**Contribution aux exercices de prospective 2020-2030**

***Contribution to the 2020-2030 prospective reflection***

**Sciences Nucléaires et Vivant**

*Nuclear Science and Health*

**Description détaillée de la contribution**

*Detailed description of contribution*

**Indiquer les objectifs scientifiques (2 pages max. avec figures)**

***Please indicate science objectives (2 pages max. including figures)***

Vers la TEP à temps-de-vol à 10 ps

*Toward 10 ps time-of-flight PET*

Mathieu Dupont, Yannick Boursier, David Brasse, Frédéric Boisson, Laurent Ménard, Dominique Breton, Sara Marcatilli, Christian Morel

Merci de préciser le positionnement des objectifs dans l’état de l’art (échelle internationale) ainsi que les liens avec des projets existants et/ou futurs.

*Please include description of motivation against (international) state-of-the-art, as well as links to other projects (existing or foreseen).*

Depuis les années 70, la tomographie par émission de postions (TEP) est devenue un outil d’imagerie moléculaire doté d’une sensibilité picomolaire sans égale, particulièrement pour le diagnostic du cancer et le suivi de la réponse au traitement. Néanmoins, de nombreux défis médicaux, en particulièrement pour la médecine personnalisée, appellent à améliorer la sensibilité de cette modalité d’imagerie en médecine nucléaire. Un meilleur rapport signal-sur-bruit (SNR) dans l’image permettrait alors de détecter des tumeurs de petites tailles. De même, la demande pour réduire les doses de rayonnement sans toucher à la qualité des images est très forte.

Il existe typiquement trois façons d’améliorer la sensibilité des caméras TEP : améliorer l’efficacité de détection, améliorer l’acceptance géométrique du système d’imagerie et améliorer les performances en temps du détecteur. Actuellement, une pré-localisation de l’annihilation électron-positon le long de la ligne de réponse donnée par la détection d’une paire de photons d’annihilation est possible grâce à la mesure de la différente de temps de détection entre les deux photons ou TOF pour *Time-Of-Flight*, dont la précision est donnée par la résolution en temps de la coïncidence ou CTR pour *Coincidence Time Resolution*. Ce faisant, le SNR est proportionnel à la racine carrée de la CTR :

où est le diamètre du champ-de-vue et la vitesse de la lumière dans le vide. Les caméras TEP commerciales ont introduit la mesure du TOF avec un CTR de 500 ps FWHM environ, puis plus récemment 214 ps FWHM pour la caméra Biograph Vision de Siemens [3], ce qui se traduit par une amélioration du SNR de l’image par un facteur 2,3 et 3,5, respectivement. Un CTR de 10 ps permettrait ainsi de reconstruire directement une distribution d’activité en trois dimensions d’un radio-pharmaceutique émetteur de positons avec une résolution millimétrique pratiquement sans inversion tomographique [4].

Sur la base de ces observations, la collaboration *Crystal Clear* du CERN a proposé de lancer un défi sur la TEP à temps-de-vol à 10 ps (<https://the10ps-challenge.org/>) afin de stimuler la R&D dans ce domaine. L’Association Européenne de Médecine Nucléarie (EANM) a récemment donné son accord de principe pour héberger ce défi, ce qui devrait permettre d’aboutir à deux prix incitatifs venant récompenser d’une part les trois meilleures performances démontrées lors d’une semaine de démonstration qui pourrait être organisée au CERN à l’horizon 2023 et d’autre part la première équipe réussissant à faire la démonstration d’un dispositif expérimental avec un CTR ≤ 10 ps FWHM et à séparer les cylindres de 1,6 mm de diamètre d’un fantôme de résolution uniquement par la mesure de temps-de-vol, sans inversion tomographique.

L’objectif de cette contribution au GT10 est de considérer l’opportunité de constituer une activité de R&D concertée au niveau national dans le but de relever ce défi.

[1] D.L. Snyder, L.J. Thomas and M.M. Terpogossian, “A mathematical-model for positron-emission tomography systems having time-of-flight measurements,” *IEEE Trans Nucl Sci*, vol. 28, no. 3, pp. 3575-3583, 1981.

[2] T.F. Budinger, “Time-of-flight positron emission tomography - status relative to conventional PET,” *J Nucl Med*, vol. 24, no. 1, pp. 73-76, 1983.

[3] J.J. van Sluis, J. de Jong, J. Schaar, W. Noordzij, P. van Snick, R. Dierckx, R. Borra, A. Willemsen, and R. Boellaard, “Performance characteristics of the Digital Biograph Vision PET/CT system,” *J Nucl Med*, vol. 60, no. 7, pp. 1031-1036, 2019. doi: 10.2967/jnumed.118.215418.

[4] P. Lecoq, C. Morel, J.O. Prior, D. Visvikis, S. Gundacker, E. Auffray, P. Križan, R. Martinez-Turtos, D. Thers, M. Benoit, E. Charbon, J. Varela, C. de La Taille, A. Rivetti, D. Breton, J.-F. Pratte, J. Nuyts, S. Surti, S. Vandenberghe, P. Marsden, K. Parodi, J. Maria Benlloch, “Roadmap toward the 10 ps time-of-flight PET challenge,” roadmap article submitted to *Phys Med Biol*, 2019.

\*

**Merci de renvoyer ce document à** [PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR](mailto:PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR) **avant le   
1er novembre 2019**

**Please send this document to** [PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR](mailto:PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR) **before   
november 1st, 2019**