### LIVRE BLANC

# Tomosynthèse numérique sur DR 800 et DR 600

Une technique pour les soins aux patients et la productivité des hôpitaux





# Table des matières

| Synthèse3   |
|---|
| La tomosynthèse numérique : pourquoi maintenant ?6                          |
| Avantages cliniques   |
| Cas clinique 18   |
| Cas clinique 29   |
| Cas clinique 310  |
| Améliorations de la productivité11  |
| Conclusion : La tomosynthèse numérique :                                    |
| une technique pour les soins aux patients et la productivité des hôpitaux11 |

# La tomosynthèse numérique : Extension de l'imagerie radiographique 2D conventionnelle dans une nouvelle dimension

## Synthèse

Malgré un grand nombre de publications, d'enquêtes et d'études cliniques indiquant des applications potentielles dans divers domaines, la tomosynthèse numérique (DTS) n'a pas encore pu concrétiser son potentiel en tant qu'application clinique largement utilisée. À l'exception de la mammographie, où la tomosynthèse mammaire numérique (DBT) est de plus en plus répandue, la DTS est reconnue dans le domaine universitaire, mais apparemment moins dans la pratique clinique, en particulier dans les environnements cliniques axés sur la productivité. La solution de tomosynthèse d'Agfa, qui facilite une reconstruction novatrice en combinaison avec le post-traitement de pointe MUSICA sur les 2 systèmes de radiographie DR 800 et DR 600\*, permet à Agfa de combler cette lacune. À l'aide de cas cliniques concrets et bien documentés, ce livre blanc démontre le potentiel de la tomosynthèse numérique dans le domaine de la radiologie. Il montre que la DTS peut être un complément utile à l'imagerie 2D et à la tomodensitométrie en améliorant la productivité du service d'imagerie et les soins dispensés aux patients.

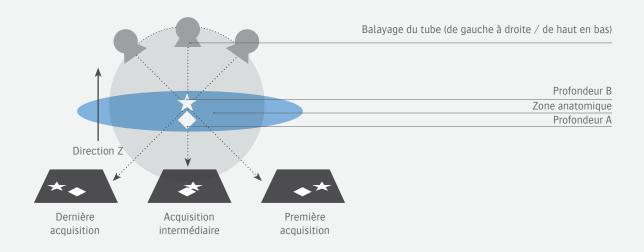
Dans la pratique clinique, les images radiologiques planaires sont généralement la première technique d'imagerie utilisée. Pour l'imagerie musculo-squelettique, il peut s'agir, par exemple, d'une épaule en projection face ou profil. Toutefois, dans de nombreux cas, cette technique n'est pas suffisante ou suffisamment précise <sup>[1]</sup>, et les patients sont orientés vers une autre modalité d'imagerie, telle que la tomodensitométrie ou l'IRM, pour faciliter un examen plus approfondi. Dans ces cas, le diagnostic final ne peut être obtenu par la seule imagerie conventionnelle, ce qui entraîne un temps d'attente supplémentaire et, dans de nombreux cas, la nécessité de nouveaux rendez-vous. Une technique d'imagerie telle que la tomosynthèse numérique, qui permet de clore immédiatement le parcours diagnostique en fournissant les informations cliniques manquantes pendant que le patient est en examen dans le service, serait très souhaitable.

## Une valeur ajoutée grâce à un meilleur parcours clinique

Il est donc utile de reconsidérer le rôle et la valeur ajoutée de la tomosynthèse numérique dans l'imagerie radiologique générale, en ce qu'elle améliore le parcours clinique. Cela est particulièrement pertinent compte tenu de l'importance croissante des gains de productivité, notamment dans les hôpitaux de taille moyenne et axés sur la productivité, qui ont un accès et une capacité limités pour réaliser des examens d'imagerie complémentaires (tomodensitométrie ou IRM).

La tomosynthèse numérique est une extension de la radiographie de projection en 2D par un balayage bidimensionnel ajoutant des informations dans une direction supplémentaire (z). La DTS produit des coupes à travers un objet ou un corps en utilisant un système d'imagerie numérique directe (DR) avec un détecteur numérique semi-dynamique. Pour ce faire, on procède à un plus grand nombre d'acquisitions d'images à faible dose (généralement entre 20 et 40) sur un angle de projection du tube à rayons X, suivi d'une reconstruction numérique des projections individuelles en 2D en coupes variant dans le sens vertical (z). Les coupes reconstruites pour le diagnostic sont post-traitées pour obtenir une qualité et un aspect d'image de type 2D. La DTS est, en ce sens, un composant d'imagerie complémentaire aux systèmes DR communément disponibles.

Le schéma suivant illustre le principe de la reconstruction :



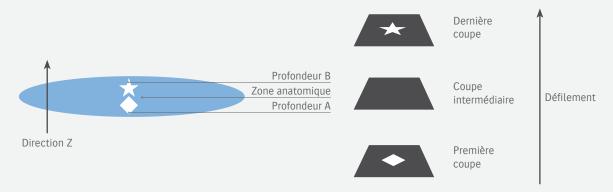


Fig. 1 : Principe de la tomosynthèse et de la reconstruction

L'objectif principal de la DTS est de réduire le chevauchement anatomique perturbateur des projections radiologiques en 2D en séparant ces dernières en différentes coupes, sans perturbation supplémentaire des tissus sus- ou sous-jacents.

Les figures (a) à (d) illustrent les différents aspects de l'image entre les trois modalités d'imagerie :









Fig. 2 : Exemples d'imagerie par rayons X : (a) radiographie en PA, (b) tomographie classique, (c) image de tomosynthèse à la même profondeur que (b), (d) reformatage coronal d'un examen CT, également à la même profondeur

Dans le portefeuille de solutions DR d'Agfa, la DTS est proposée sur les DR 800 et DR 600. Les deux systèmes permettent d'utiliser soit un détecteur entièrement dynamique (DR 800) avec une taille de pixel de 148 µm, soit un détecteur semi-dynamique (DR 600) avec une taille de pixel de 148 µm. La fréquence d'images est de 6 et 5,2 images par seconde, respectivement. Les expositions sont réalisées sur la même console intuitive (qui fait partie de la station de travail MUSICA) que les examens radiologiques planaires en 2D, étayées par une technique à deux points du générateur. La durée typique d'un balayage est comprise entre 5 et 10 secondes.

# Nouvelles options et variables

La tomosynthèse permet de sélectionner un angle de balayage petit (15 degrés) ou grand (22 ou 30 degrés) en fonction du système, ainsi qu'une épaisseur de coupe comprise entre 2 et 9 mm. La hauteur de début et de fin peut être réglée par l'utilisateur pour une acquisition précise de l'épaisseur de la zone anatomique visée. Pour la reconstruction ultérieure (post-exposition) , trois niveaux de qualité sont disponibles (faible - moyen - élevé), chacune offrant une différence de niveau de détail et de temps de reconstruction (allant de 30 à 90 secondes).

Depuis la station MUSICA, il est possible de commencer une nouvelle reconstruction avec des hauteurs ou des épaisseurs de coupe différentes à partir du même jeu d'images d'acquisition, sans réexposition.

Les coupes reconstruites finales sont traitées automatiquement avec le logiciel de traitement d'images de référence, MUSICA, puis sont transférées au système d'archivage d'images pour le diagnostic, en même temps que les radiographies en 2D. Aucun topogramme n'est réalisé. En ce qui concerne l'exposition aux rayonnements, les doses pour les examens de tomosynthèse (dose totale par balayage) sont prédéfinies et configurées sur les solutions DR 800 et DR 600, et vont de 5 à 10 fois au maximum la dose nécessaire pour la radiographie 2D planaire (une vue), avec le potentiel de réduire encore davantage la dose. Cela reste toujours nettement inférieur à la dose utilisée pour une tomodensitométrie équivalente, même en utilisant des protocoles de tomodensitométrie à faible dose.

Les auteurs d'une publication récente  $^{[1]}$  donnent comme exemple la dose de rayonnement associée à la tomosynthèse, dans ce cas, d'un poignet (y compris les acquisitions coronales et sagittales) et montrent qu'elle est 25 % inférieure à celle d'une radiographie standard à 5 vues et 28 fois inférieure à celle d'une tomodensitométrie.

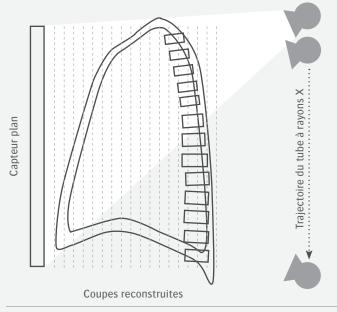
Au vu de l'axe développé dans ce livre blanc autour des applications musculo-squelettiques (un groupe principal d'examens dans les hôpitaux de taille moyenne et axés sur la productivité <sup>[1]</sup>), un deuxième avantage du DTS devient alors évident : l'amélioration des soins dispensés aux patients.

La suppression des tissus superposés et le positionnement correct du patient peuvent être extrêmement difficiles, les fractures osseuses provoquant de fortes douleurs chez le patient et limitant sa manœuvrabilité. Il peut s'avérer impossible de réaliser une deuxième projection en raison de la nature de la fracture. Des radiographies supplémentaires sous différents angles peuvent également être nécessaires, obligeant alors à repositionner ou à déplacer le patient. En effectuant la tomosynthèse immédiatement à la suite d'un examen radiologique, le patient est déjà positionné et n'a pas besoin d'être repositionné ou déplacé vers une autre modalité. Les informations nécessaires pour finaliser le diagnostic peuvent être obtenues immédiatement et avec un minimum de désagrément pour le patient.

Ainsi, la proposition de valeur de la tomosynthèse numérique ne repose pas seulement sur l'impact positif sur la productivité du service résultant de la rapidité d'obtention des informations cliniques, mais aussi sur les arguments solides en faveur de la prise en charge des patients. Ces deux éléments laissent entrevoir la possibilité d'une utilisation plus large dans la pratique clinique que ce n'est le cas actuellement.

# La tomosynthèse numérique : pourquoi maintenant ?

Outre les avantages en termes de productivité et de prise en charge des patients, la qualité de l'image d'une solution DTS est cruciale pour le succès de son introduction et de son application. Agfa a mis au point un nouvel algorithme de reconstruction qui, associé au post-traitement des coupes par le logiciel MUSICA, reconnu et éprouvé, offre une qualité d'image optimale à l'utilisateur final.



La première étape de la tomosynthèse est l'acquisition d'images : plusieurs images de projection sont acquises sous différents angles, comme l'illustre la figure 3. Ensuite, un algorithme de reconstruction calcule les coupes, parallèles au détecteur, comme l'illustrent les lignes en pointillés.

Fig. 3 : Schéma d'une acquisition de tomosynthèse

Cet algorithme de reconstruction est l'épine dorsale de ce système de tomosynthèse. Non seulement il influence considérablement le bruit et la résolution des images finales de reconstruction, mais il a également un impact important sur le flou résiduel des structures hors plan. En général, des algorithmes de reconstruction en une étape, comme le shift-and-add et la rétroprojection filtrée (FBP) sont utilisés. Bien que ces algorithmes soient rapides, ils souffrent du bruit et de la contamination par des artefacts.

Le logiciel de reconstruction d'Agfa utilise un algorithme de reconstruction itératif avancé, qui met à jour la reconstruction de manière répétée en comparant les images d'acquisition avec les images d'acquisition simulées tirées des images de reconstruction. Les images de reconstruction convergent pour fournir une solution optimale. Ce processus est accéléré en parallèle par l'exploitation de la capacité de calcul du processeur graphique (GPU) de l'ordinateur. La reconstruction qui en résulte prend généralement bien moins d'une minute.

Le logiciel d'Agfa comprend également plusieurs étapes d'amélioration des images, développées pour supprimer les artefacts spécifiques à la tomosynthèse.

Dans l'étape finale, les images de reconstruction sont améliorées grâce à la technologie de traitement d'images MUSICA d'Agfa, qui s'appuie sur le traitement multi-échelle breveté d'Agfa, offrant plus de détails et assurant une visualisation constante. Une version dédiée de MUSICA pour la tomosynthèse a été développée afin d'améliorer l'aspect des images de reconstruction.

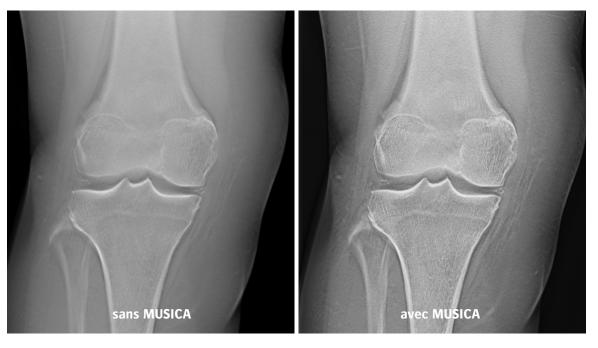


Fig. 4: Avantages du post-traitement MUSICA

# Avantages cliniques

La section suivante présente plusieurs cas cliniques sélectionnés, avec une description de leur indication clinique, la projection 2D ainsi que la ou les coupes de DTS concernées, et une explication de la valeur ajoutée de la DTS.

#### Cas clinique 1:

**Indication:** Patient de 74 ans avec contrôle post-opératoire après ostéosynthèse (c'est-à-dire fixation interne orthopédique) de la tête humérale.

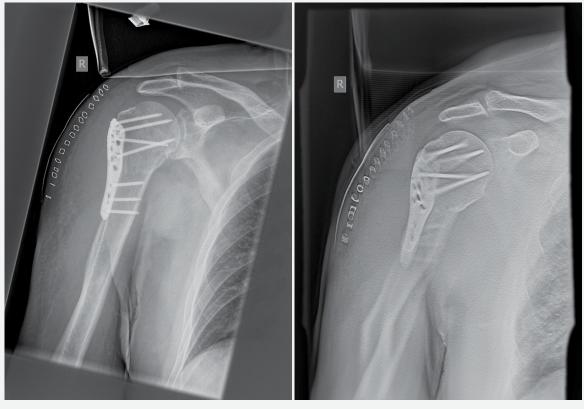


Fig. 5a: Projection AP 2D

Fig. 5b : DTS (coupe 13)

Paramètres d'acquisition DTS: 70 kV, 46 mAs au total, 39 coupes, épaisseur de coupe de 2 mm, qualité de reconstruction élevée

**Valeur ajoutée de la tomosynthèse :** il est possible de conclure à un positionnement correct et suffisant du matériel d'ostéosynthèse qui maintien la fracture, avec la tête humérale et les vis nettement délimitées dans le même plan image.

#### Cas clinique 2:

**Indication :** Patient de 73 ans ; recherche d'une nouvelle fracture vertébrale comme cause possible de sévères douleurs dorsales.



Fig. 6a : Projection latérale 2D Fig. 6b : DTS (coupe 7) Fig. 6c : Reconstruction CT Paramètres d'acquisition DTS : 80 kV, 74 mAs au total, 21 coupes, épaisseur de coupe de 2 mm, qualité de reconstruction élevée

**Valeur ajoutée de la tomosynthèse :** une fracture D8 plus récente, visible à travers la plaque de maintien vertébrale, est diagnostiquée par tomosynthèse de la même manière qu'elle le serait par le biais de la tomodensitométrie. En outre, une fracture D6 plus ancienne est visible.

#### Cas clinique 3:

**Indication :** Patient de 94 ans ; détermination d'une possible fracture (oui/non) après déformation de la jambe et de la cheville.

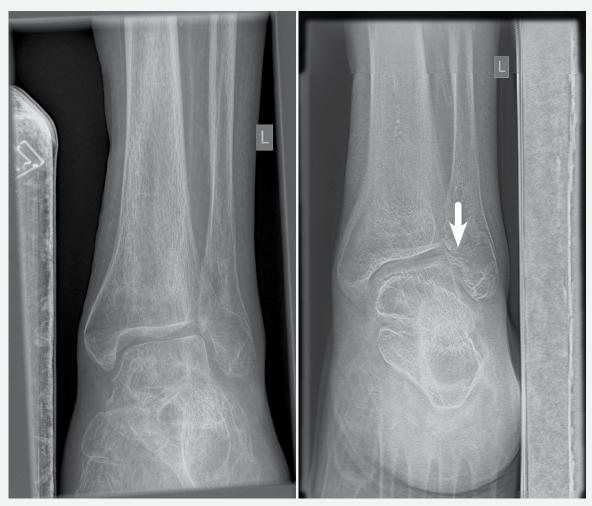


Fig. 7a : Projection 2D Fig. 7b : DTS (coupe 17)
Paramètres d'acquisition DTS : 60 kV, 37 mAs au total, 13 couches au total, épaisseur de coupe de 2 mm, qualité de reconstruction élevée

**Valeur ajoutée de la tomosynthèse :** une fracture de type Weber B, non orientée dans le sens dorsal ou ventral (et donc difficile ou impossible à visualiser dans une projection AP et latérale), devient clairement visible.

Les cas et les exemples présentés dans cette section indiquent qu'en radiographie musculo-squelettique, des indications cliniques spécifiques peuvent être identifiées et regroupées comme retirant des bénéfices d'une DTS en plus de l'imagerie radiographique 2D standard, et avant la tomodensitométrie ou l'IRM. Elles incluent des indications telles que des recherches sur l'ostéosynthèse postopératoire des os, les fractures vertébrales nouvelles ou existantes et les micro fractures désangulées.

## Amélioration de la productivité

Outre l'aspect purement clinique, le patient et l'hôpital peuvent tous deux tirer profit de l'utilisation de la DTS dans certaines indications cliniques, immédiatement après les projections 2D. En supposant, par exemple, que la durée d'une projection 2D standard (AP et latérale) est de 10 minutes, y compris le positionnement du patient, et temps de manipulation sur le poste de travail de la modalité, le balayage supplémentaire pour la tomosynthèse n'ajouterait que 5 minutes sur le temps radiographique. En effet, il n'est pratiquement pas nécessaire de repositionner le patient, alors que le démarrage d'une étude, la mesure de l'épaisseur d'une zone anatomique et la réalisation du balayage peuvent se faire en l'espace de 1 ou 2 minutes.

En ce qui concerne la prise en charge des patients et l'efficacité du diagnostic, la DTS prolonge la durée de l'examen d'environ 30 % de la durée totale de la radiographie 2D. De plus, les radiologues confirment que le temps supplémentaire pour la lecture des séquences sur les postes de travail de diagnostic est négligeable.

# Conclusion : La tomosynthèse numérique : une technique pour les soins aux patients et la productivité des hôpitaux

Plusieurs cas musculo-squelettiques ont été présentés avec des indications, des exemples d'imagerie (2D et DTS), ainsi que des propositions en faveur de la valeur ajoutée de la DTS. Parmi ces dernières, citons notamment un cycle de diagnostic plus court et une amélioration significative des soins dispensés aux patients. Ces cas indiquent que, avec un effort supplémentaire limité (prolongation de la durée de l'examen 2D) et une dose de rayons X nettement plus faible (par rapport à la tomodensitométrie), l'on obtient un avantage clinique évident.

Les principaux avantages (proposition de valeur) de la tomosynthèse numérique d'Agfa peuvent être résumés comme suit :

- **Amélioration du processus :** le diagnostic final est possible pendant que le patient est encore en consultation, et les temps d'attente pour les modalités d'imagerie supplémentaires peuvent être évités.
- Amélioration de la prise en charge des patients : il n'est pas ou peu nécessaire de devoir repositionner les patients pour obtenir les informations cliniques utiles. Les projections latérales, qui sont souvent douloureuses pour les patients, peuvent être évitées.
- Dose de rayonnement plus faible : une dose nettement plus faible est nécessaire par rapport à la tomodensitométrie, même une tomodensitométrie à faible dose.

La solution de tomosynthèse numérique d'Agfa offre la possibilité d'accroître la productivité et, dans le même temps, d'améliorer considérablement la prise en charge des patients.

Vous pouvez trouver de plus amples informations sur la solution DTS d'Agfa et les systèmes DR 800 et DR 600 dans les fiches techniques et les brochures commerciales correspondantes.

#### Remerciements:

Toutes les images cliniques sont fournies avec l'aimable autorisation du Dr D. Lommel, Radiologie Wittlich, Allemagne.

#### Littérature (sélection) :

- Tomosynthesis in musculoskeletal pathology; A. Blum, A. Noël,
   D. Regent, N. Villani, R.Gillet, P.G. Teixeira, 2018
   doi.org/10.1016/j.diii.2018.05.001
- Dose Reduction in Tomosynthesis of the Wrist; A.S. Becke, K. Martini,
   K. Higashigaito, R. Guggenberger, G. Andreisek and T. Frauenfelder,
   American Journal of Roentgenology. 2017; 208: 159-164. 10.2214/AJR.16.16729
- [3] Digital Tomosynthesis (DTS) for quantitative assessment of trabecular microstructure in human vertebral bone; W. Kim, D. Oravec, S. Nekkanty, J. Yerramshetty, E.A. Sander, G.W. Divine, M.J. Flynn, Y.N. Yeni, 2014
  - DOI: 10.1016/j.medengphy.2014.11.005

    Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healin
- [4] Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison with Radiography and CT, American Journal of Roentgenology 205(1):136-141, 2015 DOI: 10.2214/AJR.14.13833
- [5] Use of tomosynthesis for erosion evaluation in rheumatoid arthritic hands and wrists; C. Canella, P. Philippe, V. Pansini, J. Salleron, R.M. Flipo, A. Cotten DOI: 10.1148/radiol.10100791
- [6] Comparison of irradiation for tomosynthesis and CT of the wrist; A. Noël, M. Ottenin, C. Germain, M. Soler, N. Villani, O. G rosprêtre, A. Blum, J Radiol. 2011 Jan;92(1):32-9. DOI: 10.1016/j.jradio.2010.11.001. Epub 2011 2014.
- [7] Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison with Radiography and CT; A.S. Ha A.Y. Lee, D.S. Hippe, S.H. Chou and F.S. Chew https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.14.13833

#### Auteurs:

Friedrich Wanniger est basé à Munich, en Allemagne. En tant que responsable application d'Agfa, il est l'un des experts de la société en matière de qualité d'image et de capteurs plans. Il est titulaire d'une maîtrise ès sciences en physique médicale.

Vincent Van Nieuwenhove travaille depuis le siège d'Agfa à Mortsel, en Belgique. Il est ingénieur de recherche et le principal développeur de l'algorithmique de la tomosynthèse. Il est titulaire d'un doctorat en physique.

**Bernd Hoberg** est basé à Bonn, en Allemagne. Il est responsable des produits DR pour Agfa en Allemagne, en Autriche et en Suisse. Il représente l'entreprise dans plusieurs comités techniques.

