code PENELOPE-2006. Ce plan d'espace des phases est utilisé dans un second temps, comme source d'irradiation secondaire et les particules sont suivies au sein du patient et/ou de l'objet voxélisé pour le calcul des distributions de dose. Cette deuxième étape est réalisée à l'aide du code PENFAST. PENFAST utilise une physique optimisée pour la gamme d'énergie et les matériaux rencontrés en radiothérapie. Ces deux codes ont été parallélisés à l'aide de l'interface parallèle *MPI* [3] et d'un générateur parallèle de nombres aléatoires.
La validation dosimétrique a ensuite été réalisée en comparant des mesures expérimentales aux résultats de simulation d'un faisceau d'électrons de 18 MeV et d'un faisceau de photons de 12 MV issus de l'accélérateur linéaire d'électrons Saturne 43. Les paramètres de l'accélérateur ont été en premier lieu ajustés par la comparaison des profils obtenus en milieu homogène. Des mesures en fantômes hétérogènes (os, poumon) ont ensuite été réalisées pour les deux faisceaux.

Résultats, conclusions et perspectives : Les tests de scalabilité des codes parallèles montrent un gain sur le temps de calcul proportionnel au nombre de processeurs utilisés.
Les distributions de dose calculées sont en bon accord avec les mesures expérimentales aussi bien dans le fantôme homogène que dans les fantômes hétérogènes. Pour cette étude, l'incertitude associée aux mesures est inférieure à 0.6% (1σ) et l'incertitude statistique des calculs MC est inférieure ou égale à 1% (1σ) pour les régions de fortes doses.

L'étude menée jusqu'à présent a permis de mettre en évidence les performances des codes MC PENELOPE et PENFAST, moyennant leur parallélisation avec l'interface parallèle *MPI* et leur validation en conditions métrologiques en présence d'hétérogénéités. La prochaine étude, indispensable, sera la validation en conditions cliniques du code PENFAST intégré dans le TPS.

Références

[1] Le projet TELEDOS (convention ANR05RNTS01301) regroupe 7 partenaires: Bull, CEA-LIST, Dosisoft, Institut Gustave Roussy, Institut Curie, Centre Alexis Vautrin, Centre Antoine Lacassagne
[2] F. Salvat , J.M. Fernandez-Varea, J. Sempau, *PENELOPE, a code system for Monte Carlo simulation of electron and photon Transport*, University of Barcelona, June 2006
[3] "MPI-2: Extensions to the Message Passing Interface", Message Passing Interface Forum, July 1997