

Imagerie spectrale en tomodensitométrie : principes physiques et technologiques et applications cliniques

Responsables de la Formation :

Dr Djamel DABLI - Dr Joël GREFFIER - Dr Salim SI-MOHAMED

Sommaire

Public ciblé :	2
Objectifs prioritaires :	2
Rationnel :	2
Pré-requis pour participer	3
Déroulé pédagogique (temps total = 14h de temps apprenant)	3
Précisions sur les modalités d'évaluation de l'action/ Contrôle des connaissances.....	4
Responsables scientifiques.....	4

Public ciblé :

Physiciens Médicaux et Médecins Radiologues

Objectifs prioritaires :

Physiciens médicaux :

40. Applications cliniques de l'imagerie spectrale au scanner

Rationnel :

La technique d'imagerie spectrale au scanner existe depuis plusieurs années. Elle permet de générer plusieurs types d'images comme des images virtuelles monochromatiques qui améliorent le rapport contraste à bruit pour les faibles niveaux mono-énergétiques et réduisent les artefacts pour les niveaux à hautes énergies. Cette imagerie permet aussi une analyse quantitative des images et ainsi une meilleure caractérisation des lésions et des tissus grâce à des cartographies de matériaux (exemple : cartographie de produit de contraste). Cette technique est de plus en plus utilisée grâce aux améliorations dans la gestion des flux d'images et des évolutions technologiques (techniques d'acquisition/ de reconstruction) des dernières années.

En effet, l'utilisation notamment des reconstructions itératives et des reconstructions basées sur l'apprentissage profond sur certains équipements a amélioré la qualité des images conduisant ainsi à un meilleur compromis entre la dose de rayonnements ionisants et la qualité des images. L'arrivée des scanners à comptage photonique ouvre encore plusieurs perspectives d'utilisation de cette technique. Néanmoins, la complexité de cette imagerie et la multitude des technologies permettant de la réaliser avec des caractéristiques différentes sur l'acquisition et la reconstruction des images nécessitent une bonne connaissance des principes physiques et technologiques et des différentes applications cliniques possibles de cette technique. Afin de valoriser et optimiser l'utilisation de cette technique, un groupe de travail a été créé en 2022 sous l'égide du collège des enseignants en radiologie de France (CERF), de la société française de radiologie (SFR), de la société française de physique médicale (SFPM) et en lien avec le conseil national professionnel de la radiologie et imagerie médicale (G4).

En effet, la collaboration entre les physiciens médicaux et les médecins radiologues sur cette thématique est un atout majeur pour atteindre une utilisation clinique optimale de cette technique au bénéfice des patients. Dans cet objectif, l'arrêté ministériel du 07/09/2022 relatif aux orientations prioritaires de développement professionnel continu a introduit cette thématique dans l'orientation numéro 40 sous la proposition des conseils professionnels des physiciens médicaux et des médecins radiologues.

Les méthodes pédagogiques :

- *Apports cognitifs*
- *Travaux pratiques*
- *Ateliers collectifs*

A la fin de cette formation, les participants seront capables de :

- Maitriser les principes d'acquisition/détection et de reconstruction en imagerie spectrale
- Maitriser les méthodes d'évaluation des performances spectrales et de la qualité des images
- Maitriser les différentes applications cliniques de l'imagerie spectrale et l'apport clinique de cette technique
- Maitriser les perspectives technologiques et cliniques de l'imagerie spectrale

Pré-requis pour participer

Pour les physiciens médicaux : être titulaire du DQPRM ou équivalent.

Pour les radiologues : être titulaire du diplôme de médecin qualifié en radiodiagnostic et imagerie médicale.

Déroulé pédagogique (temps total = 14h de temps apprenant)

I. Pré-test (15 minutes)

QCM à remplir par les participants avant la formation présentIELLE sur la plateforme de formation de l'ODPC-RIM

II. Introduction à la formation

III. Principes de l'imagerie spectrale (30 min)

Enseignant : N. Villani

Principe physique de l'imagerie spectrale

Techniques d'acquisition/détection et de reconstruction des images spectrales

IV. Technique de reconstruction des images (30 min)

Enseignant : D. Dabli

Les différents algorithmes de reconstruction d'images utilisés et leurs caractéristiques

V. Les 4 types de plateforme (2 heures)

Enseignants : N. Villani, D. Dabli, D. Defez, J. Greffier

Caractéristiques techniques de chaque plateforme

Connaître les différents types d'images disponibles sur chaque plateforme

VI. Connaitre les métriques classiques et avancées utilisées pour évaluer la qualité image (2 heures)

Enseignants : D. Dabli, J. Greffier

Connaître les métriques d'évaluation de la qualité d'image et des performances spectrales

VII. Connaitre les aspects pratiques et limites de l'évaluation (1 heures 30min)

Enseignants : N. Villani, D. Dabli, D. Defez, J. Greffier

Application avec un logiciel d'analyse d'images (obligatoire pour les physiciens)

VIII. Applications cliniques de l'imagerie spectrale : exposés et exemples (5 heures)

Enseignants : S. Mulé, S. Si-Mohamed, S. Grijseels, F. Macri,

Intérêt clinique de l'imagerie spectrale en imagerie digestive

Intérêt clinique de l'imagerie spectrale en imagerie cardiovasculaire

Intérêt clinique de l'imagerie spectrale en imagerie ostéoarticulaire

Intérêt clinique de l'imagerie spectrale en imagerie neuroradiologie

Intérêt clinique de l'imagerie spectrale en imagerie thoracique

Les applications en oncologie seront abordées dans les différentes présentations cliniques.

IX. Perspectives technologiques et cliniques de l'imagerie spectrale (1 heure 30 min)

Enseignants : A. Viry, S. Si-Mohamed.

Connaitre le principe physique et technologique du scanner à comptage photonique et l'état de l'art.

Connaitre l'intérêt clinique et perspective d'applications du scanner à comptage photonique.

X. Echanges et partage sur les pratiques en imagerie spectrale (30 min)

XI. Post-test & questionnaire de satisfaction (15 minutes)

QCM à remplir par les participants après la formation présentielle sur la plateforme de formation de l'ODPC-RIM.

Précisions sur les modalités d'évaluation de l'action/ Contrôle des connaissances

- Les attentes des participants seront recueillies par le formateur lors du lancement de la formation et confrontées aux objectifs de formation.
- Les acquis / les connaissances des participants seront recueillies par le formateur lors du lancement de la formation et confrontées aux objectifs de formation.
- Une évaluation des connaissances sera réalisée à la fin de chaque bloc correspondant à un objectif pédagogique.
- La satisfaction des participants à l'issue de la formation sera évaluée lors d'un tour de table et à l'aide d'un questionnaire individuel « à chaud » portant sur l'atteinte des objectifs, le programme de formation, les méthodes d'animation et la transférabilité des acquis.
- A distance de la formation : il appartiendra aux stagiaires d'analyser les effets de la formation sur les pratiques individuelles et collectives de travail, notamment lors de leur entretien professionnel. Des outils pourront être suggérés pendant la formation (plans d'action, plan d'amélioration des pratiques professionnelles...).

Responsables scientifiques

- Djamal DABLI
 - djamel.dabli@chu-nimes.fr
 - Physicien Médical, Docteur en Physique, Imagerie Médicale, CHU Nîmes
- Joël GREFFIER
 - joel.greffier@chu-nimes.fr
 - Physicien Médical, Docteur en Biostatistiques, Imagerie Médicale, CHU Nîmes
- Salim SI-MOHAMED
 - salim.si-mohamed@chu-lyon.fr
 - Radiologue, Docteur en Imagerie médicale, Hôpital Louis Pradel, Bron

Bibliographie

Gallego Manzano L, Monnin P, Sayous Y, Becce F, Damet J, Viry A. Clinical commissioning of the first point-of-care spectral photon-counting CT for the upper extremities. *Med Phys*. 2023 Feb 21. Epub ahead of print. PMID: 36807109. doi: <https://doi.org/10.1002/mp.16313>

Dabli, D., Loisy, M., Frandon, J. et al. Comparison of image quality of two versions of deep-learning image reconstruction algorithm on a rapid kV-switching CT: a phantom study. *Eur Radiol Exp* 7, 1 (2023). <https://doi.org/10.1186/s41747-022-00314-9>

Greffier J, Villani N, Defez D, Dabli D, Si-Mohamed S. Spectral CT imaging: Technical principles of dual-energy CT and multi-energy photon-counting CT. *Diagn Interv Imaging*. 2022 Nov 19:S2211-5684(22)00221-2. Epub ahead of print. PMID: 36414506. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2022.11.003>

Si-Mohamed SA, Boccalini S, Lacombe H, Diaw A, Varasteh M, Rodesch PA, Dessouky R, Villien M, Tatard-Leitman V, Bochaton T, Coulon P, Yagil Y, Lahoud E, Erhard K, Riche B, Bonnefoy E, Rioufol G, Finet G, Bergerot C, Boussel L, Greffier J, Douek PC. Coronary CT Angiography with Photon-counting CT: First-In-Human Results. *Radiology*. 2022 May;303(2):303-313. doi: 10.1148/radiol.211780. Epub 2022 Feb 15. PMID: 35166583. <https://doi.org/10.1148/radiol.211780>

Dabli D, Frandon J, Belaouni A et al (2022) Optimization of image quality and accuracy of low iodine concentration quantification as function of dose level and reconstruction algorithm for abdominal imaging using dual-source CT: a phantom study. *Diagn Interv Imaging* 103:31–40. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2021.08.004>

Greffier J, Viry A, Barbotteau Y, Frandon J, Loisy M, de Oliveira F, Beregi JP, Dabli D. Phantom task-based image quality assessment of three generations of rapid kV-switching dual-energy CT systems on virtual monoenergetic images. *Med Phys*. 2022 Apr;49(4):2233-2244. doi: 10.1002/mp.15558. Epub 2022 Mar 7. PMID: 35184293. <https://doi.org/10.1002/mp.15558>

Greffier J, Si-Mohamed S, Guiu B et al (2022) Comparison of virtual monoenergetic imaging between a rapid kilovoltage switching dual-energy computed tomography with deep-learning and four dual-energy CTs with iterative reconstruction. *Quant Imaging Med Surg* 12:1149–1162. <https://doi.org/10.21037/qims-21-708>

Racine D, Mergen V, Viry A, Eberhard M, Becce F, Rotzinger DC, Alkadhi H, Euler A. Photon-Counting Detector CT With Quantum Iterative Reconstruction: Impact on Liver Lesion Detection and Radiation Dose Reduction. *Invest Radiol*. 2023 Apr 1;58(4):245-252. Epub 2022 Sep 12. PMID: 36094810. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000925>

Greffier J, Si-Mohamed S, Dabli D et al (2021) Performance of four dual-energy CT platforms for abdominal imaging: a task-based image quality assessment based on phantom data. *Eur Radiol* 31:5324–5334. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07671-2>

Dabli D, Frandon J, Hamard A et al (2021) Optimization of image quality and accuracy of low iodine concentration quantification as function of kVp pairs for abdominal imaging using dual-source CT: a phantom study. *Phys Med* 88:285–292. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.008>

Si-Mohamed S, Boccalini S, Rodesch PA, Sigovan M, Boussel L, Douek P. Feasibility of human lung imaging with a large field-of-view spectral photon-counting CT system. *Diagn Interv Imaging* 2021:043502, <http://dx.doi.org/10.1016/j.diii.2020.12.004>

McCollough CH, Boedeker K, Cody D et al (2020) Principles and applications of multienergy CT: report of AAPM task group 291. *Med Phys* 47. <https://doi.org/10.1002/mp.14157>

Wong WD, Mohammed MF, Nicolaou S, Schmiedeskamp H, Khosa F, Murray N, Macri F. Impact of Dual-Energy CT in the Emergency Department: Increased Radiologist Confidence, Reduced Need for Follow-Up Imaging, and Projected Cost Benefit. *AJR Am J Roentgenol*. 2020 Dec;215(6):1528-1538. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32991217. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.22357>

Ghasemi Shayan R, Oladghaffari M, Sajjadi F, Fazel Ghaziyani M. Image Quality and Dose Comparison of Single-Energy CT (SECT) and Dual-Energy CT (DECT). *Radiol Res Pract*. 2020 Apr 20;2020:1403957.. PMID: 32373363; PMCID: PMC7189324. <https://doi.org/10.1155/2020/1403957>

Mulé S, Pigneur F, Quelever R, Tenenhaus A, Baranes L, Richard P, Tacher V, Herin E, Pasquier H, Ronot M, Rahmouni A, Vilgrain V, Luciani A. Can dual-energy CT replace perfusion CT for the functional evaluation of advanced hepatocellular carcinoma? *Eur Radiol*. 2018 May;28(5):1977-1985. doi: 10.1007/s00330-017-5151-y. Epub 2017 Nov 22. PMID: 29168007. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5151-y>

Parakh A, Macri F, Sahani D. Dual-Energy Computed Tomography: Dose Reduction, Series Reduction, and Contrast Load Reduction in Dual-Energy Computed Tomography. *Radiol Clin North Am*. 2018 Jul;56(4):601-624. PMID: 29936950. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2018.03.002>

Jacobsen MC, Schellingerhout D, Wood CA et al (2018) Intermanufacturer comparison of dual-energy CT Iodine quantification and monochromatic attenuation: a phantom study. *Radiology* 287:224–234. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170896>

Sellerer T, Noël PB, Patino M et al (2018) Dual-energy CT: a phantom comparison of different platforms for abdominal imaging. *Eur Radiol* 28:2745–2755. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5238-5>

Ohana M, Jeung MY, Labani A, El Ghannudi S, Roy C. Thoracic dual energy CT: acquisition protocols, current applications and future developments. *Diagn Interv Imaging*. 2014 Nov;95(11):1017-26.. Epub 2014 Apr 26. PMID: 24780370. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.01.001>