

Gilles DOLIVET, Annelise MOUROT

## Imagerie per opératoire utilisant le $^{18}\text{F}$ FDG

La chirurgie d'exérèse des tumeurs est un enjeu majeur dans le traitement des cancers. La capacité à identifier précisément les marges de la tumeur est décisive pour réduire les risques de récurrence et améliorer les résultats de la chirurgie. La tomographie par émissions de positons avec le 2-désoxy-2- $^{18}\text{F}$ -D-glucose (FDG) intégrée à la tomodensitométrie est un outil puissant pour la détection de cancers (1). Le FDG a la propriété de s'accumuler dans les cellules tumorales en raison d'une augmentation de leur activité glycolytique ; elle est la molécule actuellement la plus couramment utilisée comme traceur en oncologie (2).

L'utilisation de fluorodésoxyglucose ( $^{18}\text{F}$ FDG) a abouti à deux voies originales permettant de qualifier les marges en peropératoire. C'est dans ce contexte que deux sociétés, la société belge de technologie médicale XEOS et la société française Beams ont développé des dispositifs médicaux innovants pour faciliter la résection chirurgicale des cellules tumorales. Ces deux systèmes sont complémentaires, le premier permettant de détecter les amas macroscopiques et le second les amas microscopiques.

AURA 10 PET-CT de XEOS est un imageur d'échantillons PET-CT (tomographie par émission de positons) conçue pour les salles d'opérations ; il intègre l'imagerie moléculaire TEP et la tomographie 3D dans un chariot compact. Il permet de cartographier le tissu ciblé en une seule procédure en quelques minutes seulement après la résection de la pièce opératoire (3). Le scanner a reçu en avril 2022 le marquage CE (4).

La faisabilité et la preuve de concept de la TEP à haute résolution pour l'imagerie des radionucléides marqués au  $^{18}\text{F}$ FDG dans les échantillons réséqués de tumeurs des voies aérodigestives supérieures ont été montrés dans l'étude de Debacker et al. (3). En effet, les résultats de cette étude démontrent le potentiel de l'imagerie TEP *ex vivo* dans l'évaluation des marges qui permettrait une compréhension plus détaillée de la captation du  $^{18}\text{F}$ FDG dans les tumeurs malignes. La faisabilité de l'utilisation de l'imageur PET-CT est actuellement évaluée dans la chirurgie conservatrice du sein (5, 6).



Figure 1 et 2 : Imageur AURA 10 PET- CT de XEOS

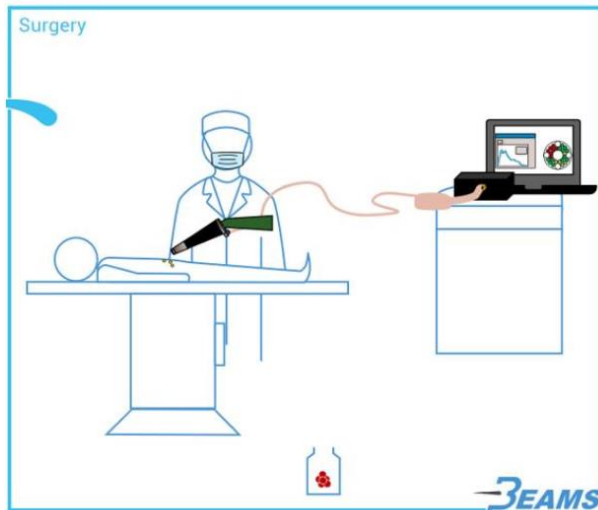
Le dispositif TRIOP® de Beams est actuellement en développement. Il vise à faciliter la résection chirurgicale des cellules tumorales en temps réel en peropératoire. La détection *in situ* repose sur la mesure de la concentration des radiomarqueurs émetteurs de positons au niveau des marges de la tumeur. Pour détecter les positons, la sonde utilise des fibres claires et scintillantes permettant de créer de la lumière lorsqu'elles sont exposées à des radiations couplées à un système de photodétection (7).

Ce système permettrait de déterminer *in situ* la qualité des marges de l'exérèse sans pratiquer de recoupe supplémentaire, améliorant ainsi l'efficacité de la chirurgie et réduisant les risques de récurrence (8). Les techniques classiques utilisées en peropératoire ne permettent pas d'identifier précisément l'extension des tumeurs et des marges de résection. En effet, la méthode d'imagerie utilisée pour mesurer la distribution des radiopharmaceutiques est la tomographie d'émission positon (TEP) localise les rayons gamma à l'aide d'un détecteur placé à l'extérieur du corps. Les rayons gamma sont émis lors de la disparition des positons (9).

Ce type de dispositif peut être utilisé afin d'affiner la résection des gliomes. (10, 11). Des résultats prometteurs de Bogalhas *et al.* [11] suggèrent que les caractéristiques du système sont compatibles avec la localisation *in situ* de tumeurs résiduelles radiomarquées.

Figure 3 : Dispositif TRIOP® de Beams

Il est à noter que d'autres systèmes permettent de détecter des cellules cancéreuses isolées.



DYAMEO, une entreprise française, développe des sondes endoscopiques à usage unique pour la détection instantanée de cellules cancéreuses.

Ces deux dispositifs médicaux innovants et complémentaires, le dispositif TRIOP® de Beams et l'imageur AURA 10 PET-CT de Xeos, offrent des possibilités remarquables pour améliorer l'efficacité de la chirurgie d'exérèse des tumeurs et réduire les risques de récurrence. Ces deux dispositifs médicaux pourraient être utilisés de manière combinée à l'avenir. En effet, le système Xeos permet

de juger de la qualité d'exérèse dans le champ opératoire en trois dimensions en temps réel au bloc opératoire et Beams permet l'identification millimétrique d'amas cellulaires dans les berges. De plus les images peuvent être envoyées en temps réel aux pathologistes et aux radiologues. Cependant, il est important de noter que ces développements sont encore en cours et qu'il est nécessaire d'attendre les résultats des études cliniques pour évaluer l'efficacité réelle de ces dispositifs et leur impact sur les soins des patients atteints de cancer. Les inconvénients de ce type de dispositifs médicaux reposent dans les mesures de radioprotection.

## Références

1. Almuhaideb A, Papatthanasidou N, Bomanji J. 18F-FDG PET/CT Imaging In Oncology. Ann Saudi Med 2011; 31(1): 3-13.
2. Tomographie par Emission de Positons (TEP) au FDG et cancer du sein – Académie nationale de médecine | Une institution dans son temps [Internet]. [cité 23 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/tomographie-par-emission-de-positons-tep-au-fdg-et-cancer-du-sein/>
3. Debacker JM, Schelfhout V, Brochez L, Creytens D, D'Asseler Y, Deron P, et al. High-resolution 18F-FDG PET/CT for assessing three-dimensional intraoperative margins status in malignancies of the head and neck, a proof-of-concept. J Clin Med 2021; 10(16): 3737.
4. European regulators approve PET/CT system from Xeos [Internet]. AuntMinnieEurope.com. [cité 26 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.auntminnieeurope.com/index.aspx?sec=ser&sub=def&pag=dis&ItemID=621345>
5. Sande LV de, Menekse G. Peri-operative 18F-FDG-PET-CT specimen imaging for margin assessment in breast malignancies: a proof-of-concept study. Eur J Surg Oncol 2022; 48(2): e87.
6. Taylor F, Fiona H, Munnoch A, Pitsinis V, Vinci A, Macaskill J. 8-year outcomes following oncoplastic therapeutic mastoplastic with contralateral symmetrisation for early breast cancer from a single centre. Eur J Surg Oncol 2022; 48(2): e86-7.
7. Verdier MA, Spadola S, Pinot L, Esnault C, Charon Y, Duval MA, et al. Gamma-background

- rejection method for a dual scintillator positron probe dedicated to radio-guided surgery. Nucl Instrum Methods Phys Res Sect Accel Spectrometers Detect Assoc Equip 2018; 912: 315-9.
8. Spadola S, Verdier MA, Pinot L, Esnault C, Dinu N, Charon Y, et al. Design optimization and performances of an intraoperative positron imaging probe for radioguided cancer surgery. J Instrum 2016; 11(12): P12019.
  9. Hudin N. Développement de nouvelles sondes per-opératoires positon pour guider la chirurgie des tumeurs solides. Autre [cond-mat.other]. Université Paris Sud - Paris XI, 2013. Français. ffNNT : 2013PA112207ff. fftel-00906756f.
  10. Bogalhas F, Charon Y, Duval MA, Lefebvre F, Palfi S, Pinot L, et al. Development of a positron probe for localization and excision of brain tumours during surgery. Phys Med Biol 2009; 54(14): 4439-53.
  11. Bogalhas F, Menard L, Bonzom Sé, Palfi S, Siebert R, Duval MA, et al. Physical performance of an intraoperative beta probe dedicated to glioma radioguided surgery. IEEE Trans Nucl Sci 2008; 55(3): 833-41.