

GUIDE POUR LA REALISATION D'UN EXAMEN DE SCINTIGRAPHIE DE VIDANGE GASTRIQUE

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

Version : 1.0

Dernière mise à jour : 24/10/2010

Responsable de la rédaction : O. Couturier

Membres du groupe de rédaction : O. Couturier Olivier, F. Paycha, A. Girma, C. Bodet-Milin, F. Baulieu, P.Y. Salaün, S. Querellou, A. Faivre-Chauvet, F. Lacœuille, A. Cahouet, F. Blanc, T. Carlier, A. Turzo, F. Bouchet.

Comité de validation : Gérald Bonardel, François Brunotte, Claire Gibold de la Souchère, Thierry Jacob, Frederique Moati, Olivier Mundler, Yolande Petenief, Alain Prigent, Bernard Tillon.

Date de la ratification par le Conseil d'Administration de la SFMN : 2010

Adresse internet où le guide peut être téléchargé : 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 en conformité avec les directives EURATOM en particulier 97/43, 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) validés par l'Union Européenne et repris dans la notice pour l'utilisateur distribuée par le fabricant avec 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 scintigraphie de vidange gastrique permet de suivre par comptage externe la vidange d'un repas test radiomarqué. C'est une méthode non invasive et physiologique qui permet d'objectiver et de quantifier les troubles de l'évacuation gastrique. La pratique d'un double marquage permet en outre l'étude séparée de la vidange des aliments solides et liquides.

II. INDICATIONS

II.1. Indications reposant sur des travaux d'expérimentation ou d'observation fiables

A - Syndrome dyspeptique associant de façon variable les symptômes suivants:

1. Diagnostic positif et quantification des syndromes dyspeptiques.
2. Suivi de l'efficacité thérapeutique d'un traitement prokinétique.

B - Gastroparésies diabétiques:

1. Diagnostic positif

2. Rôle d'une éventuelle gastroparésie dans l'instabilité diabétique

C - Reflux gastro-œsophagien et Complications de la chirurgie gastrique:

D - Autres indications potentielles (liste non exhaustive)

1. Objectivation d'une atteinte motrice du tractus digestif haut dans certaines maladies de système (Sclérodermie, Polymyosite...)

2. Greffes cœur-poumons et rein-pancréas avant et parfois immédiatement après la greffe, afin de guider la réalimentation.

III. CONTRE-INDICATIONS

1. Absolues :

- Allergie aux éléments composant le repas test (œuf notamment).
- Grossesse
- Patient grabataire.

2. Interdit confessionnel du porc si le repas contient du jambon par exemple : discuter de son remplacement par d'autres protéines animales (40 à 50g de steak haché de bœuf par exemple).

IV. REALISATION DE L'EXAMEN

4.1 Informations souhaitables pour un examen de qualité

⇒ Lors de la prise du rendez-vous :

- Rechercher une contre-indication à l'examen.
- Demander si le patient est diabétique.
- Vérifier l'absence d'autre scintigraphie programmée dans les jours précédents (délai de 48 heures minimum entre deux scintigraphies au ^{99m}Tc).
- S'informer du traitement suivi par le patient, les médicaments susceptibles de modifier la vidange de l'estomac devant être arrêtés au moins 48 heures avant l'examen (cf § interactions médicamenteuses).

4.2. Information et préparation du patient

Information

• Lors de la prise du rendez-vous, préciser au patient :

- Le début de l'examen à 8 heures du matin après une nuit de jeûne (depuis la veille au soir).
 - L'arrêt 48 heures avant l'examen des traitements risquant d'interférer avec la vidange gastrique (cf § interactions médicamenteuses)
 - La durée approximative de 3 heures de l'examen.
- Son caractère non invasif, ne comportant pas d'injection.

La composition du repas dont l'œuf et le jambon

• Le matin de l'examen, préciser au patient :

- La nécessité d'ingérer le repas selon un protocole bien établi.
- La nécessité de garder la même position debout ou assise (stable et confortable) durant toutes les images.
- La durée d'examen dépendante de la vitesse de vidange avec un minimum de 3 heures.
- L'interdiction de boire et/ou manger ainsi que de fumer durant tout l'examen.
- Si possible, ne pas s'allonger entre les acquisitions (le décubitus ralentissant la vidange gastrique).
- La transmission ultérieure des résultats au médecin prescripteur car leur interprétation nécessite un traitement d'images.

Préparation du patient

- Réalisation de tous les examens le matin (variations nycthémérales).
- Repas identique pour tous les patients (et témoins).
- Même position debout ou assise pour toutes les acquisitions d'un même examen (jamais couchée).
- Pose d'électrodes thoraciques pour le repérage des images.
- Pour les diabétiques, surveillance de la glycémie avant et après la prise du repas.
- Pour les patients diabétiques ambulatoires chez qui le jeûne est à l'origine d'hypoglycémie. Discuter la réalisation de l'examen après mise en place d'une perfusion (hospitalisation éventuelle).

4.3. Précautions

- Effets secondaires possibles :
 - Allergie au repas
 - Risques liés au jeûne chez le diabétique.
- Interférences médicamenteuses possibles à rechercher par l'interrogatoire et l'examen du dossier :
 - Erythromycine.
 - Métoprolamide (et famille des benzamides).
 - Dompéridone (et famille des butyrophénones).
 - Métopimazine (et famille des phénothiazines).
 - Antihistaminiques H2.
 - Inhibiteurs de la pompe à protons.
 - Morphiniques.

4.4. Le radiopharmaceutique

Il est possible d'effectuer un radio-marquage de la phase solide seule ou un marquage séparé des deux phases solide et liquide du repas. L'examen de la phase liquide seule manque de sensibilité et n'est pas conseillé.

Le protocole de consensus américain publié en 2008 propose de ne marquer en routine clinique que la phase solide seule, et de réserver le double marquage pour les cas particuliers, notamment après chirurgie gastrique (dumping syndrome...). Nous conseillons également le double marquage dans l'étude des gastroparésies diabétiques.

A - Caractéristiques physiques des radionucléides utilisés

1. Traceur de la phase solide.

- C'est le technétium $^{99m}_{43}\text{Tc}$, radionucléide produit par un générateur molybdène-technétium. (Le molybdène $^{99}_{42}\text{Mo}$, élément père, décroît par émission β^- vers le $^{99m}_{43}\text{Tc}$ et le $^{99}_{43}\text{Tc}$ avec une période physique de 65,94 heures).
- La période physique du $^{99m}_{43}\text{Tc}$ est de 6 heures. Il décroît par émission γ (raie unique à 140 keV) vers le $^{99}_{43}\text{Tc}$ (99,9963%) (considéré comme stable, période physique égale à $0,211 \cdot 10^6$ années) et vers le ruthénium ^{99}Ru stable (0,0037%).

2. Traceur de la phase liquide

- C'est l'indium $^{111}_{49}\text{In}$, qui décroît avec une période physique de 2,81 jours par capture électronique et émission γ vers le cadmium $^{111}_{48}\text{Cd}$.

Radionucléide	Période	Energie photons γ (keV)
^{99m} Tc	6 heures	140 (99,9 %)
¹¹¹ In	2,81 jours	173 (90 %)
		247 (9 %)

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des radionucléides de la scintigraphie de la vidange gastrique.

B - Caractéristiques des molécules vectrices utilisées.

- La fixation des radioéléments doit rester stable tout au long de la vidange pour permettre une étude séparée des phases solide et liquide du repas.

Par exemple, un marquage non stable de la phase solide conduira à surévaluer le temps de vidange des solides (faussement plus rapide car la partie non liée transitera avec les liquides)

- Les traceurs utilisés ne doivent pas être absorbables, ils doivent marquer exclusivement la phase liquide ou solide du repas; le marqueur de la phase solide ne doit marquer ni la phase liquide du repas, ni le suc gastrique :

1. Le phytate est le plus utilisé pour marquer la phase solide :

- le plus souvent fixation à l'albumine après séparation du blanc et du jaune d'un œuf (la viande de bœuf ou le foie de poulet sont plus rarement proposés).
- la cuisson du repas provoque une modification de la conformation de l'albumine autour des molécules de phytate. Le phytate est piégé au sein d'une "cage" moléculaire d'albumine.

2. Les liquides sont marqués par l'intermédiaire du DTPA qui est hydrophile. L'¹¹¹In-DTPA est dilué dans un petit volume de sérum physiologique et mélangé :

- à un verre d'eau le plus souvent.
- plus rarement à un verre de jus d'orange ou à un verre de lait.

C - Préparation du radiopharmaceutique.

Cette préparation ne s'applique que pour le technétium avec le phytate, l'indium 111 étant directement livré sous la forme du complexe ¹¹¹In-DTPA que l'on ne modifiera pas.

1. Préparation de la trousse de phytates :

- Placer le flacon de phytates dans une protection blindée, ôter l'opercule et désinfecter le bouchon.
- Dans la hotte blindée, à l'aide d'une seringue de 5mL, prélever au maximum 1000 MBq dans un volume de 5 mL d'un éluat stérile de pertechnétate de sodium [^{99m}Tc] (à partir d'un générateur de technétium [^{99m}Tc] dont la précédente élution date de moins de 24 heures).
- Transférer la solution de pertechnétate de sodium [^{99m}Tc] dans le flacon de phytates.
- Ne pas utiliser d'aiguille de mise à l'air car le contenu du flacon est sous azote; après introduction du volume de pertechnétate de sodium, prélever, sans retirer l'aiguille du bouchon, un volume équivalent de gaz (azote) afin d'éviter toute surpression dans le flacon.
- Agiter pendant 2 minutes environ.
- Mesurer l'activité totale du flacon et l'étiqueter.

2. Contrôle de qualité par CCM de la suspension de phytates :

• Migration et séparation des espèces chimiques

- Déposer à 1 cm du bord inférieur d'une bandelette CCM type Whatmann 1 ou équivalent une goutte de la préparation et laisser sécher le dépôt à l'air libre.
- Placer la bandelette dans la cuve chromatographique.
- Laisser migrer la phase mobile (méthanol/eau; 80/20) jusqu'à 0,5 cm du bord supérieur de la bandelette.
- Laisser sécher la bandelette.

• Lecture des bandelettes de CCM :

- Déterminer la distribution de la radioactivité le long du chromatogramme à l'aide d'un détecteur approprié.
- Identifier chaque tache radioactive par le Rf, celui du phytate de ^{99m}Tc étant égal à 0 et celui de l'ion pertechnétate (^{99m}Tc libre) étant égal à 0,6.

• Expression des résultats :

Le calcul de la pureté radiochimique (PRC) est effectué selon la formule :

- $\text{PRC} (\%) = (\text{Phytate de } ^{99m}\text{Tc} / (\text{Phytate de } ^{99m}\text{Tc} + ^{99m}\text{Tc libre})) \times 100.$
- La PRC doit être au moins égal à 95%;

3. Conservation et stabilité :

- Le flacon doit être conservé dans sa protection de plomb, à une température comprise entre +2°C et +8°C.
- La suspension ainsi préparée doit être utilisée dans un délai de 6 heures. et la suspension doit être agitée avant chaque prélèvement.

4. Préparation de la seringue de phytates :

- La suspension doit être agitée avant chaque prélèvement.
- Désinfecter le bouchon du flacon de phytates.
- Prélever à l'aide d'une seringue une activité de 37 à 55 MBq de phytates technétiés qsp 1 mL de sérum physiologique si nécessaire.

4. *Préparation de l'omelette pour les repas à base d'œuf :*

- Casser un œuf frais dans un bol en prenant soin de bien séparer le blanc du jaune.
 - Piquer la surface du blanc d'œuf par une vingtaine de points d'injection avec la seringue de phytates de ^{99m}Tc
 - Battre l'œuf (jaune et blanc) pendant une minute et faire cuire l'omelette avec par exemple 1/3 d'une plaquette de beurre de 10g (le reste de la plaquette est utilisé pour tartiner les biscottes).
- Δ *L'omelette doit être bien cuite ("dure" non baveuse) pour assurer une bonne stabilité du marquage albumine- phytates de ^{99m}Tc .*
- Δ *La quantité de graisses utilisées pour faire cuire l'omelette peut influencer notablement le temps de vidange : il faut utiliser la même quantité de matière grasse pour chaque repas, d'où l'intérêt d'utiliser une plaque de beurre de 10g pour la reproductibilité.*

5. *Préparation des repères cutanés :*

- Préparer dans une seringue de 2 mL 20 MBq de pertechnétate ($[\text{}^{99m}\text{Tc}]\text{TcO}_4^-$) qsp 2mL de sérum physiologique.
- Utiliser une aiguille 18G et le biseau toujours positionné de la même façon pour que les gouttes aient un volume constant d'un examen à l'autre.
- Disposer les repères (électrodes par exemple) sur un plateau en carton et déposer dessus une goutte de $[\text{}^{99m}\text{Tc}]\text{TcO}_4^-$.
- Eviter le contact direct entre la peau et la partie du repère sur laquelle a été déposée la goutte de pertechnétate. (par exemple, remettre en place la protection de chaque électrode).
- On vérifiera sous la caméra que les électrodes sont visibles (signal ni trop faible ni trop intense) avant de les positionner sur le patient.

E - Activité administrée, mode d'administration et données dosimétriques

1. *Activité administrée et mode d'administration.*

- 5,5 à 9,25 MBq d' ^{111}In -DTPA dans une seringue de 2mL de sérum physiologique, mélangés par la suite à un verre d'eau le plus souvent (100 mL).
- 37 à 55 MBq de phytates de ^{99m}Tc avec l'omelette.

Δ Le rapport d'environ 1 à 5 entre l'activité d'indium et celle de technétium vise à limiter la contribution du front Compton de l'indium dans la fenêtre du pic photo-électrique du technétium.

2. Dosimétrie.

L'activité administrée variant sensiblement d'un centre de Médecine Nucléaire à un autre, les données dosimétriques sont exprimées en mSv/MBq.

Isotopes	Dose efficace mSv/MBq	Equivalent de dose/organe critique mSv/MBq
^{99m} Tc-œuf	0,024	0,12 *
¹¹¹ In-DTPA	0,31	2,16**

*organe critique = colon

**organe critique = sigmoïde

Tableau 2 : Dosimétrie de la vidange gastrique. Pour un repas radiomarké avec 7,4 MBq d'indium 111 et 37 MBq de technétium 99m, la dose efficace est de 3,1 mSv.

4.5. Interventions.

- Type d'intervention : Des tests pharmacologiques avec le métoclopramide ou d'autres drogues prokinétiques (érythromycine IV notamment) peuvent être proposés comme tests pré-thérapeutiques.
- Surveillance et mesures de sécurité : ces tests ne réclament pas de surveillance spécifique.

4.6. Acquisition des images.

1. Contrôle de qualité des gamma-caméras.

- Caméra si possible double-détecteur équipée d'un collimateur parallèle moyenne énergie usage général dans le cas d'une vidange isotopique mixte solides-liquides ou d'un collimateur basse énergie dans le cas d'une exploration isolée de la phase des solides.
- Pour le réglage spectrométrique de l'indium et du technétium réalisé dans le cadre des opérations de calibrage du (des) détecteurs, contrôle de l'uniformité de réponse sur le champ de vue de chaque gamma-caméra et de la position des pics d'absorption totale sur les fenêtres en énergie de l'indium et du technétium:

Radionucléides	Pics d'émission	Fenêtres (%)	Fenêtres (keV)
^{99m} Tc	140 keV	± 10%	126-154 keV
¹¹¹ In	173 keV	± 10%	155-189 keV
	247 keV	± 10%	221-271 keV

Tableau 3 : Fenêtres spectrométriques recommandées pour l'acquisition en double isotope. Un réglage différent peut être préconisé par le fournisseur de gamma-caméras, notamment une fenêtre en énergie de ± 7,5% sur les systèmes de dernière génération. Dans ce cas, tous les examens doivent être réalisés avec les mêmes paramètres.

2. Séquences d'imagerie.

- Faire démarrer le chronomètre au début du repas.
- Début des acquisitions 10 minutes après le début du repas :
 - Le repas doit être pris idéalement en 6 minutes.
 - Le verre d'eau radiomarké est alors donné en fin de repas à la 6^{ème} minute.
 - L'indium doit être rajouté au dernier moment dans le verre d'eau (évite les contaminations quand le verre est malheureusement renversé).

- Le verre doit être en verre et non en plastique pour que l'indium ne s'adsorbe pas sur la paroi.
- Fréquence des acquisitions images :
 - Protocole court (consensus américain) : une acquisition toutes les heures jusqu'à 3 à 4 heures. C'est le protocole à mettre en place en routine clinique.
 - Protocole long : toutes les 10 minutes la première heure puis toutes les quinze à 20 minutes par la suite. C'est l'ancien protocole, et il peut être utile lorsqu'on désire une étude plus détaillée du processus de vidange (calcul de la lag phase...), lors d'étude clinique lorsque la vidange sert de gold standard...
 - Arrêt des acquisitions quand au moins 2/3 de l'activité gastrique initiale a quitté l'estomac.
 - La durée moyenne de l'examen est de 3 heures (2 à 4 heures).

3. Acquisition.

- Le grand axe de la gamma-caméra est utilisé comme axe vertical :
 - L'apophyse xiphoïde correspond au cardia et sera centrée une dizaine de centimètres au dessous du bord supérieur du champ de vue de la caméra.
 - On ne risque pas ainsi d'exclure une partie de l'estomac, l'antré en particulier qui n'est pas toujours visible lors des premières acquisitions.
 - Le tiers inférieur de l'œsophage est inclus dans le champ ce qui permet de mettre en évidence d'éventuel(s) reflux gastro-œsophagien(s).
 - De plus, l'utilisation d'un grand champ permet l'acquisition de toute l'activité intestinale (grêle et colique).
- Images planaires d'une minute en 128*128 (possible aussi en 64*64):
 - Un format supérieur n'est ni souhaitable (taille des fichiers), ni utile (quantification essentiellement).
 - Le zoom est en général à éviter pour ne pas couper une partie de l'activité gastrique, et si on désire acquérir toute l'activité intestinale afin d'exprimer les pourcentages de rétention gastrique comme une proportion de l'activité abdominale (cf traitement des images).
- Double incidence antérieure et postérieure pour chaque point de mesure.
- Double isotope pour les vidanges mixtes solides-liquides (cf § contrôles de qualité).
- Patient debout ou assis mais dans la même position pour toutes les acquisitions de l'examen.
- Le repositionnement devant la gamma-caméra est contrôlé par les repères cutanés (2 électrodes antérieures et postérieures)(cf § préparation des électrodes).
 - Attention à ne pas superposer une électrode avec l'activité gastrique et intestinale.
 - Le repérage de la position des pieds au sol peut également être utile.
- En fin d'examen, le médecin nucléaire ayant vérifié la cohérence de la série d'incidences pour le calcul des temps de vidange, les électrodes sont retirées en vérifiant l'intégrité de la protection et l'absence de contamination cutanée.

4.7. Traitement des images

Un soin particulier doit être apporté à la réorganisation manuelle des fichiers images (antérieurs technétium et indium, postérieurs technétium et indium dans le cas d'une vidange solides-liquides) ou à la vérification d'une réorganisation automatique. A ce titre, il est conseillé de revisualiser les images de chaque fichier une à une ou en mode ciné.

1. Tracé des régions d'intérêt (RDI) gastriques :

Le tracé des RDI doit s'attacher à bien délimiter l'antré de l'intestin. En revanche, le tracé peut être plus "lâche" autour du reste de l'estomac.

Construction d'images sommes pour chaque fichier.

Tracé d'une RDI antérieure et d'une RDI postérieure de préférence sur les images sommes indium (la vidange liquide étant plus rapide que la vidange solide, l'image somme indium prend en compte les différents contours de l'estomac du début jusqu'à la fin du processus de vidange).

Enregistrer et réappliquer ces RDI sur les séries technétium.

Revisualiser et repositionner les RDI sur les images qui le nécessitent.

Les données expérimentales brutes correspondent à l'activité gastrique à l'intérieur des RDI pour chaque image.

2. Corrections (dans l'ordre de mise en œuvre) :

Les corrections vont permettre d'élaborer des courbes d'activité temporelle (TAC) à partir des données expérimentales brutes tirées des RDIs. Les corrections sont à mettre en œuvre dans l'ordre suivant :

a) Si double-marquage : Correction de la contamination des photons de l'indium dans la fenêtre spectrométrique du technétium » : le facteur de correction antérieur (FCa) est légèrement supérieur au facteur postérieur (FCp) (étude sur fantômes ; FCa = 0,44 et FCp = 0,37 pour des fenêtres en énergie de $\pm 10\%$ et rapport d'activité précité). Ainsi 44% des coups de l'indium participent au pic du technétium en incidence antérieure, et 37% en postérieure. On corrige ainsi les courbes technétium en soustrayant 44% et 37% des coups de l'indium au nombre total de coups en technétium, respectivement en incidence antérieure et en incidence postérieure.

Si le rapport de 1 à 4 ou 5 est respecté entre les activités d'indium et de technétium, le nombre de coups indium qui contribue à former le pic du technétium reste finalement faible (en incidence antérieure, 44% de 20 à 25% de l'activité technétinée représente une contribution de l'ordre de l'ordre de 10%).

$$N_{Tc} = N_{Tc-Tc} + N_{In-Tc} \text{ et } N_{In} = N_{In-In}$$

$$N_{In-Tc} = FC \times N_{In-In}$$

$$N_{Tc-Tc} = N_{Tc} - (FC \times N_{In-In})$$

$$\text{en face antérieure } N_{Tc-Tc} = N_{Tc} - (0,44 \times N_{In-In})$$

$$\text{en face postérieure } N_{Tc-Tc} = N_{Tc} - (0,37 \times N_{In-In})$$

b) Correction de décroissance sur les courbes technétium (l'absence de correction conduit à une sous-estimation des temps de la vidange des solides).

$$N_{Tc-Tc - \text{correction} - \text{décroissance}} = N_0 = N_t \exp^{+(0,693t/360)}$$

c) Correction de profondeur par la moyenne géométrique des courbes antérieure et postérieure, pour le technétium et pour l'indium. On passe ainsi de 4 à 2 séries de données (solides et liquides).

$$N_{\text{moyenne-géométrique}} = \sqrt{N_{\text{ant}} \times N_{\text{post}}}$$

- Normalisation des deux courbes résultantes par l'activité maximale de chaque série technétium et indium. Préférer une normalisation par rapport à l'activité maximale plutôt que par rapport à l'activité de la première acquisition :

- l'activité maximale n'est pas obligatoirement celle de la première acquisition en raison des phénomènes de déplacements postéro-antérieurs et surtout d'auto-atténuation du repas par lui-même quand il est « concentré » dans le fundus.

- cette erreur peut conduire à obtenir des taux de rétention supérieur à 100% avec comme conséquence un allongement parfois important du temps de vidange.

3. Ajustement des courbes par un modèle.

- Il n'existe pas de consensus sur la nécessité de modéliser les TACs ou non.

- Si on choisit de ne pas les modéliser, on utilisera le taux de rétention à 2 heures et/ou à 3 heures pour « quantifier » la vidange gastrique. Très facile à mettre en œuvre et à utiliser, cette façon de procéder expose à un inconvénient majeur qui est que la qualité de l'évaluation ne repose que sur le seul point de mesure à 2 et/ou 3 heures. Une seule erreur de mesure peut ainsi affecter directement le diagnostic et la reproductibilité du test

- Quelque soit le protocole d'acquisition, nous conseillons d'ajuster les courbes des moyennes géométriques par un modèle mathématique afin de calculer des paramètres de vidange qui tiennent compte de tous les points acquis :

- o Cela permet en outre de calculer d'autres paramètres de la vidange tel que le temps de demi-vidange qui est un des paramètres le mieux documenté dans la littérature.

- o Le temps $t = 0$ correspond au début de la première acquisition et non au début du repas.
- o Le modèle mathématique doit comporter au plus deux paramètres et bien décrire les courbes ("être physiologique").
- o La vidange des liquides est de type exponentiel.
- o Chez le sujet normal et dans les cas pathologiques où le réflexe prandial est conservé, la vidange des solides est bi-phasique, avec une phase de latence initiale (lag phase) de vitesse de vidange quasi-nulle (phase de broyage et de mélange des aliments solides avec les sucs gastriques) suivie d'une phase de vidange proprement dite (encore appelée vidange à taux constant).
- o Les fonctions puissance-exponentielles décrivent bien les différents aspects des vidanges liquides et solides. Les deux modèles mathématiques les plus utilisés sont celui d'Elashoff J. et al et de Siegel J. et al. et donnent des résultats équivalents :

$$e(t) = 2^{(t/\tau)^Y} \quad \text{Elashoff J. et al}$$

$$s(t) = 1 - (1 - e^{kt})^Y \quad \text{Siegel J. et al}$$

- o L'ajustement du modèle aux données expérimentales doit être réalisé par une méthode non linéaire des moindres carrés.

4. Calcul des paramètres de la vidange.

Ils sont dérivés des paramètres de la fonction mathématique après ajustement. Les principaux paramètres de la vidange sont :

- Le temps de demi-vidange.
- Le pourcentage de rétention intra-gastrique à 120 minutes (il est alors déduit de la courbe modélisée, et tient compte de l'ensemble des points acquis).
- Les temps de lag phase-et de vidange à taux constant des solides.

4.8. Interprétation des images

1. Qualitatif visuel

La revisualisation des images une à une ou en mode ciné permet :

- de mettre en évidence d'éventuel(s) reflux gastro-œsophagien(s).
- de s'assurer que la RDI n'inclut pas des régions intestinales (et/ou une électrode cutanée) et que tout l'estomac est bien inclus dans la RDI sur chaque image

2. Quantitatif

Les paramètres de la vidange sont comparés aux normes établies chez des témoins.

- Cette comparaison permet de définir des retards de vidange et/ou de vidange accélérée.
- Les éventuelles anomalies des paramètres de la vidange sont également à interpréter en fonction :
- . des examens antérieurs
- . des éventuelles prises médicamenteuses
- . des antécédents de chirurgie gastrique.

4.9. Artefacts et sources d'erreurs

- Patient non à jeun (allongement du temps de vidange).
- Repas pris incomplètement (raccourcissement du temps de vidange) :
- Mieux vaut prolonger la prise du repas jusqu'à la 10^{ème} minute que de l'interrompre à la fin de la 6^{ème} minute si la patient n'a pas terminé.
- Chez certains patients, il peut être nécessaire d'allonger encore la durée du repas afin qu'il soit complètement ingéré :

- il faut alors corriger les courbes si la première acquisition est faite après la 10^{ème} minute après le début du repas.

$$t_0 = 0 + t_{\text{retard}} \text{ avec } t_{\text{retard}} = t_{\text{première-acquisition}} - 10$$

ex : si $t_{\text{première-acquisition}} = 15$ min. après le début du repas

alors $t_{\text{retard}} = t_0 = 5$ min.

- Repas non adapté aux habitudes alimentaires du patient et responsable de dégoût (et notamment de nausées avec l'omelette entraînant un allongement du temps de vidange).
- Vomissements après la prise du repas ou pendant le cours de l'examen (résultats ininterprétables).
- Mauvais marquage de la phase solide (raccourcissement du temps de vidange des solides, dont une partie transite avec les liquides nécessitant de refaire un marquage si le rendement de marquage est inférieur à 92 % sur deux contrôles).
- Reflux gastro-œsophagien (allongement du temps de vidange).
- Superposition d'anses intestinales ou d'électrodes aux RDI's gastriques (allongement du temps de vidange).
- Ajustement des courbes par rapport au début du repas et non par rapport à la première acquisition. L'erreur de mesure résultante est un allongement de 10 minutes du temps de vidange.
- Changement de l'intervalle entre les acquisitions sans changement correspondant sur l'axe des temps des courbes ajustées par le modèle mathématique.

4.10. Le compte-rendu de l'examen

L'arrêté du 22 septembre 2006 impose de faire apparaître dans le compte rendu de l'acte, établi par le médecin réalisateur, les informations justifiant l'acte, les procédures et les opérations réalisées ainsi que les informations utiles à l'estimation de la dose.

Selon cet arrêté, le compte rendu d'acte doit mentionner, en plus de l'identification du patient et du médecin réalisateur, de la date de la réalisation de l'acte et des éléments de justification:

- la procédure optimisée utilisée,
- les éléments d'identification du matériel,
- les informations utiles à l'estimation de la dose reçue, soit:
 - le nom du ou des radiopharmaceutiques,
 - le ou les radionucléides utilisés (inclus dans le radiopharmaceutique),
 - l'activité administrée,
 - le mode d'administration
- en cas de couplage avec un système d'imagerie à rayons X (ou scanographie), le Produit Dose Longueur (PDL), s'il est accessible ou à défaut les éléments disponibles parmi les suivants : la longueur examinée, l'Indice de Dose Scanographique (IDS), l'Indice de Dose Scanographique volumique (IDSv).

Le compte rendu et tous les autres documents (courbes, images...) doivent comporter obligatoirement :

- le nom du patient.
- la date de l'examen.
- Le compte rendu doit comporter des informations sur le service de Médecine Nucléaire, le nom du médecin nucléaire et celui du clinicien prescripteur (ou du service).
- Il est conseillé de rappeler brièvement l'indication de l'examen.
- Le type de repas et l'activité ingérée en MBq, le numéro de lot du radiopharmaceutique, le protocole d'imagerie, le type de modèle mathématique et la méthode d'ajustement doivent être précisés dans un paragraphe "technique d'examen" du compte rendu.
- Les résultats de l'examen doivent être colligés dans un paragraphe "résultats" du compte rendu sous la forme de valeurs (et unités) des paramètres de la vidange comparées aux normes (intervalle de confiance à 95 %).
- Il est utile de présenter les courbes expérimentales des moyennes géométriques normalisées par l'activité maximale pour les solides et les liquides :
 - avec leur ajustement mathématique
 - et/ou avec une représentation de l'intervalle de confiance de normalité.

- Il est également conseillé de rendre des images :
 - des séries dynamiques avec les RDI
 - ou des images sommes avec les RDI
- Le compte rendu doit comporter obligatoirement une conclusion et la signature du médecin nucléaire.

V. PRECAUTIONS DE RADIOPROTECTION

1. Gestion des déchets

La gestion des déchets suit les règles générales de radioprotection applicables à tous les services de Médecine Nucléaire (cf procédure).

Nous rappelons ici les points essentiels concernant la vidange gastrique isotopique :

- Les déchets technétium et indium doivent être collectés dans des poubelles différentes :
 - Les déchets du technétium (notamment seringues) dans une poubelle "demi-vie courte".
 - Les déchets de l'indium dans une poubelle de stockage "demi-vie longue".
 - Les aiguilles dans la boîte à aiguilles, qui une fois pleine sera stockée dans le local de décroissance dans une poubelle "demi-vie longue".
- La vaisselle :
 - L'assiette jetable dans la poubelle "demi-vie courte".
 - La vaisselle non jetable (verre, couverts, poêle, bol...) :
 - . trempage 1 à 2 heures dans une solution décontaminante,
 - . puis lavage avec du produit vaisselle et rinçage abondant dans l'évier du réseau actif,
 - . enfin séchage sur le plan de l'évier.
- Le reste du flacon d'indium est stocké une semaine dans un château de plomb, puis vidé dans le réseau actif. Le flacon vide est jeté dans la poubelle "demi-vie longue".
- Le reste du flacon de sulfure colloïdal de technétium est jeté dans le réseau actif puis le flacon vide est jeté dans la poubelle "demi-vie courte".
- Les repères cutanés sont jetés en fin d'examen dans la poubelle "demi-vie courte".

B. Personnel soignant et familles des patients

Les règles de radioprotection suivent les mêmes règles générales de radioprotection applicables à tous les services de Médecine Nucléaire (cf. procédure).

Il n'y a pas de spécificité pour l'examen de vidange gastrique concernant le personnel du service.

Il n'y a pas de conseil spécifique délivré au patient et à son entourage.

C. Urines selles et prélèvements sanguins

Pendant la durée de présence du patient dans le service, le patient utilise les toilettes reliées au réseau actif.

Il n'y a pas de prélèvement sanguin.

D. Conduite à tenir en cas d'administration erronée à un patient à qui le radiopharmaceutique n'était pas destiné.

Ce type d'accident n'a jamais été rapporté puisque le patient ne subit aucune injection.

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

Aucun décès n'a été rapporté pendant ou au décours d'une vidange gastrique. Cependant, si une telle situation devait se présenter après l'ingestion du repas radiomarqué, la faible activité ingérée ne nécessite pas de conduite particulière en terme de radioprotection.

VI. PRECAUTIONS VIS A VIS DU RISQUE INFECTIEUX

A. Produits sanguins

Aucun produit sanguin n'est utilisé pour l'examen.

B. Prévention des infections nosocomiales

Utilisation de matériel à usage unique (seringues et aiguilles) même si aucune injection ne doit être réalisée.

VII. REFERENCES

1. Elashoff JD , Reedy TJ, Meyer JH. Analysis of gastric emptying data. *Gastroenterology* 1982;83:1306-1312.
2. Couturier O, Le Rest C, Gournay J, Pourdehnad M, Bridji B, Turzo A et al. Gastric Emptying of solids: estimates of lag phase and constant emptying times. *Nuc Med Communications* 2000;21:665-675.
3. Couturier O, Bodet-Milin C, Querellou S, Carlier T, Turzo A, Bizais Y. Gastric scintigraphy with a liquide-solid radiolabeled meal : performance of solid and liquid parameter. *Nucl Med. Communications* 2004;25:1143-1150.
4. Blanc F, Salain PY, Couturier O, Querellou S, LeDuc-Pennec A, Mougin-Degraef M et al. Technetium-99m ovalbumin labeled eggs for gastric emptying scintigraphy : in vitro comparison of solid food markers. *Nucl Med Communications* 2005;26:1021-25.
5. Donohoe KJ, Maurer AH, Ziessman HA, Urbain JL, Royal HD. Procedure guideline for gastric emptying and motility. *Society of Nuclear Medicine. J Nucl Med* 1999;40:1236-39.
6. Couturier O, Victor G, Faivre-Chauvet A, Baulieu F, Le Rest C, Bridji B, et al. Guide de bonnes pratiques en scintigraphie de la vidange gastrique. *Méd Nucl* 2002;26:211-219.
7. Abell TL, Camilleri M, Donohoe K, Hasler WL, Lin HC, Maurer AH, et al, Consensus recommendations for gastric emptying scintigraphy: A joint report of the American Neurogastroenterology and Motility Society and the Society of Nuclear Medicine. *J Nucl Med Technol* 2008;36:44-54. [article publié conjointement dans: *Am J Gastroenterol* 2008;103: 753-63].
8. Maurer AH, Knight LC, Charkes ND, Vitti RA, Krevsky B, Fisher RS et al. Comparison of left anterior oblique and geometric mean gastric emptying. *J Nucl Med* 1991; 32:2176-2180.
9. Meyer JH, Van Deventer G, Graham LS, Thomson J, Thomasson D. Errors and corrections with scintigraphic measurements of gastric emptying of solid foods. *J Nucl Med* 1983;24:197-203. Siegel J.A., Urbain J.L., Adler L.P. et al. Biphasic Nature of gastric emptying. *Gut* 1988;29:85-89.
10. Siegel JA, Wu RK, Knight LC, Zelac RE, Stern HS, Malmud, LS. Radiation dose estimates for oral agents used in upper gastrointestinal disease. *J Nucl Med* 1983; 24:835-837.
11. Tothill P, Mc Loughlin GP and Heading RC. Techniques and errors in scintigraphic measurements of gastric emptying. *J Nuc Med* 1978;19:256-261.
12. Urbain JL, Siegel JA, Charkes ND, Maurer A, Malmud L. The two component stomach : effects of meal particle size on fundal and antral emptying. *Eur J Nucl Med* 1989;15:254-259.
13. Knight LC, Malmud LS. Tc-99m ovalbumin labeled eggs : comparison with other solid food markers in vitro. *J Nucl Med* 1981;22:28.
14. Jian R, Lémann M, Rain JD. Intérêt de la scintigraphie gastrique dans l'exploration des troubles primitifs et postchirurgicaux de la vidange gastrique. *Médecine Nucléaire* 1996;20:174-178.
15. Bodet-Milin C, Querellou S, Oudoux A, Haloun A, Horeau-Langlard D, Carlier T, et al. Delayed Gastric emptying in cystic fibrosis patients before and after lung transplantation. *J Heart and Lung Transplantation* 2006;25:1077-83.
16. Salain PY, Oudoux A, Querellou S, Valette F, Bodet-Milin C, Carlier T, et al. Gastric emptying rate assessment based on the proportion of intra-abdominal radioactivity in the stomach. *Nucl Med Communications* 2006;27:431-7.

VIII. ANNEXES

A. Données administratives concernant l'examen et sa cotation

1. CCAM du 14 mars 2008 :

- HFQL003 : Scintigraphie du transit gastrique ou duodéal par substance solide ou liquide avec épreuve pharmacologique. Tarif 265,28€.
- HFQL004 : Scintigraphie du transit gastrique ou duodéal par substances solide et liquide sans épreuve pharmacologique. Tarif 397,92€.
- HFQL001 : Scintigraphie du transit gastrique ou duodéal par substances solide et liquide avec épreuve pharmacologique. Tarif 397,92€.

B. Exemple de fiche d'information du patient avec un exemple de repas test.

Fiche d'information à l'usage des patients bénéficiant d'une scintigraphie de vidange gastrique

Madame, Monsieur,

Votre médecin a prescrit la réalisation d'un examen scintigraphique. Le médecin de Médecine Nucléaire est qualifié pour juger avec votre médecin de l'apport potentiel de cet examen et pour vous en expliquer l'intérêt. Cet examen ne sera réalisé qu'avec votre consentement.

Lors de la prise de rendez-vous, le service où sera réalisé l'examen vous indiquera la marche à suivre qui dépend de l'organe exploré.

Il est important que vous veniez avec vos examens antérieurs ainsi qu'avec la liste écrite des médicaments que vous prenez.

-Qu'est-ce qu'une scintigraphie de la vidange gastrique?

Il s'agit d'un examen d'imagerie médicale réalisé dans un service de médecine nucléaire. Il est destiné à apprécier le fonctionnement de l'estomac après l'ingestion d'un repas. L'estomac n'est pas un simple réservoir. Il broie et mélange les aliments avec les sucs gastriques puis les évacue lentement vers l'intestin. D'où le nom de scintigraphie de vidange gastrique.

La scintigraphie gastrique mesure le temps de travail de votre estomac. Ce temps peut être perturbé en cas de dysfonctionnement. Cet examen est utile à votre médecin pour comprendre et traiter les symptômes dont vous souffrez.

- Préparation de l'examen:

Vous ne devez arrêter aucun de vos médicaments habituels sans avis de votre médecin.

Vous devez être à jeun depuis la veille au soir minuit.

Signalez, dès la prise de rendez-vous, vos éventuelles allergies (notamment à l'œuf) et si votre confession interdit la prise de jambon (porc).

-Réalisation de l'examen :

Vous devrez manger un repas-test. Ce repas, identique pour tous les patients, est composé:

- d'une omelette
- d'une tranche de jambon
- de deux biscottes beurrées
- d'un verre de jus d'orange
- et d'un verre d'eau (que vous ne pourrez boire qu'à la fin du repas).

Après avoir mangé en 6 minutes ce repas, vous serez placé à intervalles réguliers devant un appareil qui prend des clichés, appareil appelé gamma-caméra. Vous resterez habillé(e) mais devrez retirer tout objet métallique (notamment les chaînes de tour du cou). Chaque image dure une minute et est réalisée en position assise ou debout. Entre chaque image, vous pourrez marcher ou rester assis(e). Vous ne serez pas autorisé à fumer, boire ou grignoter après la prise du repas tant que l'examen ne sera pas terminé. L'examen dure de 2 à 3 heures selon votre estomac. Il est conseillé d'amener de la lecture ou toute autre occupation.

- Risques éventuels et dose d'irradiation :

Deux produits radioactifs, en très petite quantité (à l'état de traces) auront été ajoutés, l'un au blanc d'œuf (fixation du produit par la chaleur ce qui explique le fait que l'omelette soit bien cuite) et l'autre au verre d'eau. Les rayons émis permettent de suivre séparément la vidange des aliments solides (omelette, jambon, biscotte) et celle des liquides (eau et jus d'orange).

La radioactivité administrée est aussi faible que possible et disparaît par décroissance radioactive et par élimination en quelques heures. La dose d'irradiation délivrée à l'organisme est très basse et

correspond à l'irradiation reçue pendant une à deux années d'irradiation naturelle (soleil, radioactivité du sol) ou radioactivité naturellement présente dans l'organisme. Le risque de cancer induit par une irradiation aussi faible n'a jamais été démontré. L'examen est absolument indolore puisqu'il n'y a pas d'injection.

- Grossesse, retard de règles et allaitement :

Les examens sont habituellement réalisés en l'absence de risque de grossesse.

Si vous êtes enceinte ou si vous avez un retard de règles, signalez le sans tarder. La demande de scintigraphie gastrique ne découlant pas d'une situation d'urgence, l'examen peut facilement être reprogrammé.

-Après l'examen :

Le médecin réalisateur de l'examen transmettra à votre médecin le compte-rendu de l'examen et ses conclusions.

La radioactivité s'éliminant dans les urines, des consignes d'hygiène sont à respecter pour une durée qui vous sera précisée. Tirer deux fois la chasse d'eau, essuyer toutes projections, se laver les mains.

Si vous devez être hospitalisé dans les jours qui suivent, signalez au service d'hospitalisation que vous avez eu un examen scintigraphique.

Certains lieux comportent des détecteurs de radioactivité (aéroports, certains postes frontières...) que vous pouvez déclencher parfois plusieurs jours après l'examen. Un certificat indiquant l'élément radioactif qui vous a été administré peut vous être fourni sur demande.

C. Normes.

Valeurs normales des paramètres de la Vidange Gastrique : Ces normes ont été établies chez 53 volontaires sains avec le repas test décrit dans la procédure. Les auteurs attirent l'attention du lecteur sur le fait que ces valeurs ne sont valables qu'avec ce repas test ; des valeurs normales différentes doivent être considérées pour interpréter un test de vidange gastrique réalisé avec un autre repas (de composition et de charge calorique différentes).

Témoins	n	T_{1/2 solide} (min.)	α_{solide} (sans dimension)	T_{1/2 liquide} (min.)	α_{liquide} (sans dimension)
Femme	11	81,95 ±18,83	2,04 ± 0,51	39,88 11,26	± 0,89 ± 0,16
Homme	42	73,72 13,75	± 1,98 ± 0,36	41,59 ± 17,2	0,95 ± 0,26
Groupe Entier	53	75,43 ±15,13	2 ± 0,39	41,24 16,06	± 0,94 ± 0,24