

**М. Беншейх<sup>1\*</sup>, А. Магхнудж<sup>2</sup>, Д. Таджмуаті<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Кафедра фізики, факультет наук і технологій Мохаммедія, університет Касабланки Хасана II, Мохаммедія, Марокко*

<sup>2</sup> *Лабораторія LISTA, кафедра фізики, науковий факультет Дхар Ель-Махраз, університет Сіді Мохамед Бен Абделлах, Фес, Марокко*

\*Відповідальний автор: bc.mohamed@gmail.com

## **МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ФОТОННОГО ПУЧКА ЗАЛЕЖНО ВІД ТОВЩИНИ ПОВІТРЯНОГО ПРОМІЖКУ МІЖ ВИХОДОМ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА І ШКІРОЮ ПАЦІЄНТА В РАДІОТЕРАПІЇ**

Лінійні прискорювачі використовуються при лікуванні променевою терапією, і вдосконалення відповідних технологій забезпечує високу якість дозиметрії, яку слід зберегти для високої ефективності терапії. Однак чи змінює повітряний проміжок між вихідним вікном прискорювача та шкірою пацієнта фізичні властивості фотонного пучка? Завданням цього дослідження є оцінка зміни фізичних властивостей фотонного потоку залежно від товщини проміжку. Повітряний проміжок при виході з прискорювача є останнім матеріалом на шляху пучка; він змінює якість пучка на вході в шкіру пацієнта. За допомогою Монте-Карло коду BEAMnrc було промодельовано вихід прискорювача Varian Clinac 2100 та повітряний проміжок до поверхні фантома; номінальна енергія пучка становила 6 МВ. Код BEAMDP використовувався для обчислення потоку фотонів. Потік ослаблюється до 6 разів залежно від товщини проміжку; крім того, при збільшенні товщини збільшується забруднення пучка розсіяними фотонами та електронами. Таким чином, повітряний проміжок погіршує якість пучка. Щоб усунути забруднення та зберегти загальну якість фотонного пучка, число актів взаємодії фотонів з атомами повітря від виходу з прискорювача і до шкіри пацієнта повинно бути якомога меншим; це забезпечить більш високу якість лікування глибоких пухлин променевою терапією.

*Ключові слова:* повітряний проміжок, вихід лінійного прискорювача, моделювання методом Монте-Карло, якість фотонного пучка, програма BEAMnrc.

**Mohamed Bencheikh<sup>1\*</sup>, Abdelmajid Maghnouj<sup>2</sup>, Jaouad Tajmouati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Physics Department, Faculty of Sciences and Technologies Mohammedia, Hassan II University of Casablanca, Mohammedia, Morocco*

<sup>2</sup> *LISTA Laboratory, Physics Department, Faculty of Sciences Dhar El-Mahraz, University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco*

\*Corresponding author: bc.mohamed@gmail.com

## **MONTE CARLO-BASED ANALYSIS OF THE PHOTON BEAM FLUENCE WITH AIR GAP THICKNESS BETWEEN LINAC HEAD EXIT WINDOW AND PATIENT'S SKIN IN RADIOTHERAPY TREATMENTS**

Linear accelerators (Linac) are used in radiation therapy treatment and its technology improvement ensures high dosimetry quality that should be conserved for high radiotherapy efficiency. However, does the air gap between the exit window of Linac head and patient's skin alters the physical properties of the photon beam? The objective of this study is to assess the physical properties changes of photon beam fluence according to air gap thickness under the Linac head. The air gap under the Linac head is the last material in the photon beam path; it induces alterations in the beam quality before reaching the patient's skin. The Varian Clinac 2100 head and the air gap up to the phantom surface are modelled using Monte Carlo BEAMnrc code; the nominal beam energy is 6 MV. The BEAMDP code is used to extract the photon fluence. The photon beam fluence is affected by the air gap under Linac head and decreases by six times due to the photon beam attenuation with air gap thickness; in addition to increasing of beam contamination by scattered photons and electrons. Thus, the air gap induces the beam quality deterioration which is evaluated in terms of photon fluence with air gap thickness. To remove the particles contaminations and conserve integrally the photon beam quality, the number of the photon interactions with air atoms should be as low as possible under Linac head up to patient's skin and ensure a higher quality of the radiotherapy treatment of deep tumour.

*Keywords:* air gap, Linac head, Monte Carlo simulation, photon beam quality, BEAMnrc code.

### REFERENCES

1. M. Bencheikh, A. Maghnouj, J. Tajmouati. Energetic Properties' Investigation of Removing Flattening Filter at Phantom Surface: Monte Carlo Study using BEAMnrc Code, DOSXYZnrc Code and BEAMDP Code. [PEPAN Letters 14\(6\) \(2017\) 921.](#)

2. M. Bencheikh et al. Electron contamination fluence evaluation of flattening filter free (FFF) configuration of Linac head. [Annals of University of Craiova Physics 28 \(2018\) 40.](#)
3. M. Bencheikh et al. Photon beam quality study with thickness of air gap under Linac head based on maximum fluence rate investigation at the beam edge. [Annals of University of Craiova Physics 28 \(2018\) 31.](#)
4. Eeva Boman et al. Monte Carlo investigation on the effect of air gap under bolus in post-mastectomy radiotherapy. [Physica Medica: European Journal of Medical Physics 55 \(2018\) 82.](#)
5. M. Molazadeh et al. Dosimetric characteristics of LinaTech DMLC H multi leaf collimator: Monte Carlo simulation and experimental study. [Journal of Applied Clinical Medical Physics 18\(2\) \(2017\) 113.](#)
6. F. Verhaegen, J. Seuntjens. Monte Carlo modelling of external radiotherapy photon beams. [Phys. Med. Biol. 48 \(2003\) 107.](#)
7. M. Bencheikh, A. Maghnouj, J. Tajmouati. Study of photon beam dosimetry quality for removing flattening filter Linac configuration. [Annals of University of Craiova Physics 27 \(2017\) 50.](#)
8. A. Didi et al. Monte Carlo simulation of thermal neutron flux of americium-beryllium source used in neutron activation analysis. [Moscow University Physics Bulletin 72\(5\) \(2017\) 460.](#)
9. P. Gonias et al. Monte Carlo simulation of a 6 MV varian LINAC photon beam using GEANT4-GATE code. [Physica Medica: European Journal of Medical Physics 32\(3\) \(2016\) 333.](#)
10. J.P. Seuntjens et al. Absorbed-dose beam quality conversion factors for cylindrical chambers in high energy photon beams. [Medical Physics 27 \(2000\) 2763.](#)
11. T.U. Uddin. Quality control of modern linear accelerator: dose stability long and short-term. [Proc. of IPAC \(New Orleans, Louisiana, USA, 2012\) p. 2660.](#)
12. K. Smith et al. AAPM Medical Physics Practice Guideline 8.a.: Linear accelerator performance tests. [Journal of Applied Clinical Medical Physics 18\(4\) \(2017\) 23.](#)
13. M. Bencheikh, A. Maghnouj, J. Tajmouati. Dosimetry Investigation and Evaluation for Removing Flattening Filter Configuration of Linac: Monte Carlo Study. [Moscow University Physics Bulletin 72\(6\) \(2017\) 640.](#)
14. M. Bencheikh et al. Analysis of stabilization of photon beam softening with off-axis distance for filtration system enhancement to increase dosimetry in radiotherapy. [Journal of King Saud University - Sciences 32\(1\) \(2020\) 595.](#)
15. D.W.O. Rogers, B. Walters, I. Kawrakow. BEAMnrc User's Manual. [NRCC Report PIRS-0509 \(Ottawa, 2013\).](#)
16. D.A. Low et al. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. [Medical Physics 25 \(1998\) 656.](#)
17. D.A. Low, J.F. Dempsey. Evaluation of the gamma dose distribution comparison method. [Medical Physics 30\(9\) \(2003\) 2455.](#)
18. M. Bencheikh, A. Maghnouj, J. Tajmouati. Percentage depth dose fragmentation for investigating and assessing the photon beam dosimetry quality. [Journal of Radiotherapy in Practice 18\(3\) \(2019\) 280.](#)
19. [Technical Reports Series No. 430. Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer \(Vienna: IAEA, 2004\).](#)
20. [IAEA-TECDOC-1540. Specification and Acceptance Testing of Radiotherapy Treatment Planning Systems \(Vienna: IAEA, 2007\).](#)
21. M. Bencheikh et al. Validation of Monte Carlo simulation of linear accelerator using BEAMnrc code and DOSXYZnrc code. [PEPAN Letters 14\(5\) \(2017\) 780.](#)
22. B. Kadman et al. Consistency check of photon beam physical data after recommissioning process. [Journal of Physics: Conference Series 694 \(2016\) 012023.](#)
23. C.M. Ma, D.W.O. Rogers. BEAMDP User's Manual. National Research Council of Canada. [NRCC Report \(Ottawa, 2013\).](#)
24. A. Gray, L.D. Oliver, P.N. Johnston. The accuracy of the pencil beam convolution and anisotropic analytical algorithms in predicting the dose effects due to attenuation from immobilization devices and large air gaps. [Medical Physics 36\(7\) \(2009\) 3181.](#)
25. J.B. Martin et al. Effects on skin dose from unwanted air gaps under bolus in photon beam radiotherapy. [Radiation Measurements 32\(3\) \(2000\) 201.](#)

Надійшла/Received 30.01.2019