

# INNOVATIONS EN RADIOLOGIE QUE RETENIR DE 2016 ?

Le CT spectral IQON fabriqué par Philips Healthcare (Cleveland, OH) a été installé début mai 2016 dans notre service de radiologie. Nous effectuons en moyenne 40 patients par jour sur ce CT avec environ la moitié d'entre eux venant directement de la salle d'urgence. Après quelques mois d'utilisation, cette machine qui possède une couverture de 4 cm, un temps de rotation de 0,28 sec et une analyse des données spectrales "à la demande" apparaît particulièrement bien adaptée à l'imagerie des urgences. Cette nouvelle technologie va très probablement changer notre approche chez les patients chez qui le CT constitue bien souvent l'examen de première ligne. Le poste de travail spectral ISPP (intellispace portal) est conçu pour afficher les données spectrales très rapidement après l'acquisition des données CT. Le radiologue est capable de charger les images et d'analyser les données spectrales dans les 2-3 minutes suivant l'examen. Le but de cet article est de partager avec vous notre expérience préliminaire avec le CT IQON et de mettre en évidence les applications les plus utiles en situation d'urgence.

*Emmanuel Coche, Etienne Danse*

**MOTS-CLÉS** ► Tomographie computerisée, imagerie, CT spectral, urgences abdominales, embolie pulmonaire

## Innovations in radiology : what 2016 brought us ?

The IQON spectral CT scanner manufactured by Philips Healthcare has been installed at the beginning of May 2016 in our department of radiology. The CT scanner is performing all types of examinations but is more dedicated to patients referred from the emergency unit. We are performing an average of 40 patients per day with approximately half of them coming directly from the emergency room. After a few months of use, this machine with a 4 cm coverage, rotation time of 0.27 sec and spectral data analysis "on demand" appears especially designed for emergency cases and will definitely change our work-up of such patients where CT constitutes the front line examination with a major role in patient triage. The Spectral Diagnostic Suite is designed to display the spectral data very rapidly after the CT acquisition. The radiologist is able to load the images and analyze the spectral data within 2-3 minutes. In the scenario of emergency situations, some characteristics of the spectral CT seem very promising. The aim of this article is to share with you our preliminary experience of the IQON CT and highlight the applications which seem to be the most useful in the emergency situations.

### KEY WORDS

Spectral CT, computed tomography, abdominal emergencies, pulmonary embolism

## SOMMAIRE

**LA TDM À DOUBLE ÉNERGIE OU SPECTRALE**

## AFFILIATIONS

Département de radiologie  
Cliniques universitaires Saint-Luc,  
avenue Hippocrate 10,  
B-1200 Bruxelles

## CORRESPONDANCE

Pr. Emmanuel Coche  
Emmanuel.coche@uclouvain.be

## LA TDM À DOUBLE ÉNERGIE OU SPECTRALE

### PRINCIPES DE BASE

Le faisceau à rayons X est polychromatique et composé par des photons comportant une large gamme d'énergies. L'image «polychromatique» visualisée au CT conventionnel est générée par l'utilisation du spectre complet des énergies photoniques au kilovoltage sélectionné par l'opérateur (par exemple 80-140 kVp) (figure 1). Le terme TDM à double énergie fait référence à la TDM qui utilise deux spectres d'énergie ; on l'appelle également de façon courante TDM spectrale (figure 2). En pratique clinique, ces deux spectres sont générés soit par deux tubes délivrant des rayons X d'énergie différente (kVp), soit un seul tube à rayons X oscillant de façon rapide à deux énergies différentes ou un seul tube à rayons X avec une double couche de détecteurs sensibles à des énergies différentes. La discrimination entre les différents matériaux est basée sur les coefficients d'absorption différents dans deux bandes d'énergie du spectre RX.

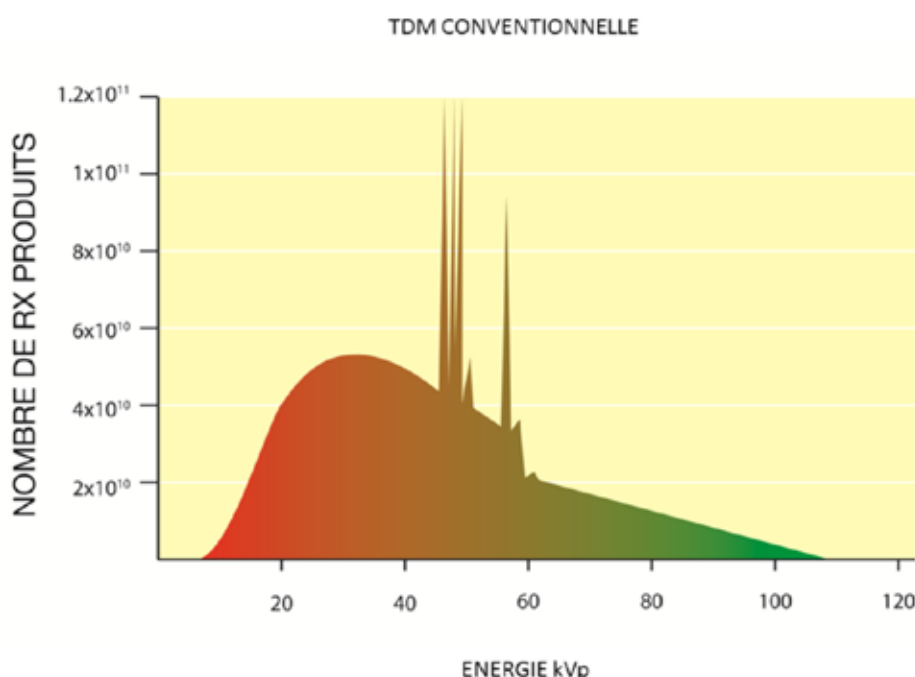
La TDM avec double couche de détecteurs "système sandwich" (IQON, Philips Healthcare, Cleveland, OH) est équipée d'un seul tube à rayons X. Les détecteurs sont composés d'une double couche: la couche supérieure est sensible aux bas kVp et la couche la plus profonde aux hauts kVp. Ce système permet donc en délivrant un faisceau à rayons X de 120 kVp d'obtenir une décomposition des images à 80 kVp et 140 kVp. Le grand avantage de cette technique, outre le fait de n'utiliser qu'un seul tube à rayons X, permet une imagerie simultanée, sans décalage

temporel des échantillons d'images pour différentes énergies. Le système permet également d'obtenir une imagerie spectrale de façon rétrospective c'est-à-dire que les données sont présentes chez tout patient du moment que l'acquisition ait été effectuée à 120 kVp.

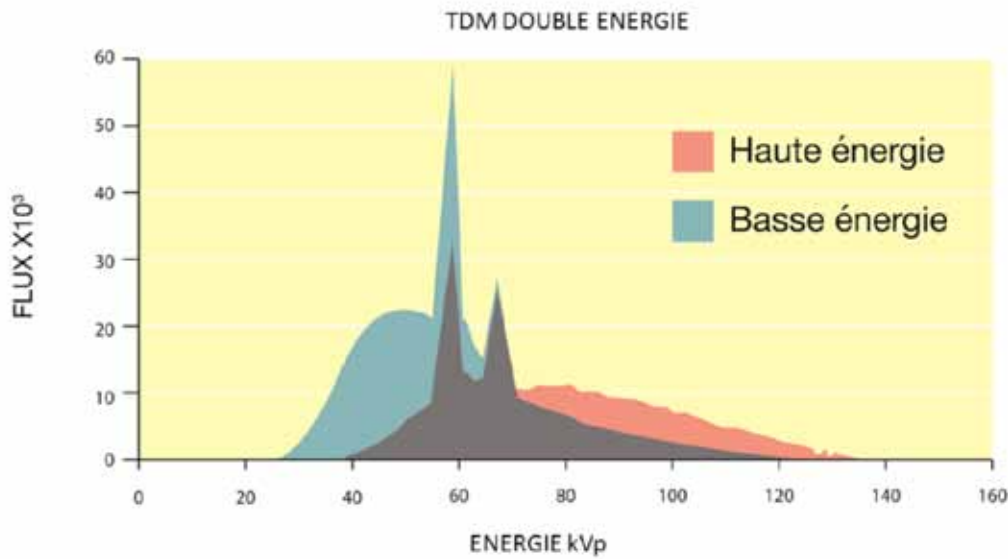
En faisant l'acquisition d'images du même objet à différentes énergies (habituellement à 80kVp et 140 kVp), la TDM spectrale est non seulement capable de restituer la structure anatomique de l'objet imagé (TDM conventionnelle) mais également d'approcher la composition d'un élément contenu dans l'objet (TDM spectrale). Chaque matériau présente une réponse spectrale (variation du coefficient d'absorption) qui lui est propre en fonction de l'énergie. C'est ainsi que deux matériaux avec un coefficient d'absorption linéaire proche dans une bande d'énergie du spectre RX, peuvent être complètement différenciés l'un de l'autre en effectuant les mesures dans deux bandes d'énergie. [1]

Il n'y a pas de différence fondamentale dans le positionnement du patient, la programmation de l'acquisition. Le choix des paramètres variera en fonction des protocoles spécifiques et de la technologie double énergie utilisée. Ainsi chez Philips Healthcare, la technologie à double couche de détecteurs impose l'utilisation d'une acquisition à 120 kVp pour pouvoir scinder le faisceau rayons X en différentes énergies. L'utilisation d'une TDM spectrale permet de réduire la quantité de produit de contraste [2] de façon significative en raison de l'atténuation plus importante des rayons X à basse énergie.

**Figure 1 :** Actuellement, les détecteurs en tomodynamométrie utilisent tout le spectre des rayons X pour créer l'image



**Figure 2 :** L'utilisation de la tomodensitométrie à double énergie permet de séparer le faisceau à rayons X en deux signaux distincts : ceux à basse énergie et ceux à haute énergie



**POST-TRAITEMENT**

Les images acquises par le CT spectral peuvent être décomposées en différents types d'images (figure 3) : les images CT conventionnelles et les images synthétiques virtuelles de type monochromatiques (de 40KeV à 200 KeV). Des images dites matériau-spécifiques peuvent également être produites et montrent alors la distribution et la concentration d'un matériau donnée au sein d'un tissu en fonction de son nombre atomique (Z effectif). Il est ainsi possible de quantifier le nombre de mg d'iode par mL au sein d'une structure définie (par ex. concentration d'iode apparaissant sous forme d'une cartographie en couleur en

fonction de la concentration en iode). Il est de plus possible grâce à l'utilisation de logiciels de soustraction de retirer de l'image un matériau spécifique. Il est dès lors aisé de créer une image virtuelle sans contraste qui a l'avantage de pouvoir simuler une image à laquelle on aurait retiré la densité d'iode et pouvoir ainsi calculer de manière artificielle le degré de rehaussement d'une structure. Cette technique permet donc de réduire la dose d'irradiation au patient en évitant l'acquisition sans contraste.

Les images de type monochromatiques sont utiles pour optimiser le rehaussement de structures vasculaires contenant de l'iode (en privilégiant des bas KeV) ou diminuer des artefacts de durcissement de faisceau (en privilégiant les hauts KeV) [2].

**Figure 3A**



Image acquise en double énergie (120 kVp-150 mAs) après injection intraveineuse de produit de contraste et restituée sous forme conventionnelle montre un nodule au niveau du lobe pulmonaire supérieur gauche ainsi que des artefacts de durcissement au niveau de la veine innominée droite en raison d'une concentration élevée d'iode à ce niveau.

Figure 3B



La même image qu'en 4A mais restituée à 40 KeV grâce à l'acquisition spectrale. Notez un rehaussement des structures vasculaires et osseuses ainsi qu'une accentuation des artefacts de durcissement (streak artefacts)

Figure 3C



La même image qu'en 4A mais restituée à 200 KeV grâce à l'acquisition spectrale. Notez une diminution de rehaussement des structures vasculaires et osseuses ainsi qu'une diminution des artefacts de durcissement (streak artefacts)



Figure 3D



La même image qu'en 2A mais restituée avec différents modes de post traitement disponibles grâce à l'acquisition spectrale. Nous voyons en bas et de gauche à droite : un équivalent d'imagerie conventionnelle. Ensuite, au niveau de la deuxième image, nous observons des images obtenues virtuellement sans contraste. En effectuant des mesures à l'aide d'une région d'intérêt (ROI), il est possible d'obtenir le rehaussement du nodule même si l'acquisition a été effectuée d'emblée avec injection intraveineuse de produit de contraste. Au niveau de la 3ème image, seules les structures contenant de l'iode sont représentées. Des mesures de contenu d'iode peuvent également être effectuées en plaçant un ROI dans la structure à étudier. La 4ème image restitue les différentes structures en fonction de la valeur des nombres atomiques de ses composants. Une échelle est placée à droite afin d'indiquer au lecteur la valeur relative des couleurs. Il est intéressant de noter que la caractérisation de nodules pulmonaires grâce à cette technologie spectrale est prometteuse car une approche quantitative est possible. Une importante proportion de patients admis aux urgences présentent des nodules pulmonaires de nature indéterminée sur leur CT scanner thoracique. Il est probable que cette nouvelle technologie puisse aider à déterminer leur caractère bénin ou malin de ces nodules de façon non invasive.

au niveau de la deuxième image, nous observons des images obtenues virtuellement sans contraste. En effectuant des mesures à l'aide d'une région d'intérêt (ROI), il est possible d'obtenir le rehaussement du nodule même si l'acquisition a été effectuée d'emblée avec injection intraveineuse de produit de contraste. Au niveau de la 3ème image, seules les structures contenant de l'iode sont représentées. Des mesures de contenu d'iode peuvent également être effectuées en plaçant un ROI dans la structure à étudier. La 4ème image restitue les différentes structures en fonction de la valeur des nombres atomiques de ses composants. Une échelle est placée à droite afin d'indiquer au lecteur la valeur relative des couleurs. Il est intéressant de noter que

la caractérisation de nodules pulmonaires grâce à cette technologie spectrale est prometteuse car une approche quantitative est possible. Une importante proportion de patients admis aux urgences présentent des nodules pulmonaires de nature indéterminée sur leur CT scanner thoracique. Il est probable que cette nouvelle technologie puisse aider à déterminer leur caractère bénin ou malin de ces nodules de façon non invasive.

## QUELQUES APPLICATIONS CLINIQUES INTÉRESSANTES EN SITUATION D'URGENCE

### L'embolie pulmonaire Aiguë

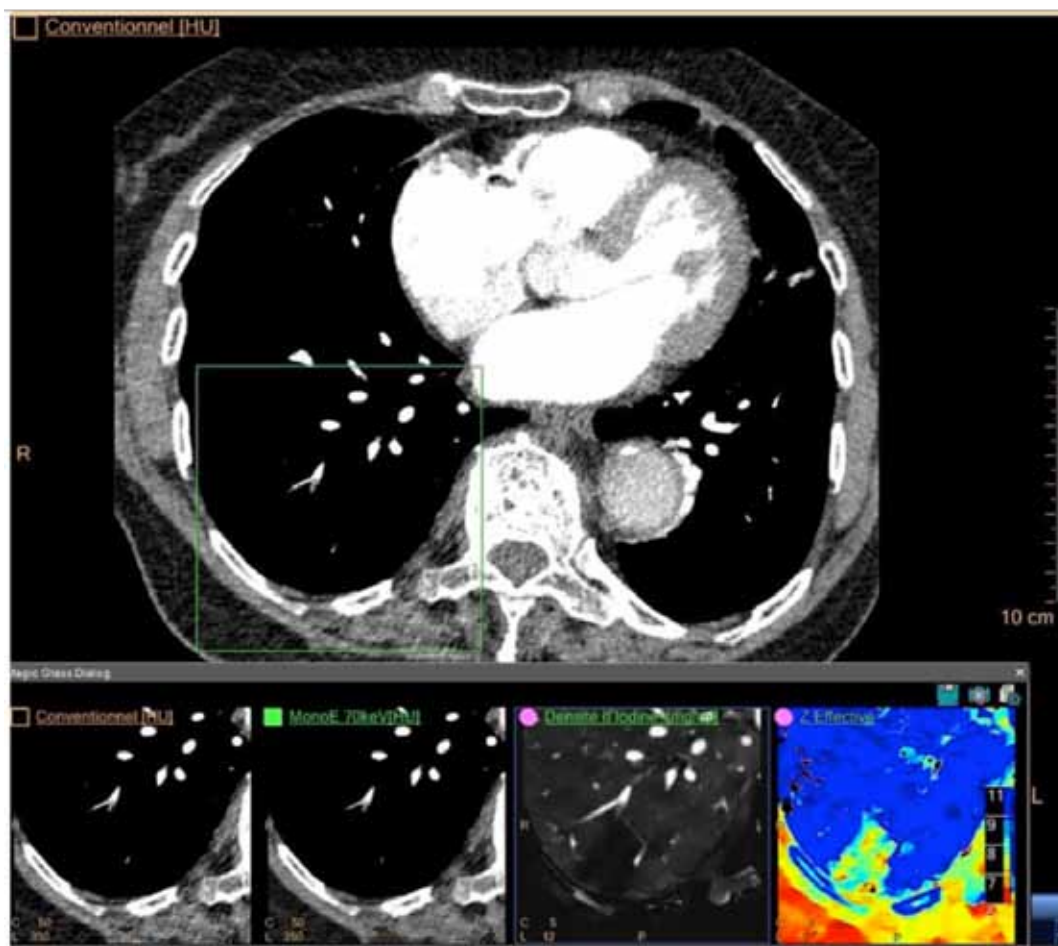
Le diagnostic d'embolie pulmonaire au CT scanner repose sur la démonstration d'un caillot endoluminal. Les performances la TDM conventionnelle pour détecter cette pathologie sont élevées lorsque l'obstruction se situe au niveau proximal. Cette performance décroît de manière significative lorsqu'on s'intéresse à des artères de plus petit calibre, à l'étage sous-segmentaire. La TDM spectrale grâce

à ses possibilités d'imager de façon spécifique la répartition de l'iode au sein du volume scanné (figure 4) est capable de démontrer de façon performante des anomalies de perfusion [4] et améliorer la détection des embolies pulmonaires périphériques.

### Les affections abdominales aiguës du patient adulte

Le recours au CT scanner est très fréquent dans la prise en charge de patients avec une affection abdominale aiguë ou dans le cadre de traumatismes avec un impact abdominal. Dans de nombreuses situations cliniques, il est nécessaire de réaliser des acquisitions d'abord sans et

Figure 4

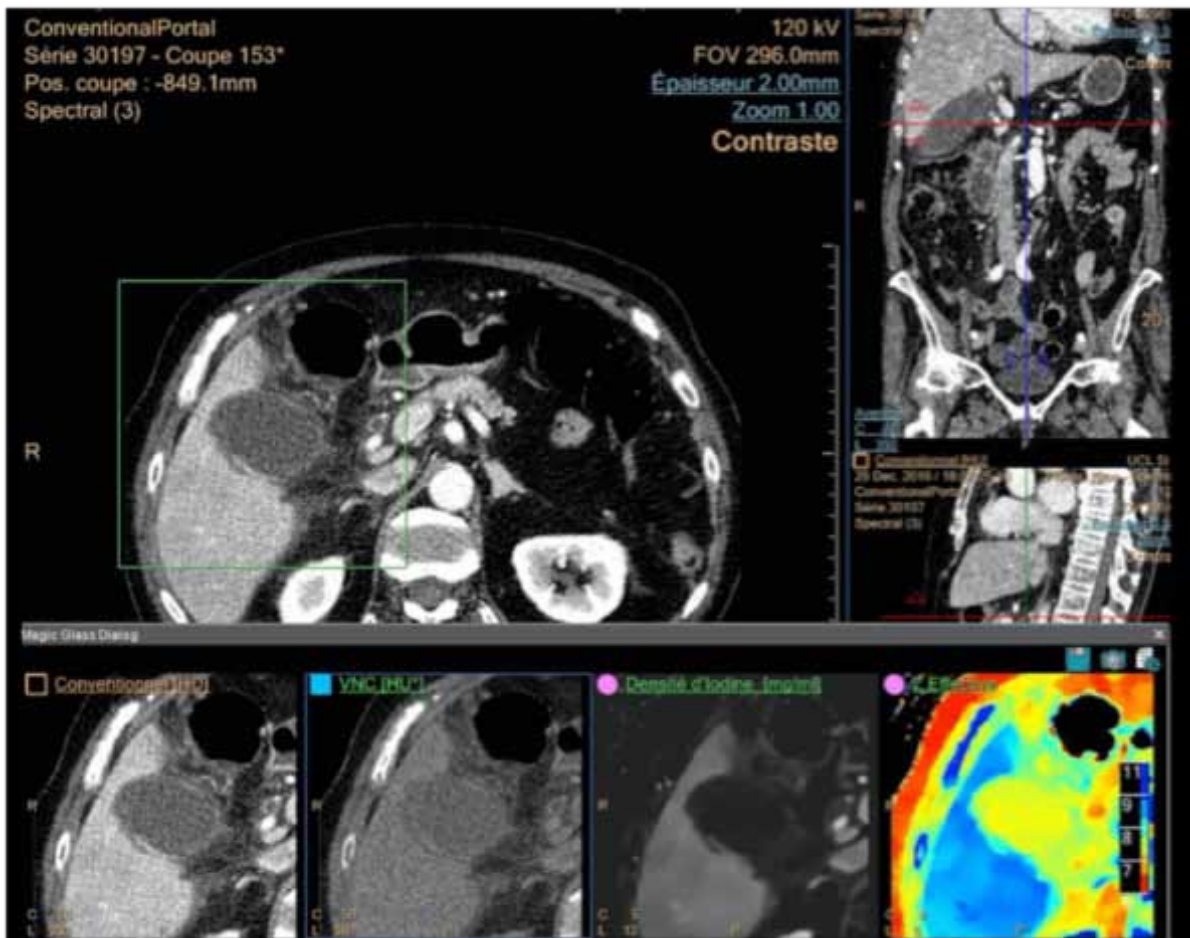


Dame de 90 ans adressée pour suspicion d'embolie pulmonaire. TDM spectrale (IQON CT, Philips Healthcare, Cleveland, OH) effectuée selon le mode angioscanner après injection intraveineuse de produit de contraste. La zone d'intérêt matérialisée par le carré montre dans la rangée du bas plusieurs méthodes de post traitement de l'imagerie spectrale. De gauche à droite, la 1ère image montre sur des reconstructions de type MIP (intensité maximale de projection) en mode conventionnel un défaut de remplissage au niveau d'une artère périphérique qui n'avait pas été détectée de manière prospective par plusieurs observateurs radiologues. La méthode de détection automatique (CAD) avait également été prise en défaut pour la détection de cette embolie pulmonaire périphérique. La deuxième image montre en équivalent monénergétique à 70 Kev la même image que celle de gauche effectuée à 120 kVp. La 3ème image montre la répartition d'iode au sein de l'image. Un défaut de perfusion est nettement identifié en regard de l'artère occluse. La dernière image montre en nombre atomique effectif la traduction en couleur de ce manque d'iode au sein du territoire malade.

ensuite avec injection IV d'iode. Dans d'autres situations, une seule acquisition est faite avec une injection d'emblée. La modalité CT en double couche est prometteuse parce que la mise à disposition d'images « virtuellement » sans contraste expliquée plus haut va nous offrir la possibilité de supprimer cette phase dite « à blanc » ou bien de la générer quand on se rend compte de son utilité rétrospectivement [5]. Ceci a une valeur importante pour mieux déceler la souffrance de la paroi intestinale aiguë, ou « ischémie », observée en cas d'occlusion mécanique de l'intestin, dans le cadre d'un infarctus mésentérique ou encore d'une colite ischémique. Dans ce cadre particulier et fréquemment observé en urgence, le rôle du scanner s'est en effet imposé pour permettre de reconnaître ces anomalies, avant même que les signes biologiques ne soient suggestifs. L'apport du CT spectral est donc un atout supplémentaire pour mieux voir plus précocement ces troubles de la perfusion de la paroi intestinale. L'identification plus précoce des défauts

de perfusion d'autres viscères est rendue possible par le CT spectral, tels que la nécrose de la paroi vésiculaire en cas de cholécystite gangréneuse (figure 5), en cas d'infarctus spléniques ou rénaux segmentaires, en cas d'œdème du pancréas en cas de pancréatite aiguë, d'ischémie hépatique chez le patient en défaillance multisystémique. De même, les discontinuités des parois intestinales apparaissent plus nettement, telles qu'en cas de déhiscence d'une suture digestive ou de perforation digestive spontanée (ulcères gastro-duodénaux, perforation sigmoïdienne sur terrain diverticulaire, déhiscence de suture digestive post-opératoire). L'application du CT en double énergie aide aussi à mieux caractériser la nature des calculs chez les patients admis pour une crise de colique néphrétique, entre autre les calculs d'acide urique [6].

Figure 5



Patiente de 80 ans, admise pour une cholécystite aiguë avec irrégularités des parois de la vésicule, dont la perfusion est absente à de multiples endroits : en histologie, nécrose multifocale de la paroi vésiculaire. A côté des images conventionnelles (au-dessus et en bas à gauche), on voit successivement une image virtuellement sans contraste (2ème image en bas), une image avec la densité iodée, et la dernière image à droite, la répartition de la moyenne des nombres atomiques, illustrant ainsi la perte de vascularisation de la paroi vésiculaire (absence d'iode).

## RÉFÉRENCES

1. Patino M, Prochowski A, Agrawal Md *et al.* Material separation using dual-energy CT: current and emerging applications. *Radiographics* 2016; 36:1087-1105.
2. Machida H, Tanaka I, Fukui R *et al.* Dual-energy spectral CT: various clinical vascular applications. *Radiographics* 2016; 36:1215-1232.
3. Zhang Lj, Zhao Ye, Wu Sy *et al.* Pulmonary embolism detection with dual-energy CT: experimental study of dual-source CT in rabbits. *Radiology* 2009; 252(1): 61-70.
4. Wu Hw, Cheng Jj, Li Jy *et al.* Pulmonary embolism detection and characterization through quantitative iodine-based material decomposition images with spectral computed tomography imaging. *Invest radiol* 2012; 47(1):85-91.
5. Im AL, Lee YH, Bang DH *et al.* Dual energy CT in patients with acute abdomen; is it possible for virtual non-enhanced images to replace true non-enhanced images? *Emerg Radiol* 2013; 20(6):475-483.
6. Lestra T, Mulé S, Millet I *et al.* Applications of dual energy computed tomography in abdominal imaging. *Diagn Interv Imaging* 2016; 97(6):593-603.