

Guide pour la rédaction de protocoles pour la Tomographie par Emission de Positons (TEP) au [18F]-Fluorodéoxyglucose (¹⁸F-FDG) en Oncologie

Rédaction : Société Française de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire (SFMN)

Version : 2.0

Date de dernière mise à jour: 06/10/2016

Responsables de la rédaction : AL. Cazeau, E. Hindié

Membres du groupe de rédaction : G. Bonardel, S. Buj, A. Cochet, F. Courbon, AL. Giraudet, D. Groheux, N. Houédé, E. Itti, J. Miguel, F. Montravers, PY. Salaun

Membres du comité de validation : Bureau SFMN

Date de ratification par le Conseil d'Administration : 06/10/2016

Adresse Internet où le protocole peut être chargé : www.sfmn.org

But du guide: Aider les responsables et le personnel des services de médecine nucléaire français à rédiger les protocoles et modes opératoires de réalisation des examens. Ce guide a été rédigé en conformité avec les directives EURATOM du conseil de l'Union Européenne en particulier la directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013, le code de la Santé Publique, la jurisprudence française sur l'information des patients, les recommandations des groupes de travail français, européens et nord-américains, le résumé des caractéristiques des produits (RCP) validé par l'Union Européenne et repris dans la notice pour l'utilisateur distribuée par le fabricant pour chaque médicament radiopharmaceutique disposant d'une AMM.

Mise en garde : Le guide est destiné aux seuls spécialistes de médecine nucléaire. Les recommandations qu'il contient peuvent ne pas s'appliquer au cas particulier de chaque patient. La Société Française de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire décline toute responsabilité quant aux conséquences d'erreurs qui se seraient glissées dans la reproduction ou la transformation de ce document.

I. INFORMATIONS ET DEFINITIONS PREALABLES

La tomographie par émission de positons (TEP) au [18F]-fluorodésoxyglucose (¹⁸F-FDG) est un examen largement utilisé en oncologie. Il s'agit d'un examen non invasif apportant des informations fonctionnelles qualitatives et quantitatives de l'activité métabolique glucidique. Le fluor-18 est un émetteur de positons de période voisine de 110 minutes. Le ¹⁸F-FDG est un médicament radiopharmaceutique analogue du glucose. L'augmentation du transport intracellulaire du glucose et du ¹⁸F-FDG, et l'hypermétabolisme glycolytique qui aboutit à la synthèse et à

l'accumulation du ^{18}F -FDG-6P sont à l'origine de la visualisation des foyers cancéreux lors de l'examen.

La caméra TEP permet de détecter les radionucléides émetteurs de positons. Ses détecteurs localisent par scintillation les deux photons de 511 keV émis simultanément à la suite de la désintégration d'un émetteur de positon. On obtient ainsi des images TEP reconstruites dans les trois plans de l'espace (coupes axiales, sagittales et frontales).

La TEP-TDM permet une exploration large, en routine clinique, l'examen s'étend de la base du crâne (ou du vertex) jusqu'à mi-cuisse. Pour certaines indications ou en fonction des appareillages utilisés, une exploration corps entier est réalisée.

Les caméras TEP récentes sont toutes couplées à un tomodensitomètre à rayons X (TDM). En France, la totalité du parc actuel est constitué de ces instruments hybrides TEP-TDM. La table d'examen est commune mais les 2 imageries sont réalisées de manière séquentielle. L'intérêt de la TDM associée est multiple : - corriger les images TEP de l'atténuation - améliorer la localisation topographique et anatomique - donner accès aux informations radiologiques fournies par le TDM en fonction de la technique utilisée. Les images TEP corrigées de l'atténuation (CTAC pour CT Attenuated Correction) et non corrigées de l'atténuation (NAC pour Non Attenuated Correction) sont lues dans les trois plans, côte-à-côte avec les images TDM et les images fusionnées TEP-TDM.

Le présent guide s'applique à cette modalité. Nous ne traiterons pas des instruments d'anciennes générations (TEP seul, et plus antérieurement caméras TEDC). Le lecteur intéressé peut se référer à la version-1 du guide [1].

Nous ne traiterons pas non plus des technologies récentes de type caméra hybride TEP-IRM dont l'utilisation en France est pour l'instant limitée à des centres de recherche.

Le ^{18}F -FDG est le premier médicament radiopharmaceutique émetteur de positons pour lequel une utilité clinique a été reconnue en France, avec pour conséquence la délivrance d'une première AMM en 1998. Le présent guide se limite aux applications oncologiques de la TEP-TDM au ^{18}F -FDG.

II. INDICATIONS

En fonction du type de cancer et de la performance des autres examens d'imagerie disponibles, l'utilisation de la TEP peut intervenir à différentes étapes de la maladie :

- dans la caractérisation pour aider au diagnostic différentiel entre cancer et affection bénigne lorsque la biopsie comporte un risque comme dans le cas des nodules pulmonaires ;
- pour guider la biopsie d'une lésion suspecte (ou devant une suspicion de transformation d'un lymphome).
- dans le bilan d'extension (stadification) initiale des patients à risque élevé d'atteinte ganglionnaire et surtout de métastases à distance.
- dans l'évaluation de la réponse tumorale en cours de traitement (chimiothérapie, thérapie ciblée ou radiothérapie).
- dans l'évaluation de fin de traitement (pour distinguer une maladie résiduelle de lésions de fibrose).
- dans les cas de suspicion de récurrence (localisation et extension aboutissant à la restadification),

qu'il s'agisse d'une suspicion clinique, biologique liée à une élévation de marqueur, ou devant une anomalie identifiée par un autre examen radiologique.

- dans la recherche du cancer primitif devant une métastase d'origine inconnue.

- enfin, la TEP au ^{18}F -FDG a également pris une place importante dans l'aide à la planification de la radiothérapie externe à travers une meilleure délimitation du volume cible.

Les limites de la TEP au ^{18}F -FDG sont liées à la faible captation par des cancers bien différenciés à faible taux de prolifération et/ou à faible activité glycolytique, comme c'est le cas pour certains types histologiques (adénocarcinome pulmonaire in-situ « ex bronchiolo-alvéolaire » et microinvasif, cancers mucineux digestifs ou gynécologiques, certaines tumeurs endocrines bien différenciées, cancer de la prostate androgéno-dépendant, etc). Les limites peuvent être aussi liées à la taille des lésions (effet de volume partiel), ou aux mouvements respiratoires, avec difficulté par exemple de caractériser les micronodules pulmonaires. Les limites concernent également des tumeurs où le ^{18}F -FDG -6P peut être déphosphorylé et diffuser hors de la cellule maligne (hépatocarcinome en particulier). D'autres lésions cancéreuses posent des problèmes de détection du fait d'une intense fixation physiologique de l'organe comme c'est le cas pour le cerveau, ou d'une gêne à l'interprétation liée à l'élimination physiologique, notamment au niveau urologique.

La TEP-TDM au ^{18}F -FDG peut être envisagée dans toute pathologie maligne. Cependant, il y a des indications où une utilité clinique a été bien documentée. La liste en est évolutive puisque les études se poursuivent dans de nombreuses autres indications. Deux sources listant les indications cliniques majeures ont été historiquement très utiles dans la pratique cancérologique française : l'A.M.M. de 2002 et les "Standards Options Recommandations" (SOR) de la FNCLCC révisés en 2003, puis en 2006 pour certains cancers [2-5]. Plus récemment, les deux sociétés savantes d'imagerie (SFR et SFMN) ont élaboré (sous impulsion de la HAS) le guide de bon usage des examens d'imagerie (GBU) paru en janvier 2013, et donnant selon les organes et les circonstances cliniques, les indications de la TEP en Oncologie [6]. Par ailleurs, l'INCa a publié pour certains cancers des recommandations de prise en charge où la place de la TEP est souvent détaillée. Enfin, d'autres Sociétés Internationales ont effectué un travail de mise à jour des indications de la TEP, comme le RCP/RCR (Royal College of Physicians/The Royal College of Radiologists) au Royaume Uni [7], des sociétés savantes de prise en charge du lymphome [8,9], et la mise à jour régulière des recommandations du NCCN (National Comprehensive Cancer Network) aux Etats-Unis. L'évolution constante des données de la littérature font émerger de nouvelles indications. Toutefois, pour ces nouvelles indications de la TEP, il est souhaitable qu'elle soit validée par une RCP ou par un référentiel local/régional.

III. CONTRE-INDICATIONS

La grossesse constitue une contre-indication relative à la réalisation d'une TEP-TDM au ^{18}F -FDG et la décision est donc intégrée dans le cadre de la balance bénéfique/risque, la dose au fœtus étant de l'ordre d'une dizaine de mSv en dehors de toute procédure d'optimisation [10,11].

IV. REALISATION DE L'EXAMEN

A - Informations souhaitables pour un examen de qualité (*à documenter sur la demande de prise de rendez-vous par l'oncologue et/ou spécialiste d'organe, et à compléter par l'interrogatoire du patient*).

- Quel est le motif de la demande ? Quel est le délai souhaité et le degré d'urgence ?
- Le nom et numéro de téléphone du médecin demandeur.
- Quelle est l'histoire oncologique présente et passée (siège du primitif, histologie, stade TNM clinique et/ou pathologique, traitements effectués).
- Les co-morbidités, dont le diabète et les épisodes infectieux ou inflammatoires, les traitements en cours.
- Si le patient est diabétique, quels sont les traitements pris, et le diabète est-il équilibré ? (*L'hyperglycémie et/ou l'hyperinsulinisme peuvent diminuer les performances diagnostiques de l'examen*).
- Le patient présente-t-il actuellement un épisode infectieux ?
- Quels sont les résultats des derniers examens de laboratoire (évolution de la concentration circulante des marqueurs tumoraux), des examens d'imagerie (vérifier la disponibilité sur le PACS et demander au patient d'apporter les CD-Roms ou clichés des examens réalisés hors centre), des examens cliniques, endoscopiques et des éventuelles biopsies ?
- De quand date la dernière intervention chirurgicale, la dernière séance de chimiothérapie, la dernière séance de radiothérapie, ou de radiologie interventionnelle ? Pour l'évaluation en fin de traitement, il est souhaitable de respecter un délai de 6 semaines après la fin de la chimiothérapie. En fin de radiothérapie un délai minimum de 2 à 3 mois est nécessaire pour s'affranchir de l'inflammation induite. Un délai de 6 semaines post-chirurgie est souhaitable afin de s'affranchir des fixations au niveau du tissu de cicatrisation [11]. Lorsque l'évaluation est menée en cours de traitement, le délai est adapté au type de protocole d'évaluation et de traitement (chimiothérapie, radiothérapie, thérapies ciblées). Sous chimiothérapie, il est souhaitable d'être le plus proche de la cure suivante [8,9], et de respecter au minimum si possible un délai de 10 jours.
- Quels sont les autres traitements reçus récemment par le patient, en particulier les corticoïdes et les facteurs de croissance ?
- Le patient présente-t-il une claustrophobie, ou une altération fonctionnelle notable (oxygène-dépendance, hyperalgie, sédation, trouble des fonctions supérieures, dialyse, incontinence, sondage) et peut-il rester allongé et immobile pendant la durée prévisible de l'examen (~20-40 min) ? Comprend-il le Français ?
- Dans l'éventualité d'une injection de produit de contraste iodé, le patient présente-t-il un terrain allergique ? Quelle est sa fonction rénale (documentée par une créatininémie ou une mesure de clairance de la créatinine) ? Le patient est-il traité par un biguanide (metformine) ?
- Quel est le poids et la taille du patient ? Le poids devrait être vérifié avant chaque examen (modifications possibles au cours du traitement).

B - Information et préparation du patient

Afin d'optimiser la qualité de l'examen, de réduire les risques de mouvement durant l'acquisition et limiter les fixations physiologiques (musculaire, graisse brune, urinaire), l'information donnée au patient lors de la prise de rendez-vous revêt une importance majeure.

- Le patient devra être à jeun depuis au moins 6 heures. Un jeûne plus prolongé précédé d'un repas pauvre en hydrates de carbone et riche en lipides durant les 24 heures précédant l'examen est utile dans certaines indications nécessitant de s'affranchir de la captation myocardique (cf Annexe 3, Régime pauvre en glucide).
- Arrêt également pendant 6h d'une nutrition parentérale ou perfusion contenant du glucose.
- Un repos musculaire de 24 h est souhaitable (6h minimum), le glucose étant consommé par les muscles.
- Il est conseillé au patient de boire abondamment et uniquement de l'eau avant l'injection du médicament radiopharmaceutique et l'examen.
- Les médicaments habituels sont poursuivis, y compris les traitements antalgiques et/ou anxiolytiques, sauf consigne particulière (cf. plus loin paragraphe spécifique concernant les traitements anti-diabétiques).
- Il est nécessaire de rechercher une claustrophobie et d'informer le patient du déroulement de l'examen (et si nécessaire le prémédiquer) pour faciliter l'installation ultérieure sur la table d'examen du TEP-TDM.

Dès l'arrivée dans le service, une vérification de la glycémie capillaire est effectuée. Un glucomètre peut être utilisé. Tout effort doit être déployé au préalable auprès du patient et du clinicien pour que la glycémie soit optimisée le jour de l'examen, de préférence < 7mmol/L, soit 1,25 g/L (cf. préparation du patient diabétique).

Jusqu'à 11 mmol/L (2g/L), l'hyperglycémie à jeun ne présente pas une contre-indication absolue à la réalisation de l'examen [11]. L'attente, associée à une bonne hydratation peut parfois permettre de diminuer la glycémie du patient. Au-delà de 11 mmol/L, il est souhaitable de reprogrammer l'examen, sauf urgence, à discuter avec le prescripteur. Les performances de l'examen peuvent alors être nettement diminuées. L'injection d'insuline peut être discutée. L'injection du ¹⁸F-FDG sera alors réalisée 2 à 3 heures après, en fonction de la voie d'administration de l'insuline à action rapide. Ce délai d'attente est nécessaire car l'injection d'insuline induit une captation musculaire du ¹⁸F-FDG.

En cas d'évaluation de la réponse thérapeutique, les différences de glycémie entre 2 examens peuvent impacter les mesures quantitatives (SUV).

- Durant la phase de préparation, le patient est installé en position allongée ou semi-allongée ne nécessitant pas d'effort musculaire, en confort thermique pour éviter toute activation de la graisse brune, 30 min avant l'injection.
- Une perfusion de chlorure de sodium isotonique (NaCl 9 g/L) est généralement mise en place. La perfusion est placée de préférence au niveau du bras controlatéral à la tumeur (par exemple tumeur du sein) lorsqu'elle est connue. Après l'injection du ¹⁸F-FDG, la perfusion est laissée en place et permet de compléter l'hydratation. Sauf nécessité, il est souhaitable d'éviter une injection par la chambre implantable (CIP, SIEV).
- Après l'injection, le patient doit rester allongé ou semi-assis, au repos strict, en évitant de parler, pendant 60 minutes, temps nécessaire à l'accumulation du ¹⁸F-FDG dans les tissus cibles, en évitant toute fixation musculaire.

La perfusion peut être ensuite retirée sauf en cas d'injection de produit de contraste iodé

conjointement à l'acquisition TDM.

L'acquisition des images démarre 60 min post injection, après miction, vessie vide.

Certaines indications peuvent nécessiter une acquisition à un temps plus tardif.

Préparation du patient diabétique :

En ce qui concerne le patient diabétique de type 2 (DNID, sous traitement oral) :

Un des moyens de gestion est de programmer l'examen TEP en fin de matinée, en respectant le jeûne de 6 h. Le traitement anti diabétique oral peut être poursuivi. Par contre, si une injection de produit de contraste iodée est programmée, il est nécessaire d'arrêter la metformine le jour de l'examen et de ne la reprendre que 48h plus tard, après contrôle de la fonction rénale [12].

En ce qui concerne le patient diabétique insulinodépendant, une consultation est souhaitable avec son médecin avant l'examen TEP pour tenter d'atteindre des valeurs de glycémie normales avant l'étude. L'examen peut être envisagé en fin de matinée /mi-journée ; le patient prend alors son petit déjeuner vers 7h avec son injection d'insuline habituelle, puis il reste à jeun jusqu'à l'examen TEP. L'alternative est de réaliser l'examen tôt le matin ce qui est compatible avec les injections d'insuline lente le soir. Le petit déjeuner sera alors pris après l'examen TEP.

Préparation du patient avec risque prévisible d'activation de la graisse brune :

Il s'agit notamment de patients jeunes et/ou minces et/ou stressés, adressés par exemple pour évaluation de la réponse d'un lymphome agressif, qui présentaient une captation par la graisse brune sur l'examen de base. Un confort thermique est indispensable, en évitant toute exposition au froid une heure avant l'injection du ^{18}F -FDG et pendant la phase de captation. Par ailleurs, une prémédication orale par β -bloquants (propranolol 40 mg oral chez l'adulte, 1 heure minimum avant injection du ^{18}F -FDG), après vérification des contre-indications, peut être proposée [13].

Préparation du patient avec tumeurs pelviennes :

La visualisation de certaines tumeurs des voies urinaires (reins, uretères, vessie) ou proches des voies urinaires (utérus, prostate, ou digestive) peut être gênée par l'hyperactivité des voies excrétrices liée à l'élimination du traceur. Dans ce cas, l'administration de Furosemide (Lasilix) 10 à 40 mg en fonction du poids du patient est efficace pour « diluer » l'activité vésicale et améliorer le contraste tumeur/bruit de fond.

Une acquisition plus tardive peut également permettre de diminuer l'intensité de l'activité urinaire vésicale.

Régime diminuant la fixation myocardique :

Pour certaines indications en oncologie thoracique nécessitant de s'affranchir de la captation myocardique, mais aussi pour des indications non-oncologiques (recherche d'endocardite, sarcoïdose, myocardite, etc.), le jeûne de 6 h peut ne pas être suffisant. Une préparation par un régime pauvre en glucides et riche en protéines peut dans ce cas être prescrit la veille de l'examen (*le myocarde consomme le glucose en concurrence avec les acides gras libres*). Une proposition de régime est donnée en annexe 3.

C - Précautions

Effets secondaires :

L'hypersensibilité au FDG ou à l'un des excipients est rarissime.

Mises en garde :

- Allaitement : Il existe une captation du ^{18}F -FDG par les tissus mammaires stimulés. Toutefois, la concentration dans le lait maternel est faible [14]. L'exposition du nourrisson est donc principalement due à l'exposition externe. Il est conseillé de suspendre l'allaitement pendant 12 heures après l'injection du ^{18}F -FDG [11,14].

Interactions médicamenteuses :

Certains traitements peuvent interférer avec la qualité de l'image. Il est donc conseillé de connaître les thérapeutiques reçues par le patient, en particulier les modificateurs de la glycémie (corticoïdes...), les facteurs de croissance (activation intense et parfois hétérogène chez le sujet âgé de la moelle osseuse hématopoïétique) et les chimiothérapies, même lorsqu'elles ont été arrêtées récemment. Il faut être vigilant s'il est décidé d'instaurer un traitement avant la TEP.

La metformine peut provoquer une captation intestinale intense, notamment colique, gênant parfois l'interprétation [15]. L'utilité d'une interruption de 48-72h peut être discutée, à condition que le diabète reste bien contrôlé.

D - Le médicament radiopharmaceutique**Caractéristiques physiques du radionucléide :**

Le fluor-18 se désintègre en oxygène-18 (stable) par émission d'un positon ($E_{\text{max}} = 0,633 \text{ MeV}$) dont le parcours faible voisin de 0,6mm, est suivi d'une rencontre avec un électron et l'émission de 2 photons d'annihilation de 511 keV, à presque 180° l'un de l'autre. La période physique du fluor-18 est voisine de 110 minutes.

Caractéristiques du ^{18}F -FDG :

Le [18F]-fluorodésoxyglucose, ^{18}F -FDG, est un analogue du glucose où le groupement hydroxyle en 2 est remplacé par un atome de fluor-18.

Les cellules tumorales malignes présentent un fonctionnement exacerbé de la glycolyse (Warburg effect) avec une augmentation des capacités de transport membranaire du glucose et de l'activité des principales enzymes contrôlant la glycolyse. Le ^{18}F -FDG une fois transporté dans la cellule maligne après liaison aux protéines membranaires de transport du glucose (principalement Glut-1 et Glut-3 pour la majorité des tumeurs), subit l'action de l'hexokinase, première enzyme de la glycolyse pour donner du ^{18}F -FDG-6-phosphate. L'enzyme suivante ne peut pas agir sur le ^{18}F -FDG-6-phosphate qui reste bloqué et s'accumule dans la cellule et peut être repéré en TEP grâce au fluor-18 qui le marque.

Préparation du médicament radiopharmaceutique :

Dans la plupart des centres de médecine nucléaire, le ^{18}F -FDG est livré par une firme pharmaceutique prêt à l'injection et il n'y a ni préparation ni reconstitution à effectuer.

Le ^{18}F -FDG se présente sous forme d'une solution injectable stérile de ^{18}F -fluorodésoxyglucose, se conservant à température ambiante avant le premier prélèvement à travers le bouchon.

Conservation :

Il est recommandé de ne pas dépasser la date et l'heure limite d'utilisation figurant sur le conditionnement extérieur du flacon de ^{18}F -FDG. Du fait de l'énergie des photons émis, le flacon doit impérativement être conservé à l'intérieur de sa protection en plomb, même quand il est à

l'intérieur de l'enceinte blindée.

Certaines préparations commerciales sont des monodoses, d'autres des multidoses. L'utilisation de dispositifs automatisés ou semi-automatisés de préparation et/ou d'injection est fortement recommandée.

Contrôle de qualité du médicament radiopharmaceutique avant injection :

Les contrôles à effectuer sur du ^{18}F -FDG livré par une firme pharmaceutique correspondent au minimum aux recommandations du fournisseur.

Le conditionnement et les informations d'étiquetage doivent être vérifiés avant son utilisation et l'activité déterminée grâce à un activimètre. La solution doit être limpide et incolore ou légèrement jaunâtre.

Activité injectée :

L'activité injectée par voie intraveineuse chez l'adulte dépend du type de détecteur TEP et des algorithmes de reconstruction. Elle varie de 2 à 4 MBq/kg de masse corporelle. L'activité minimale tient compte des recommandations du constructeur de la caméra.

- En pédiatrie, il est recommandé de se référer à l'EANM dosage card V2-2014 [16].

Dosimétrie :

Les doses reçues par le patient lors d'un examen ^{18}F -FDG-TEP-TDM proviennent d'une part du radiopharmaceutique et d'autre part du scanner associé. Une estimation des doses liées au ^{18}F -FDG par organe et de la dose efficace au corps entier est donnée par le tableau ci-dessous, extrait du rapport "Dosimétrie des explorations diagnostiques en Médecine Nucléaire" de la Société Française de Physique Médicale [17]. A cette exposition s'ajoute celle due aux rayons X provenant des acquisitions de tomodensitométrie associées [18]. Celle-ci peut varier en fonction du protocole d'acquisition scanner, du protocole basse dose à fin de repérage anatomique jusqu'au protocole scanner diagnostique. Certaines équipes font 2 enregistrements TDM sur le thorax, l'un en respiration libre, pour être fusionné aux images TEP, et l'autre en inspiration bloqué, pour mieux analyser le parenchyme pulmonaire. Le choix du protocole se doit d'être adapté à la question clinique posée en visant l'irradiation minimale sans remise en cause de la qualité diagnostique souhaitée avec une attention particulière en pédiatrie et en s'aidant chaque fois que possible des techniques de réduction de dose scanner.

^{18}F 2-FLUORO-2-DESOXY-D-GLUCOSE (^{18}FFDG)					
Injection intra-veineuse					
DOSE ABSORBEE PAR UNITE D'ACTIVITE ADMINISTREE					
($\mu\text{Gy}/\text{MBq}$)					
Organes	Adulte	15 ans	10 ans	5 ans	1 an
Paroi vésicale	160	210	280	320	590
Myocarde	62	81	120	200	350
Cerveau	28	28	30	34	48
Ovaires	15	20	30	44	82
Testicules	12	16	26	38	73
Utérus	21	26	39	55	100
Dose efficace ($\mu\text{Sv}/\text{MBq}$)	19	25	37	51	95

Tableau 1 : estimation des doses liées au ^{18}F -FDG par organe et de la dose efficace au corps entier [17].

Traçabilité des informations réglementaires :

La traçabilité des informations suit la législation en vigueur concernant le numéro de lot, l'activité injectée, le mode d'administration, l'heure et le site d'injection...

Les indices dosimétriques liés à l'exposition au scanner X (PDL, IDSV) doivent être reportés.

E - Intervention

Prémédication :

Pour les patients avec risque d'activation de la graisse brune une prémédication orale par β -bloquants peut être proposée, après vérification des contre-indications.

Chez les patients anxieux et contractés, il peut être utile d'administrer un myorelaxant, type benzodiazépine, avant l'injection du ^{18}F -FDG, (après vérification des contre-indications, en particulier pour les patients conduisant leur véhicule).

L'utilisation d'un diurétique ou la pose d'une sonde urinaire peut s'avérer utile, en particulier en cas de cancer des voies excrétrices urinaires et de la vessie ainsi que les cancers pelviens. L'utilisation d'une acquisition localisée tardive sur le bassin (permettant une dilution de l'activité urinaire) éventuellement après hydratation orale et marche, est également utile dans ces cas.

F - Acquisition des images

La caméra TEP permet de détecter les deux photons de 511 keV émis simultanément. Schématiquement, ces deux photons cheminent selon une même ligne droite dans des directions opposées et atteignent les détecteurs " en coïncidence ". Pour correspondre à une coïncidence " vraie " et permettre de localiser la désintégration du noyau de fluor-18, les scintillations ne doivent être séparées que par un intervalle de temps très court ou " fenêtre de coïncidence ". Les appareils TEP sont optimisés pour cette détection, en particulier du fait du nombre, de la nature et de la géométrie des cristaux détecteurs (matrices de petits cristaux disposées sur un anneau complet autour du patient) et des performances de l'électronique de traitement du signal.

Le mode d'acquisition 3D (sans septa interposés) permet une meilleure statistique de comptage pour la même activité injectée et est le mode le plus utilisé actuellement. Les performances des caméras TEP récentes sont par ailleurs améliorées par un procédé de détection faisant intervenir la mesure du temps de vol « time of flight ; TOF » qui consiste à mesurer la différence de temps d'arrivée au détecteur entre les 2 photons d'annihilation. D'autres moyens d'amélioration des performances consistent en l'utilisation de grands champs de détection, de cristaux très sensibles, ou d'algorithmes de reconstruction de dernière génération, comme le « PSF ; point spread function ». Rappelons que les mesures quantitatives en TEP (SUV, etc.) sont très dépendantes des algorithmes de reconstruction.

Contrôle de qualité et réglage de la machine :

Il est indispensable de réaliser le contrôle de l'équipement TEP et du TDM qui lui est associé. Le contrôle du TDM est nécessaire, y compris pour la précision de la quantification. Les procédures d'assurance qualité visent à assurer la répétabilité des mesures (sur la machine concernée) et la reproductibilité de la quantification entre différentes machines.

Des recommandations générales, non dépendantes de l'industriel, ont été publiées dans le rapport

n°24 de la Société Française de Physique Médicale, intitulé “Contrôle de qualité et mesure des performances en tomographie d’émission de positons” [19].

De manière générale, il est recommandé de réaliser un contrôle de qualité quotidien pour vérifier le bon fonctionnement global du système TEP. Dans la plupart des cas le constructeur propose une procédure semi-automatique qui permet de vérifier la spectrométrie, les variations relatives de sensibilité des différents blocs détecteurs ou encore le circuit électronique de détection des coïncidences. D’autres paramètres sont contrôlés suivant le type d’appareil.

Les TDM peuvent également nécessiter un étalonnage quotidien avant la prise en charge du premier patient. En général il consiste en une acquisition dans l’air. Selon les modèles de scanner X, celui-ci est possiblement à renouveler au cours de la journée.

Ces contrôles quotidiens sont accompagnés de contrôles plus espacés.

- Une vérification de l’alignement des images TEP et TDM assurant une bonne superposition des informations diagnostiques provenant de ces deux modalités mais aussi nécessaire à une quantification correcte.
- Une vérification et un étalonnage de la quantification en SUV.
- Un contrôle de l’uniformité des coupes reconstruites.
- Un contrôle du bruit, d’uniformité, du nombre Hounsfield et d’absence d’artefacts sur les acquisitions en scanner X.
- Un contrôle du positionnement des lasers (notamment si le TEP est destiné à être utilisé pour la radiothérapie externe).

Parallèlement au TEP-TDM, il est nécessaire de procéder au contrôle des activimètres servant à la mesure des activités injectées aux patients [20]. Il est également nécessaire de vérifier la concordance entre les diverses horloges utilisées et principalement entre celle de la station d’acquisition et celles utilisées lors de la mesure des préparations.

L’ensemble des opérations liées à l’assurance qualité de ces équipements est supervisé et organisé par le physicien médical.

Selon le constructeur le matériel préconisé pour ces contrôles varie. De manière générale les acquisitions pour le recalage peuvent être faites à l’aide de sources scellées émettrices $\beta+$ contenues dans une enveloppe visible aux rayons X (ex : ^{68}Ge , ^{22}Na). La vérification et l’étalonnage du SUV ainsi que l’uniformité en TEP sont généralement réalisés à l’aide d’un fantôme cylindrique uniforme fourni par le constructeur.

Pour une bonne connaissance et un suivi des performances de l’équipement utilisé, il est recommandé de compléter ces contrôles par des tests pouvant être réalisés annuellement. Ils s’appuient sur les normes NEMA NU 2 et les normes IEC [21]. Ils permettent par exemple de caractériser et de suivre la résolution spatiale, la fraction de diffusé, la qualité image, la carte d’atténuation (le matériel nécessaire ici n’est pas toujours fourni de base avec les équipements).

L’exposition d’un patient aux rayonnements ionisants lors d’un examen TEP-TDM provenant en partie de la tomодensitométrie, il convient de contrôler également la dose issue du TDM.

Tout ce programme d’assurance qualité va dans le sens d’une harmonisation des pratiques afin de

pouvoir comparer des examens réalisés sur des machines de différentes marques et de différents centres. Il est ainsi désormais possible de prétendre à des accréditations permettant d'accéder aux recherches cliniques multicentriques qui en font une condition. Parmi elles on peut citer l'accréditation européenne EARL de l'EANM mise en place en 2010.

Séquences d'imagerie :

Il est recommandé que le protocole appliqué lors d'un examen de base soit répété à l'identique lors d'un examen de suivi de la réponse thérapeutique pour un même patient afin de garantir la validité de la comparaison et notamment celle des mesures quantitatives.

La séquence TDM dure entre 2 et 5 minutes en fonction des détecteurs (nombre de barrettes) et des paramètres de l'acquisition, et est réalisée avant l'acquisition TEP permettant ainsi d'obtenir un topogramme afin de mieux définir le champ imagé. La dose délivrée par la TDM doit être optimisée.

Dans le protocole le plus courant, l'acquisition TEP débute 60 min après injection du ^{18}F -FDG, chez un patient allongé au repos, vessie vide. Le champ couvert dépend de l'indication de l'examen. Certaines équipes réalisent l'examen 90 min post-injection. L'exploration couvre au minimum un champ allant de la base du crâne jusqu'à mi-cuisse. Dans certaines indications il est nécessaire ou possible de réaliser une exploration corps entier.

Dans la majorité des cas l'examen est réalisé bras levés afin d'améliorer l'analyse des régions thoraco-abdomino-pelviennes en s'affranchissant des artefacts de durcissement ou lié à un champ TDM tronqué.

L'avantage de démarrer l'acquisition par la partie inférieure du corps est que le remplissage de la vessie est moindre et mieux corrélé au volume TDM sur l'image de fusion. A contrario, commencer l'acquisition par la tête permet d'assurer une meilleure immobilité de la partie supérieure du corps (patients fatigués ou ne pouvant maintenir longtemps les bras levés).

Un pas spécifique ORL (avec zoom, bras le long du corps et immobilisation à l'aide d'une têtère) ou d'une autre région peut être utile en fonction des indications. Idéalement la position adoptée doit être reproduite lors d'un examen ultérieur destiné à l'évaluation de la réponse thérapeutique.

Lorsque les données de la TEP doivent aider à la délimitation d'un champ de radiothérapie, une acquisition en position de traitement sur table dédiée est souhaitable.

Dans certaines indications l'examen peut être réalisé avec synchronisation (gating) respiratoire.

En complément de l'imagerie classique 60 minutes post-injection, des acquisitions plus tardives peuvent être utiles et envisagées dans certaines indications notamment : lésions cérébrales (afin d'augmenter le rapport tumeur /fixation physiologique) ; tumeurs vésicales (avec bonne hydratation afin de réduire le SUV de l'élimination urinaire) ; ou pour différenciation entre un foyer digestif physiologique mobile et une tumeur digestive.

Administration de produit de contraste radiologique :

- voie orale : produit de contraste négatif (eau) ou positif (baryum dilué). Le produit de contraste positif doit être dilué afin d'éviter des artefacts focaux sur les mesures de SUV.

- voie intraveineuse : selon les bonnes pratiques des sociétés savantes de radiologie, avec les précautions associées (hypersensibilité, fonction rénale, interaction médicamenteuse, etc...).

Un antécédent d'intolérance à un produit de contraste iodée est le facteur de risque principal. Dans ces cas un bilan doit être réalisé afin d'identifier le ou les produits de contraste pouvant provoquer une réaction allergique. Tant que ces tests n'ont pas été réalisés, l'injection de produit de contraste ne doit pas être réalisée.

L'évaluation préalable de la fonction rénale est nécessaire chez tout patient à risque de néphrotoxicité (>70 ans, pathologie rénale, diabète, médicaments néphrotoxiques, hypertension artérielle, déshydratation, pathologie cardiovasculaire (insuffisance cardiaque grade 3-4 de la NYHA), infarctus récent (< 24h) et diminution de la fraction d'éjection du ventricule gauche, instabilité hémodynamique hypotension, anémie).

Un débit de filtration glomérulaire <60ml/min définit les patients à risques de néphrotoxicité. En cas de clairance inférieure à 45 ml/mn pour la voie intra-veineuse des mesures de prévention, comme l'hydratation, doivent être prises. En cas de clairance inférieure à 30 ml/mn, l'injection intra-veineuse de produits de contraste iodés nécessite l'avis impératif du néphrologue [22].

Pour le patient souffrant de myélome multiple, l'injection de produit de contraste ne peut être réalisée que si elle est associée à des précautions d'hydratation.

Il n'est pas souhaitable d'utiliser la TDM en phase artérielle pour la correction d'atténuation. L'impact de l'agent de contraste sur la mesure du SUV est acceptable en phase veineuse (acquisition portale). Toutefois, dans certaines pathologies où une mesure quantitative de la réponse par le calcul du Δ SUVmax est réalisée (ex. lymphomes diffus à grandes cellules B), l'injection de produit de contraste peut entraîner une sur-estimation des SUV de 0,5 à 1 point [23]. Il est donc conseillé que les examens pré-thérapeutique et d'évaluation soient réalisés dans les mêmes conditions.

Les différentes utilisations de la TDM dans le cadre d'un examen de TEP sont variables en fonction du contexte clinique, des examens déjà réalisés et des pratiques inhérentes à chaque centre ou médecin nucléaire en charge de l'examen et peuvent correspondre à une utilisation pour simple correction d'atténuation, au scanner dit de repérage, au scanner de qualité supérieure pour étude sémiologique élémentaire, jusqu'à d'authentiques examens de substitution.

Ces différents aspects font l'objet d'un guide spécifique consacré au bon usage de la TDM en médecine nucléaire.

G - Traitement des images

Lors de la reconstruction, les données TEP sont corrigées des coïncidences fortuites, de la diffusion, de l'atténuation en tenant compte de la réponse géométrique, de l'efficacité du détecteur et du temps mort.

Il est important de bien connaître les diverses options de correction d'image (atténuation, diffusion,...) proposées. Celles-ci peuvent prendre des aspects variés selon le constructeur et être activables au choix de l'utilisateur. Dans certains cas elles peuvent se révéler inappropriées en entraînant par exemple des sur-corrrections.

Diverses méthodes de quantification ont été proposées ; certaines nécessitent l'acquisition d'images dynamiques depuis le moment de l'injection. Ces méthodes sont surtout utilisées dans le cadre de la recherche et ne seront pas abordées ici. Parmi les méthodes simples ne nécessitant qu'une calibration de la caméra, la plus répandue est le calcul, pour chaque lésion, de la valeur standardisée de fixation ou SUV (Standardised Uptake Value). Elle consiste à rapporter l'activité de la lésion par gramme de tissu à l'activité injectée et à la masse corporelle du patient.

$$\text{SUV} = \frac{\text{Act}_{\text{dans la ROI}} \text{ (kBq/mL)}}{\text{Act}_{\text{administrée}} \text{ (MBq)} / \text{Poids du patient} \text{ (kg)}}$$

Le SUVmoyen correspond à la moyenne des valeurs des voxels dans la région d'intérêt considérée. Le SUVmax est la valeur du pixel le plus intense. Une autre valeur, le SUVpeak est en général définie comme la valeur moyenne du SUV au sein d'une VOI de 1cm³ (ou correspondant à 27 pixels pour des pixels de l'ordre de 3,4mm).

Cette quantification a été proposée, en plus de l'analyse visuelle, pour aider à la caractérisation des lésions, déterminer le pronostic de la maladie lors de l'examen initial et surtout pour mesurer la variation induite précocement par le traitement.

Il est important de connaître l'impact des filtres utilisés pendant ou après la reconstruction sur la quantification (SUVmax). Les valeurs du SUV_{max} sont plus élevées avec les machines TEP de dernières générations, et les algorithmes de reconstruction récents comme le PSF « point spread function ».

Une standardisation stricte est nécessaire pour les essais cliniques, afin d'obtenir une reproductibilité des SUV (quantification) inter centre.

Des variantes du SUV ont été proposées pour tenir compte de la masse maigre du patient, de la glycémie, de l'effet de volume partiel...

Parmi celles-ci, le Standard Uptake Value lean body mass, ou SUL, correspond au SUV corrigé de la masse maigre. Sa formule est la suivante : $\text{SUL} = \text{Fixation (Bq/ml)} / (\text{activité injectée} / \text{masse maigre})$; la masse maigre étant calculée selon les formules ci-après :

- Chez l'homme : $\text{Masse maigre} = 1,1 \times \text{poids (kg)} - 128 [\text{Poids (kg)}^2 / \text{Taille (cm)}^2]$
- Chez la femme : $\text{Masse maigre} = 1,07 \times \text{poids (kg)} - 148 [\text{Poids (kg)}^2 / \text{Taille (cm)}^2]$

La transformation de la mesure du SUV en SUL est facilement réalisable une fois le sexe et la taille du patient renseignés.

D'autres paramètres tenant compte du volume métabolique (MTV ou metabolictumour volume) ou associant volume métabolique et SUVmoyen (index glycolytique total ; TLG ou total lesionglycolysis), SAM (StandardizedAddedMetabolic value) ont récemment été introduit, notamment pour la prédiction pronostique et l'évaluation de la réponse au traitement. Des travaux sont en cours dans l'étude de l'analyse de la texture des images TEP à but pronostique.

H - Interprétation des images

Les images TEP seront lues en mode MIP (Maximal Intensity Projection) sur 360° et en coupes dans les trois plans (axiales, sagittales et frontales), côte-à-côte avec les images TDM et les images fusionnées TEP-TDM.

Il est utile de visualiser non seulement les images CTAC mais aussi les images NAC. En effet, si la correction d'atténuation améliore la visibilité des lésions profondes et permet la quantification, elle peut parfois induire des artéfacts (par exemple une sur-correction au voisinage des structures métalliques et des prothèses). Les images NAC permettent une meilleure détectabilité de petites

lésions pulmonaires ou de foyers superficiels cutanés.

Contrôle de la qualité de l'acquisition :

Le manipulateur en électroradiologie et le médecin vérifient l'absence de mouvement sur les images fusionnées, l'acquisition de l'ensemble du champ d'exploration prévu et l'absence d'artefacts. Un interrogatoire du patient et/ou une acquisition supplémentaire peuvent être effectués si besoin avant de libérer le patient.

Interprétation visuelle qualitative :

Aspect normal d'une TEP au ^{18}F -FDG:

Le cerveau est visualisé de façon intense puisque le glucose constitue son substrat énergétique essentiel. Le glucose est également consommé par les muscles et en particulier le myocarde (voir préparation/intervention patient).

L'appareil urinaire (reins et vessie, uretères en cas de stase ou d'ectasie) est également visualisé car le ^{18}F -FDG n'est pas réabsorbé au niveau du rein.

Une fixation physiologique, bilatérale et symétrique, est retrouvée au niveau des tissus lymphoïdes oro-pharyngés, plus intense chez l'enfant et le sujet jeune. De même, l'intensité de fixation thymique diminue avec l'âge.

L'interprétation au niveau de la sphère ORL peut également être gênée par la radioactivité salivaire et musculaire notamment celle des muscles pharyngés et laryngés, en particulier celle des muscles arythénoïdes du fait de la phonation. La glande thyroïde peut être discrètement active; une fixation intense diffuse peut refléter une dysthyroïdie (maladie de Hashimoto, Basedow, ou autre).

Le poumon est peu actif sur les images corrigées mais apparaît actif, du fait d'une moindre absorption des photons sur les images non corrigées (NAC).

L'activité sanguine circulante, qui peut être appréciée au niveau des cavités cardiaques et de la lumière des gros vaisseaux du médiastin, est considérée comme une région de référence, notamment pour les évaluations de fin de traitement des lymphomes. Son intensité est faible, inférieure à la fixation hépatique.

Une fixation d'intensité modérée et diffuse est observée au niveau du foie, de façon plus modérée au niveau de la rate et de la moelle osseuse. Ces deux derniers tissus peuvent présenter une fixation plus intense, supérieure à celle du foie, en cas d'inflammation systémique, d'activation par les cytokines ou par les facteurs de croissance hématopoïétique, même en l'absence d'atteinte spécifique. Dans ces cas, le caractère homogène de la fixation et le respect de la distribution physiologique de la moelle pour l'âge sont à prendre en compte [24].

Au niveau du tube digestif, une fixation décelable est également fréquente, au niveau de l'estomac (notamment fundus et pylore), du duodénum et surtout du côlon (notamment le cæcum), parfois diffuse (traitement par metformine). Le caractère focal d'une fixation digestive, d'autant plus s'il persiste sur un temps tardif, est suspect.

Dans le pelvis, on retrouve chez la femme en capacité de procréer une fixation physiologique arciforme des ovaires (plus intense unilatéralement en période d'ovulation et post-ovulatoire) et en période du cycle menstruel (la fixation est alors souvent bilatérale). La date des dernières règles doit être recueillie. Une fixation diffuse de la cavité endométriale est visible en période de cycle menstruel. Chez la femme ménopausée une fixation ovarienne est pathologique et la fixation endométriale est de très faible intensité. Chez l'homme, une fixation physiologique d'intensité modérée des testicules bilatérale et symétrique est retrouvée.

Délectabilité du tissu néoplasique sur la TEP au ^{18}F -FDG:

La qualité de la détection dépend d'un couple taille / avidité de la tumeur pour le glucose et son analogue ^{18}F -FDG. Les tumeurs agressives ou peu différenciées fixent généralement davantage que les cancers bien différenciés (par exemple, les tumeurs neuroendocrines bien différenciées fixent généralement peu, à l'exception notable des phéochromocytomes et paragangliomes) ou que les cancers à cinétique de croissance lente (cancer du rein à cellules claires et de bas grade de Fuhrman par exemple). Par ailleurs, une bonne détection nécessite que le ^{18}F -FDG-6P reste piégé dans la cellule maligne ; or certains tissus et certaines tumeurs (hépatocytaires) possèdent une phosphatase et le ^{18}F -FDGdéphosphorylé peut rediffuser à l'extérieur de la cellule, créant des résultats faux-négatifs.

La taille limite détectable dépend à la fois des propriétés métaboliques de la tumeur et des propriétés physiques de l'instrument TEP : seules les tumeurs les plus actives sont décelables lorsqu'elles sont infracentimétriques avec une limite inférieure de l'ordre de 5 mm. La sensibilité de l'examen est réduite pour les petites tumeurs.

La détection dépend aussi du contraste entre la tumeur et le tissu sain de voisinage. Par exemple, l'accumulation physiologique du ^{18}F -FDG dans le cerveau rend la détection des tumeurs cérébrales, primitives ou secondaires, plus difficile ; c'est aussi le cas pour la recherche de tissu cancéreux viable après radiothérapie, et parfois pour la visualisation de métastases hépatiques après chimiothérapie. Cela s'applique aussi aux tumeurs du rein et des voies urinaires et du pelvis en raison de la radioactivité urinaire.

Interprétation semi-quantitative :

Elle s'appuie sur certains paramètres de mesures semi-quantitatifs, comme la mesure du SUV (SUVmax, SUVmoyen, SUVpeak, SUL) mais aussi des paramètres tenant compte du volume métabolique (MTV, TLG) [25,26].

Pour chaque mesure de volume métabolique, la méthode de définition de l'isocontour doit être spécifiée (par exemple : isocontour relatif à 40% de la valeur maximale du SUV, MTV 40 ; ou absolue selon un seuil de SUVmax, ou bien via un logiciel spécifique).

Lorsque les mesures impliquent le foie comme organe de référence, les critères PERCIST suggèrent l'utilisation de ROI volumique sphérique de 3 cm de diamètre au sein du foie droit [27]. De même, une région d'intérêt, ROI volumique, peut être tracée au centre de l'aorte thoracique, en prenant soin d'éliminer les parois aortiques.

Evaluation de la réponse thérapeutique :

Il est recommandé que le protocole de réalisation de l'examen TEP pré thérapeutique soit répété à l'identique lors d'un examen de suivi de la réponse thérapeutique. On s'attachera à respecter le même temps d'acquisition +/- 5 min [11].

L'évaluation de la réponse en TEP s'appuie sur la comparaison par analyse visuelle et/ou les mesures semi-quantitatives en fonction du type de tumeur et du contexte de l'évaluation. Par exemple, l'interprétation en fin de traitement des lymphomes agressifs se base principalement sur des critères qualitatifs « visuels » avec comparaison à des régions physiologique de référence, selon l'échelle en 5 points de Deauville et les critères de Lugano [8,9]. Il est souhaitable pour faciliter la comparaison visuelle d'afficher les examens avec la même échelle de couleur dynamique, notamment pour rendre les fixations d'organe de référence identique sur les deux examens (foie). Dans la majorité des tumeurs solides, du fait d'une réponse rarement complète, la comparaison visuelle a ses limites et on s'appuie sur les variations semi-quantitatives (ΔSUV , ΔSUL , ΔTLG ,

etc..). Des critères de l'EORTC ont été proposés pour uniformiser les seuils de réponse [28] ; toutefois, il apparaît que la réponse thérapeutique et la valeur pronostique d'un seuil de réponse sont très dépendantes du type de tumeur, du schéma thérapeutique, et du moment de l'évaluation au cours du schéma thérapeutique ; et qu'il est difficile de transposer des critères fixes au contexte particulier des différentes tumeurs et des différents traitements.

Néanmoins, la TEP-FDG est de plus en plus utilisée pour l'évaluation thérapeutique des tumeurs solides se basant sur une standardisation pour la réalisation des examens et l'utilisation de nouveaux critères d'évaluation (PET Evaluation Response Criteria In Solid Tumor) [28'] permettant de définir des types de réponses standardisés (réponse complète, réponse partielle, maladie progressive, maladie stable) [27].

Des références et sites mis à jour régulièrement peuvent être consultés pour des guides de bon usage de la TEP-FDG dans le cadre d'essais cliniques [29].

Comparaison des images de diverses modalités :

Le médecin nucléaire est souvent amené à comparer les images obtenues grâce au ^{18}F -FDG avec les images homologues de TDM injecté et/ou d'IRM, plus riches en détails et en rapports anatomiques : ce temps investi est nécessaire pour une bonne interprétation de l'examen.

Des techniques de fusion d'images TEP-TDM et TDM injecté et/ou IRM sont également disponibles avec parfois des limites à la qualité du recalage nécessitant un ajustement manuel.

I - Artefacts et sources d'erreurs

Les fixations physiologiques font courir le risque d'erreurs d'interprétation. Souvent, l'analyse de la TDM couplée permet d'identifier l'origine de la fixation. Il peut s'agir de : muscles contractés (en particulier en cas de douleur) ; muscles pharyngées (cordes vocales) ; captation par la graisse brune, majorée par le froid et le stress ; fixation myocardique hétérogène ; activité salivaire asymétrique, activité digestive et parfois biliaire ; stase dans l'arbre urinaire, diverticule vésical voire souillures urinaires ; structures réactivées physiologiquement (moelle osseuse ou thymus, en particulier chez l'enfant). Des fixations physiologiques par des tissus en position ectopique peuvent être également source de piège : des nodules de splénose ; une malposition rénale ; une cryptorchidie ; une transposition ovarienne, etc...

D'autre part, diverses pathologies inflammatoires peuvent fixer le ^{18}F -FDG: les zones cicatricielles actives après intervention chirurgicale (2 à 6 semaines après intervention, parfois plus en cas de granulome) ; l'inflammation post-radiothérapie ; les infections. Citons également l'inflammation au niveau des zones de talcage de la plèvre ou au niveau du matériel utilisé pour traiter les hernies. La fixation de tumeurs bénignes est également fréquente.

Par ailleurs, tous les facteurs évoqués dans les paragraphes précédents qui diminuent l'efficacité de détection peuvent être sources de faux négatifs. Il convient d'y ajouter le diabète sucré mal équilibré ou une hyperglycémie induite par une corticothérapie, du fait de la compétition entre glucose endogène et ^{18}F -FDG. De même un jeûne non respecté ou trop court, ou l'administration de glucose dans une perfusion conduisent à un hyperinsulinisme responsable d'une hyperfixation musculaire, même si le patient reste en euglycémie.

Les artefacts techniques sont essentiellement les artefacts de mouvements et de correction de l'atténuation. Ces derniers sont surtout en rapport avec la présence d'implants métalliques et

prennent la forme d'une zone hyper ou hypoactive. Pour y remédier, certains constructeurs utilisent des algorithmes de reconstruction dédiés. La présence d'agents de contraste (IV ou digestif) peut être également une cause d'artefacts. Ceci souligne l'importance d'interpréter également les images non corrigées de l'atténuation.

J - Compte-rendu de l'examen

Les modalités de structuration et de rédaction d'un compte rendu ont été proposées [30,31].

Le compte rendu écrit mentionne les éléments réglementaires d'identification du patient et administratifs (nom, prénom, sexe, date de naissance, nom de jeune fille, date de réalisation de l'examen, type d'examen, identité du ou des médecins nucléaires et leur fonction, identité du médecin demandeur ainsi que ses coordonnées) et les données de tracabilité de l'exposition du patient (les éléments de justification, la procédure optimisée utilisée, les éléments d'identification du matériel et de la date de mise en service, les informations utiles à l'estimation de la dose reçue. Pour l'estimation de la dose, les éléments suivants sont nécessaires (nom du radiopharmaceutique et du radionucléide utilisé, activité administrée en MBq, mode d'administration, Produit Dose Longueur (PDL) et IDSV (CTDIvol) (cette dernière est indispensable pour les expositions du pelvis chez une femme en capacité de procréer et pour les expositions abdomino-pelviennes justifiées chez une femme enceinte - arrêté du 22 septembre 2006).

Il est également utile de préciser les éléments suivants :

- poids et taille du patient,
- valeur de la glycémie avant injection,
- siège de l'injection du ^{18}F FDG,
- délai entre injection et début d'acquisition,
- toute intervention pharmaceutique dans le but de l'examen (et posologie),
- position du patient (notamment bras),
- champ d'exploration,
- temps d'acquisition par pas.

Il est important de noter si la qualité de l'examen est dégradée (mouvement durant l'acquisition, extravasation au point d'injection pouvant influencer la mesure du SUV, hyperglycémie, fixation physiologique intense de graisse brune ou musculaire ou gêne du fait de la position bras le long du corps, de forte réplétion vésical etc...).

En préambule de l'indication de l'examen il est utile de mentionner brièvement un résumé de l'histoire de la maladie avec les principales données cliniques (incluant les mesures thérapeutiques, datées), biologiques (marqueurs tumoraux) et le résultat des autres examens d'imagerie médicale récents.

L'examen décrit les anomalies observées sur le plan TEP en corrélation avec l'imagerie scanographique de fusion sous-jacente, et les anomalies morphologiques mises en évidence, même en l'absence d'hyperfixation.

L'examen est comparé aux précédents examens TEP au ^{18}F -FDG disponibles, en mentionnant leurs dates, et aux résultats des autres modalités d'imagerie lorsqu'elles sont disponibles.

L'intensité d'une anomalie appréciée visuellement (faible, modérée, élevée) doit être associée

quand cela est possible et utile à une mesure quantitative (SUVmax).

Les limites spécifiques dans l'appréciation de la captation du traceur, liées par exemple à une lésion de taille inférieure à la résolution spatiale, ou bien aux mouvements respiratoires, ou à un bruit de fond important, doivent être spécifiées.

Dans le cadre de l'évaluation de la réponse thérapeutique, l'analyse sera faite en fonction du type de tumeur et du moment de son évaluation (intermédiaire ou fin de traitement) [8,27,28].

Un tableau récapitulant les critères d'interprétation de la réponse peut être adjoint au compte-rendu (cf. exemple ci-dessous).

Echelle de Deauville pour les lymphomes et interprétation selon les critères de Lugano		
Score 1	Pas d'hyperfixation	Dans le cadre d'une TEP intermédiaire (interim-PET) : scores 1,2,3 = bonne réponse ; scores 4,5 = réponse insuffisante
Score 2	Fixation < médiastin	
Score 3	Fixation > médiastin mais < foie	
Score 4	Fixation > foie	
Score 5	Fixation >> foie et/ou progression	

Tableau 2 : critères d'interprétation de la réponse au traitement des lymphomes.

Le SUV est entaché d'une incertitude de mesure importante. Il faut savoir nuancer les données semi quantitatives lorsqu'elles sont proches d'un seuil diagnostique. En effet, les fluctuations statistiques des mesures sont à prendre en compte, d'autant plus lorsque les valeurs de SUV sont basses.

Il comporte une conclusion concise.

Celle-ci conclut au caractère pathologique ou non, ou à la nécessité d'explorations complémentaires (autres examens à réaliser ou contrôle TEP à distance).

Elle propose si possible le ou les diagnostics différentiels.

Pour la stadification, le stade TNM "TEP" apparent peut être suggéré.

Il est nécessaire de communiquer rapidement au médecin référent, de préférence oralement, la présence de lésion à risque (par exemple : lésion vertébrale menaçante), tout en précisant dans le compte rendu, dans ces cas urgents, le mode de communication effectué.

La discussion conjointe des résultats en particulier lors de la RCP permet notamment de réduire les sur-interprétations ("faux positifs") [32] et les sous-interprétations ("faux négatifs").

La communication des résultats au patient se fait via l'oncologue prescripteur qui connaît la prise en charge et saura adapter le dialogue avec le patient [33] ou directement au patient s'il le demande. Dans ce dernier cas, il convient de le préciser dans le compte rendu d'examen.

K- Archivage et communications des données d'imagerie

Le décret n° 2006-6 du 4 janvier 2006 relatif à l'hébergement de données de santé à caractère personnel précise :

- Archivage durant 20 ans après le dernier contact avec le patient et, pour les enfants, au moins jusqu'à la date de leur 28ème anniversaire.

- Quel que soit le support utilisé, il est suggéré de conserver en plus un double de la demande et un double du CRMN et éventuellement de mentionner sur le CRMN le type d'archivage.

L'examen est le plus souvent gravé sur CD au format DICOM incluant les séries TEP et TDM ainsi que la possibilité d'une lecture fusionnée, soit par « viewer » intégré soit par le défilé d'une série fusionnée en coupe axiale et MIP. Les données sont également le plus souvent archivées sur un système type PACS.

Certains centres d'imagerie communiquent aux médecins ou au patients des codes sécurisés qui permettent d'accéder aux images et au compte-rendu.

V. PRECAUTIONS DE RADIOPROTECTION

A - Gestion des déchets

L'aiguille ayant servi à l'injection doit être éliminée dans un récupérateur d'aiguilles.

L'éventuel dispositif de perfusion doit être éliminé dans un fût blindé, en tant que matériel biologiquement contaminé.

Les déchets générés doivent être traités en respectant les règles de radioprotection et de gestion des déchets d'activités de soins à risques infectieux par la mise en décroissance jusqu'à la valeur autorisant leur élimination.

B - Vis à vis du personnel soignant et de la famille du patient

Il est conseillé au personnel d'utiliser, pour le stockage, les manipulations et les comptages de la solution de ^{18}F FDG, une enceinte blindée spécifique aux radiopharmaceutiques émetteurs de positons et des protège-seringues eux aussi adaptés aux radionucléides émetteurs de positons (tungstène). L'utilisation de dispositifs automatisés ou semi-automatisés de préparation et/ou d'injection est fortement recommandé.

Une fois le patient injecté, le personnel soignant et les personnes accompagnant un patient (en particulier les enfants) ne doivent pas rester à proximité immédiate du patient.

En fin de procédure, à la sortie du service de médecine nucléaire (environ 2 heures après l'administration), le patient est faiblement irradiant, et aucune mesure d'éviction particulière n'est recommandée pour l'entourage et les sujets contacts (cf Annexe-2 : Consignes de Radioprotection (D'après le modèle officiel issu de la SFMN- Société Française de Médecine Nucléaire)).

C - Urines, selles et prélèvements sanguins

Les urines et les selles sont rejetées dans les toilettes.

La période du fluor-18 (110 min) étant beaucoup plus courte que celle des émetteurs gamma utilisés en scintigraphie, les précautions à observer sont identiques mais sur une durée plus courte.

Les garnitures, sondes urinaires, bouchons doivent être manipulés avec des gants. Les déchetteries hospitalières n'acceptant que les déchets exempts de radioactivité il est recommandé, pour les patients hospitalisés, de collecter les déchets solides durant 12 heures et de les conserver durant 20 heures aux fins de décroissance.

D - Conduite à tenir en cas d'administration erronée à un patient à qui le médicament

radiopharmaceutique n'était pas destiné

Après information du patient, l'élimination rénale du radionucléide doit être augmentée autant que possible par une diurèse forcée avec mictions fréquentes. L'activité injectée est tracée dans le dossier de soin. En concertation avec le physicien médical, la cause d'erreur est analysée et un signalement est effectué à l'ASN.

E - Conduite à tenir pour la radioprotection en cas de décès du patient

Pas de données ni de précautions particulières, la période de ¹⁸Fluor étant courte (110 min).

F - Niveau de référence diagnostique

Le niveau de référence pour un médicament radiopharmaceutique donné est la valeur de l'activité préconisée pour la ou les indications de l'AMM sauf justification médicale ou technique (arrêté du 12/02/2004).

G. Suggestions pour la réduction de la dose absorbée par le patient

La réduction de la dose absorbée peut se faire par la réduction de l'activité injectée et par l'augmentation de l'élimination urinaire.

VI. PRECAUTIONS VIS A VIS DU RISQUE INFECTIEUX

A. Produits sanguins

Sans objet.

B. Prévention des infections nosocomiales

L'injection devra respecter les guides en vigueur dans l'établissement ainsi que les recommandations du CLIAS (Comité de Lutte Contre les Infections Associées aux Soins)

Pas de données particulières.

VII. PHARMACOVIGILANCE ET MATERIOVIGILANCE

Possibles réactions d'hypersensibilité à type d'éruptions cutanées (fréquence inconnue, rarissime).

Les effets secondaires ou incidents doivent être déclarés selon la législation en vigueur.

VIII. REFERENCES

[1] Talbot JN, Montravers F, de Beco V, et al. Guide pour la rédaction de protocoles pour la tomographie par émission de positons (TEP) au [18F]-fludésoxyglucose ([18F]-FDG) en cancérologie. Version : 1.0 - SFMN: 31/03/ 2004.

[2] Bourguet P, Groupe de Travail SOR. Standard, Options et Recommandations : Utilisation de la tomographie par émission de positons au [18F]-FDG en cancérologie. Bulletin du cancer, 2003: 90, février 2003.

[3] Bourguet P, Hitzel A, Houvenaeghel G, et al. [Synthesis bulletin of 2005 surveillance. Clinical practice recommendations: the use of PET-FDG in cancers of the breast, ovary and uterus].Standards Options et Recommandations. Bull Cancer 2006;93:385-90.

[4] Bourguet P, Planchamp F, Montravers F, et al. [Recommendation for clinical practice: use of PET-FDG in cancer of the kidney, prostate, testicles, and the urinary bladder].Standards, Options et Recommandations (SOR). Bull Cancer 2006;93:1228-32.

[5] Bourguet P, Planchamp F, Monteil J, et al. [Recommendations for clinical practice: use of TEP-FDG in cancer of the esophagus, stomach, colon and rectum, anal canal, large intestine, pancreas and bile ducts, liver and endocrine tumors (digestive system)].Bull Cancer 2007;94:212-8.

[6] <http://gbu.radiologie.fr/>

[7] Evidence-based indications for the use of PET-CT in the UK 2016.BFCR(16)3 Royal College of Physicians/The Royal College of Radiologists.

[8] Cheson BD, Fisher RI, Barrington SF, et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma: the Lugano classification. J ClinOncol 2014;32:3059-68.

[9] Barrington SF, Mikhaeel NG, Kostakoglu L, et al. Role of imaging in the staging and response assessment of lymphoma: consensus of the International Conference on Malignant Lymphomas Imaging Working Group.J Clin Oncol 2014;32:3048-58.

[10] Zanotti-Fregonara P, Chastan M, Edet-Sanson A, et al. New fetal doses from 18FDG administered during pregnancy: standardization of dose calculations and estimations with voxel-based anthropomorphic phantoms. J Nucl Med 2016 Jun 3. pii: jnumed.116.173294.

[11] Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0.Eur J Nucl Med Mol Imaging 2015;42:328-54.

[12] <http://www.sficv.com/images/files/FICHDIAB.pdf>

[13] Agrawal A, Nair N, Baghel NS. A novel approach for reduction of brown fat uptake on FDG PET.Br J Radiol 2009;82:626-31.

[14] Hicks RJ, Binns D, Stabin MG. Pattern of uptake and excretion of (18)F-FDG in the lactating breast. J Nucl Med 2001;42:1238-42.

[15] Gontier E, Fourme E, Wartski M, et al. High and typical 18F-FDG bowel uptake in patients treated with metformin. Eur J Nucl Med Mol Imaging2008;35:95-9.

- [16] Lassmann M, Treves ST. Pediatric Radiopharmaceutical Administration: harmonization of the 2007 EANM Paediatric Dosage Card (Version 1.5.2008) and the 2010 North American Consensus guideline. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41:1636.
- [17] Touzery C, Aubert B, Caselles O, et al. Dosimétrie des explorations diagnostiques en médecine nucléaire Rapport SFPM N°19-2001 SFPM, *Médecine Nucléaire* 2002;26:347-389.
- [18] Rapport AAPM n°96, The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT, 2008.
- [19] Contrôle de qualité et mesure des performances en tomographie d'émission de positons. Rapport S.F.P.M n°24, édité par la Société Française de Physique Médicale ; Mai 2008.
- [20] Guide LNHB, SFPM, Utilisation et contrôle qualité des activimètres, 2006.
- [21] NEMA Standards publication NU 2-2012, Performance measurements of positron emission tomographs, National Electrical Manufacturers Association, 2012.
- [22] Fiche SFR EBM_Néphropathie induite par les produits de contraste.pdf
- [23] Vera P, Ouvrier MJ, Hapdey S, et al. Does chemotherapy influence the quantification of SUV when contrast-enhanced CT is used in PET/CT in lymphoma? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:1943-52.
- [24] Moulin-Romsee G, Hindié E, Cuenca X, et al. (18)F-FDG PET/CT bone/bone marrow findings in Hodgkin's lymphoma may circumvent the use of bone marrow trephine biopsy at diagnosis staging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:1095-105.
- [25] Hatt M, Tixier F, Cheze-LeRest C, et al. Nouveaux indices en TEP/TDM : mythes et réalités. *Médecine Nucléaire* 2015;39:331-338.
- [26] Itti E, Lin C, Dupuis J, et al. Prognostic value of interim 18F-FDG PET in patients with diffuse large B-Cell lymphoma: SUV-based assessment at 4 cycles of chemotherapy. *J Nucl Med*. 2009;50:527-33.
- [27] Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, et al. From RECIST to PERCIST: Evolving Considerations for PET response criteria in solid tumors. *J Nucl Med* 2009;50Suppl 1:122S-50S.
- [28] Young H, Baum R, Cremerius U, et al. Measurement of clinical and subclinical tumour response using [18F]-fluorodeoxyglucose and positron emission tomography: review and 1999 EORTC recommendations. European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) PET Study Group. *Eur J Cancer* 1999;35:1773-82.
- [29] Graham MM, Wahl RL, Hoffman JM, et al. Summary of the UPICT Protocol for 18F-FDG PET/CT Imaging in Oncology Clinical Trials. *J Nucl Med* 2015;56:955-61.

[30] Bonardel G, Mantzarides M, Brenot-Rossi I, et al. Enquête nationale de satisfaction réalisée auprès des cliniciens prescripteurs concernant la forme des comptes rendus en médecine nucléaire. Médecine Nucléaire 2008;32:482-487.

[31] Niederkoher RD, Greenspan BS, Prior JO, et al. Reporting guidance for oncologic 18F-FDG PET/CT imaging. J Nucl Med 2013;54:756-61.

[32] Karantanis D, Kalkanis D, Czernin J, et al. Perceived misinterpretation rates in oncologic 18F-FDG PET/CT studies: a survey of referring physicians. J Nucl Med 2014;55:1925-9.

[33] Bousquet G, Orri M, Winterman S, et al. Breaking Bad News in Oncology: A Metasynthesis. J Clin Oncol 2015;33:2437-43.

IX. ANNEXES

Nomenclature des actes médicaux :

Il s'agit d'un acte scintigraphique avec tomographie grâce à un radiopharmaceutique disposant d'une AMM que l'on peut coter ZN 150 + PRA, en l'absence actuelle d'une nomenclature spécifique.

Le forfait technique est, pour les 1000 premiers examens de 1000 euros pour les TEP-TDM et 550 euros au-delà. L'acte intellectuel est coté ZN55.

Catalogue des actes médicaux :

Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) : ZZQL016

Fiche d'information du patient :

(La fiche en annexe-1 est à adapter en fonction des Services). Elle doit être remise au patient.

X. HISTORIQUE DES VERSIONS SUCCESSIVES

Version : 1.0 - Date: 31/03/ 2004

Responsable de la rédaction : J.N. Talbot. **Membres du groupe de rédaction :** F. Montravers, V. de Beco, Y. Pétegnief. **Membres du comité de validation :** M. Bourguignon, F. Brunotte, I. Gardin, G. Karcher, F. Moati, R. Le Net, A. Prigent, B. Tillon, J.M. Vinot, J.P. Vuillez.

Annexe-1 :

Note d'information au patient concernant l'examen d'imagerie TEP-TDM au 18F-fluorodéoxyglucose (¹⁸F-FDG)

Madame, Monsieur,

Votre médecin vous a proposé un examen d'imagerie (TEP-TDM au 18FDG). Lisez cette fiche attentivement. Elle vous informe sur le déroulement de l'examen et les recommandations que vous devrez respecter afin d'optimiser l'examen.

Madame Attention ! Si vous êtes enceinte ou susceptible de l'être signalez le nous.

La TEP-TDM au ¹⁸F-FDG (parfois appelée *TEPscan*) utilise une double technique d'imagerie sur la même machine avec :

* une exploration scintigraphique TEP (tomographie par émission de positons) utilisant l'injection d'un produit radioactif, le 18F-FDG.

* un scanner qui pourrait nécessiter l'injection de produit de contraste iodé.

La durée totale de votre présence pour cet examen est d'environ 3 heures

Les résultats sont envoyés ultérieurement au médecin prescripteur.

► **Merci de nous signaler :**

- Si vous êtes sous chimiothérapie.
- Si vous êtes en cours ou avez reçu une radiothérapie.
- Si vous avez été récemment opéré.
- Si vous êtes allergique (allergie à un produit de contraste iodé lors d'un scanner, asthme, allergie à des médicaments,...). Des mesures pourraient être prises si l'examen nécessite l'injection d'un produit de contraste iodé.
- La date de vos dernières règles.
- Si vous allaitez.

► **Merci d'apporter le jour de l'examen :**

- Carte vitale, carte de mutuelle, carte d'identité.
- Les examens en votre possession = scanner, IRM, scintigraphie, échographie.
- Vos médicaments habituels (contre la douleur,...) avec l'ordonnance du médecin.
- Une collation et une boisson que vous pourrez prendre à la fin de votre examen.

► **Consignes à respecter avant l'examen :**

- **A jeun de 6 heures.** (l'eau est autorisée ainsi que vos traitements habituels).
- Si vous êtes diabétique, suivez les consignes données par le service.
- Ne faites pas d'effort physique (sport, jardinage,...), la veille et le jour de l'examen.
- **Soyez à l'heure.** le produit commandé pour vous a un délai de péremption très court.

Déroulement de l'acte

A votre arrivée, après les démarches administratives, vous serez pris en charge pour la **préparation avant l'examen** : Environ une heure de repos complet précédera la réalisation des images sous caméra. Une mesure de la glycémie (pique du bout du doigt) sera pratiquée. Les objets métalliques sur les vêtements, les bijoux, barrettes... devront être enlevés. Une perfusion vous sera posée pour l'injection du produit radioactif (et éventuellement le produit de contraste iodé).

Lors de l'acquisition des images (dans le TEP-TDM) une immobilité de 15 à 30 minutes en position allongée sera nécessaire. Si vous êtes claustrophobe ou très anxieux, signalez-le, un sédatif à faible dose pourra vous être donné.

► **Consignes à respecter après l'examen :**

- Le produit radioactif s'élimine naturellement par les urines, il est conseillé de boire 2 litres d'eau (sauf contre-indication médicale) dans les 12 heures suivant l'examen.
- Si vous allaitez, vous devez stopper l'allaitement les 12 heures suivant l'examen TEP.

Risques. Incidents et complications

L'examen peut dans certains cas nécessiter l'injection de produit de contraste iodé. D'éventuelles manifestations allergiques sont possibles (urticaire). Dans ces cas, des questions vous seront posées lors de la prise de rendez-vous et avant l'examen (concernant un éventuel terrain allergique, ou si vous souffrez d'une maladie rénale ou de diabète).

Aspect financier

Si vous êtes affilié à la sécurité sociale, la prise en charge de cet examen est totale. Si besoin, la prescription médicale de transport est effectuée par le médecin prescripteur de l'examen ou par votre médecin traitant.

En cas d'empêchement veuillez nous prévenir afin d'annuler la commande du produit radioactif très coûteux et de pouvoir faire bénéficier de votre rendez-vous à un autre patient.

N'hésitez pas si besoin à nous appeler au :

Annexe- 2 :

Consignes de Radioprotection *(D'après le modèle officiel de la SFMN- Société Française de Médecine Nucléaire).*

Effets secondaires éventuels et dose d'exposition aux rayonnements ionisants dans le cadre d'un examen diagnostique :

Si vous êtes enceinte ou susceptible de l'être, ou que vous allaitez merci de le signaler par avance ou dès votre arrivée dans le service.

La quantité de produit administré est extrêmement faible, il n'existe pas de toxicité, les réactions allergiques sont très exceptionnelles.

La dose de rayonnements ionisants délivrée à l'occasion de cet examen est du niveau des faibles ou très faibles doses et correspond approximativement, comme les examens de radiologie, à l'exposition naturelle aux rayonnements ionisants reçue en France sur quelques mois ou années.

A ce faible niveau d'exposition, aucune conséquence néfaste sur la santé n'a jamais été démontrée. Pendant les heures qui suivront votre sortie du service, vous serez susceptibles de délivrer vous-même, à vos proches et votre entourage, de très faibles doses de rayonnements qui ne présentent aucun risque, y compris pour les femmes enceintes et les jeunes enfants.

Après l'examen :

Il est recommandé de boire régulièrement le jour de l'examen, afin de favoriser l'élimination urinaire du produit injecté.

Vous pouvez utiliser les toilettes habituelles en prenant soin de respecter les règles habituelles d'hygiène (tirer la chasse d'eau et vous laver systématiquement les mains après).

Certains lieux comportent des détecteurs de radioactivité (aéroports, certains postes frontières...) que vous pourriez déclencher, si vous vous y rendez le jour même après votre examen au 18FDG. Un certificat indiquant l'élément radioactif qui vous a été administré peut vous être fourni sur demande.

Aucune mesure d'éviction particulière n'est recommandée pour l'entourage et les sujets contacts, y compris les enfants en bas âge et les femmes enceintes, les doses cumulées étant toujours très inférieures à 1 mSv et très souvent équivalentes à celles délivrées par l'irradiation naturelle de certaines régions sur quelques jours.

Annexe- 3 :

Régime alimentaire pauvre en glucides pour réduire la captation myocardique du 18F-FDG
(cas particulier: sarcoïdose, endocardites etc...)

Madame, Monsieur,

L'examen TEP/TDM au ¹⁸F-FDG (analogue du glucose) que vous allez passer nécessite une alimentation hyperprotidique stricte sans glucide pendant 24 heures. L'interprétation du résultat de cet examen dépendra du suivi rigoureux de ce régime.

• **La veille de l'examen :**

Alimentation HYPERPROTIDIQUE sans glucide le **MIDI** et le **SOIR**

Boisson autorisée : EAU uniquement

Exemple de repas :

- omelette avec 3 œufs
- une part de viande, type jambon/dinde
- salade verte avec au moins 3 cuillères d'huile, pas de vinaigre

• **Le jour de l'examen :**

Vous devez venir à jeun. Vous pouvez prendre vos médicaments.

Boisson autorisée : EAU uniquement.

ATTENTION : Aliments Interdits++++

- pains, gâteaux secs, céréales, pâtes
- pommes de terre, riz, haricots blancs
- fruits, jus de fruit, café, thé, chocolat
- alcool, chewing-gum

Voici une liste exhaustive indiquant précisément ce qui est AUTORISÉ de consommer et ce qui est totalement INTERDIT pendant les 24 heures (midi et soir) précédant l'examen.

Aliments autorisés	Aliments interdits
<u>Produits laitiers :</u> <ul style="list-style-type: none">• aucun	<ul style="list-style-type: none">• lait• yaourts, fromages blancs, petits suisses• fromages
<u>Produits animaux :</u> <ul style="list-style-type: none">• toutes les viandes sont autorisées• poissons grillés• œufs	<ul style="list-style-type: none">• rillettes, pâtes• crustacés, sardines• poissons panés
<u>Légumes :</u> <ul style="list-style-type: none">• aucun	<ul style="list-style-type: none">• tous les légumes crus et cuits ainsi que les oignons et l'échalote
<u>Féculents :</u> <ul style="list-style-type: none">• aucun	<ul style="list-style-type: none">• tous les féculents et légumes secs• tous les pains, biscottes, pains de mie
<u>Fruits :</u> <ul style="list-style-type: none">• aucun	<ul style="list-style-type: none">• tous les fruits crus et cuits
<u>Produits sucrés et desserts :</u> <ul style="list-style-type: none">• aucun	<ul style="list-style-type: none">• tous les desserts et produits sucrés...
<u>Boissons :</u> <ul style="list-style-type: none">• eaux minérales	<ul style="list-style-type: none">• sodas même <i>light</i>• bière, vin, alcool• café, thé, chocolat et chicorée en poudre
<u>Aromates et condiments :</u> <ul style="list-style-type: none">• sel et le poivre• huiles végétales, beurre	<ul style="list-style-type: none">• sauces• ketchup, mayonnaise, moutarde