

## Acquisition et post-traitement des images TDM

### PLAN DU CHAPITRE

<b>1. Bases techniques de l'acquisition en scanner</b>	<b>10</b>	Visualisation des images	13
Installation du patient et conditions d'inspiration	10	Bibliographie	14
Mode d'acquisition	10	<b>2. Post-traitement des images TDM</b>	<b>14</b>
Paramètres de résolution spatiale	11	Reformations multiplanaires	14
Paramètres de dose	11	MinIP	15
Acquisitions complémentaires	12	MIP	15
Acquisition en procubitus	12	Outils d'aide à la détection/quantification	18
Acquisition en expiration	12	Bibliographie	18
Injection de produit de contraste	12		

# 1. Bases techniques de l'acquisition en scanner

Marie-Pierre Debray

## Introduction

- ▶ Le scanner thoracique joue un rôle de premier plan dans la démarche diagnostique, le classement et le suivi des pneumopathies interstitielles diffuses (PID).
- ▶ Les informations qu'il apporte sont conditionnées par une technique d'acquisition rigoureuse.
- ▶ Une technique inappropriée peut être source de pièges d'interprétation.
- ▶ Des évolutions technologiques constantes tendent vers une amélioration de la qualité des images et une diminution des doses d'irradiation.

## Installation du patient et conditions d'inspiration

L'acquisition de base est réalisée en décubitus dorsal et en apnée inspiratoire maximale (fig. 2.1). Le patient est au centre du statif, ses bras sont surélevés au-dessus de la tête. Des acquisitions complémentaires peuvent être utiles dans certains cas (voir plus loin).

## ! Important

### Rôle du manipulateur avant l'acquisition

- Vérification de la compréhension par le patient de la consigne d'apnée
- Vérification de la possibilité d'une apnée en inspiration maximale

## Mode d'acquisition

L'acquisition de base couvre l'ensemble du volume pulmonaire. Le mode d'acquisition hélicoïdal est le plus couramment utilisé. Un mode d'acquisition incrémental (ou séquentiel) volumique est possible sur des scanners à large couverture (16 cm de largeur de détection), ne nécessitant que deux ou trois déplacements de table pour couvrir l'ensemble du thorax. Bien qu'intrinsèquement moins irradiant que le mode hélicoïdal, il reste peu utilisé ; il peut générer un petit artéfact de décalage au niveau de la jonction entre deux volumes d'acquisition.

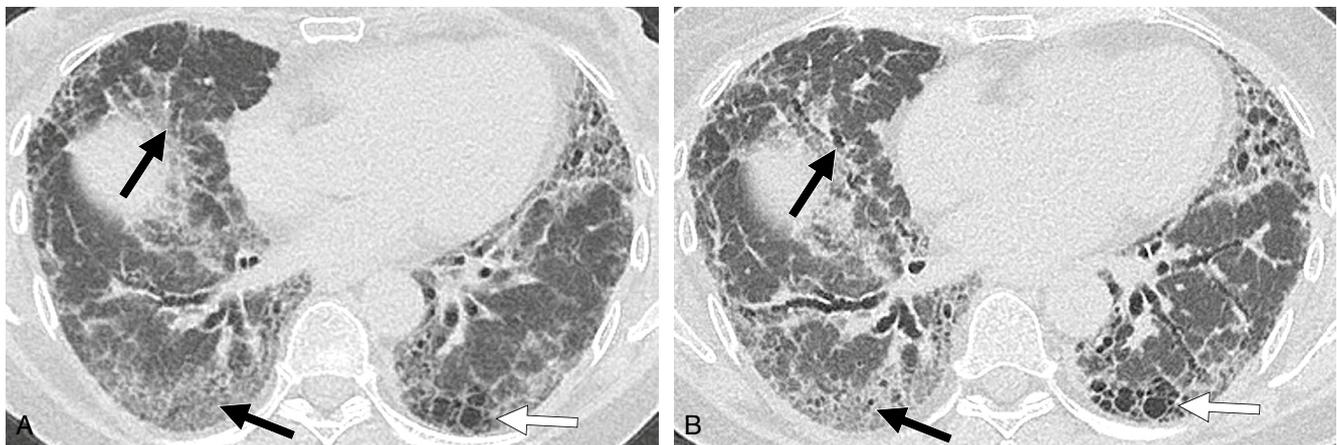


Fig. 2.1

### Importance d'une apnée inspiratoire complète.

Dégradation de la qualité de l'image sur une acquisition en apnée imparfaite (A) comparativement à une seconde acquisition réalisée en apnée complète (B) : défaut de netteté des kystes en rayon de miel dans le lobe inférieur gauche (flèche blanche) et perte de visibilité de bronchiectasies de traction dans le lobe moyen et le lobe inférieur droit (flèches noires).



### Point pratique

#### Modes d'acquisition en scanner

- **Mode hélicoïdal** : le déplacement de la table et la rotation du tube sont simultanés.
- **Mode incrémental** : le déplacement de la table et la rotation du tube se succèdent dans le temps.

Une couverture partielle du volume pulmonaire, en mode incrémental disjoint, était proposée historiquement pour le bilan initial et le suivi de la pathologie interstitielle (coupes de 1 mm échantillonnées tous les 10 ou 20 mm). Cette couverture partielle du volume pulmonaire, moins irradiante, ne permet pas les post-traitements simples de type MPR (*maximum intensity projection*), minIP (*minimum intensity projection*), MIP (*maximum intensity projection*), utilisés en routine. Elle risque de plus de méconnaître un cancer de petite taille, toujours à redouter sur un terrain de fibrose pulmonaire. Enfin, la comparaison de coupes acquises à des niveaux non strictement identiques peut être malaisée. Elle reste parfois utilisée en complément de l'acquisition couvrant l'ensemble des poumons, pour des coupes en expiration ou en procubitus.

Le temps de rotation du tube, qui conditionne la résolution temporelle, doit être court, inférieur à 0,5 seconde. Le pitch élevé (1 à 1,5) permet un temps d'acquisition court, de quelques secondes, et par conséquent une durée d'apnée courte, limitant le risque d'artéfacts de respiration.

## Paramètres de résolution spatiale

On recherche la résolution spatiale la plus élevée pour l'analyse de la sémiologie fine de la pathologie interstitielle. Les coupes sont d'épaisseur inframillimétrique ou millimétrique, au maximum de 1,5 mm. La matrice de reconstruction est habituellement de  $512 \times 512$ , avec des voxels quasi isotropes. Une matrice plus élevée peut être utilisée si l'appareil le permet. Néanmoins, le bruit de l'image augmente lorsque la taille des voxels diminue. Une augmentation de la taille de la matrice entraîne donc, à autres paramètres constants, une augmentation du bruit de l'image, pouvant contrebalancer l'amélioration de la résolution spatiale, sans amélioration *in fine* de la qualité de l'image.

Le champ de vue doit être limité au thorax, habituellement de 35 cm.

L'acquisition est reconstruite avec deux filtres, l'un privilégiant la résolution spatiale pour l'analyse du parenchyme pulmonaire (meilleure résolution spatiale, plus de bruit), le second privilégiant la résolution en densité pour l'analyse du médiastin et de la paroi (moins bonne résolution spatiale, moins de bruit, meilleure résolution en densité). Les filtres privilégiant la résolution spatiale sont nombreux et différents selon les constructeurs. L'aspect du parenchyme peut ainsi légèrement varier en fonction de l'appareil et du filtre. Ce point est à prendre en compte lorsque l'on compare des examens effectués sur des appareils différents.



### Point pratique

#### Sémantique

- Le terme « haute résolution » s'appliquait à l'époque des scanners spiralés monocoupes où l'épaisseur de coupe était de 5 mm, et où l'on réalisait sur demande des coupes incrémentales millimétriques espacées d'un centimètre.
- Actuellement, l'acquisition doit être millimétrique ou inframillimétrique, jointive ou chevauchée sur l'ensemble du volume ; donc l'expression « scanner haute résolution » n'a plus lieu d'être utilisée.

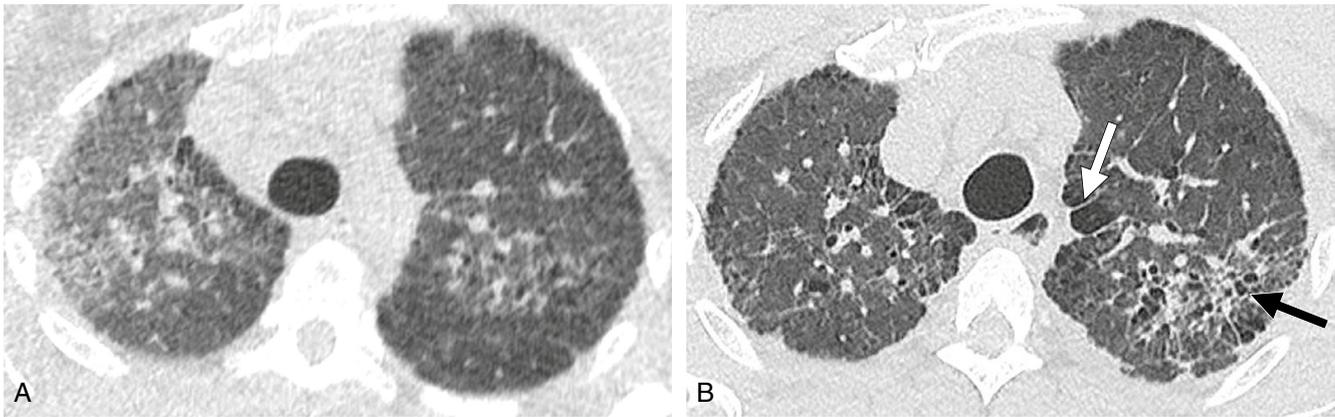
## Paramètres de dose

La dose doit être optimisée, c'est-à-dire réduite sans dégrader la qualité d'image. L'objectif de dose efficace est de 1 à 3 mSv, ce qui correspond à une DLP (*dose length product*) de 70 à 200 mGy.cm environ. L'acquisition en mode ultra-basse dose n'est à ce jour pas appropriée pour la pathologie interstitielle (fig. 2.2). La tension (kV) et la charge (mA) doivent être adaptées au morphotype du patient. Elles sont souvent choisies automatiquement sur les appareils récents à partir du mode radio et d'un niveau de bruit ou d'une qualité d'image prédéfinis. Un kilovoltage élevé (120 kV) est privilégié pour l'analyse de la pathologie interstitielle.

Différents outils de réduction de dose sont utilisés en routine :

- modulation de la dose dans le plan de coupe et selon l'axe z ;
- reconstructions itératives (permettant de réduire indirectement la dose, par une réduction du bruit).

Les reconstructions en *deep learning* disponibles sur les appareils les plus récents permettent également une



**Fig. 2.2**

**Importance d'une dose optimisée.**

Dégradation de la qualité de l'image sur une acquisition en mode ultra-basse dose (A) avec une DLP à 9 mGy.cm. Une seconde acquisition (B) réalisée à dose optimisée (DLP = 100 mGy.cm) démasque les lésions emphysémateuses (flèche blanche), les réticulations et les distorsions bronchiques (flèche noire).

réduction indirecte de la dose via une importante réduction du bruit. Elles s'accompagnent néanmoins d'une modification de la texture de l'image et sont encore peu évaluées dans le cadre de la pathologie interstitielle.

## Acquisitions complémentaires

### Acquisition en procubitus

#### Objectifs

- Permet de différencier des opacités liées à la gravité d'authentiques lésions infiltratives du parenchyme
- Permet une expansion des languettes pulmonaires postérieures

#### Indications

- En complément de l'acquisition en décubitus dorsal en cas d'opacités des régions déclives à type de verre dépoli, réticulations, lignes courbes, pseudo-épaississements pleuraux
- Rarement d'emblée (proposée par certains pour le dépistage de lésions liées à l'amiante)

#### Réalisation

- En inspiration profonde à dose optimisée
- En mode hélicoïdal (ensemble du volume couvert) ou en mode incrémental (coupes disjointes)
- Couvrant uniquement les bases pulmonaires ou l'ensemble du thorax

### Acquisition en expiration

#### Objectifs

- Permet d'identifier un piégeage expiratoire
- Permet d'appréhender le mécanisme d'un aspect en mosaïque du poumon
- Peut apporter des arguments en faveur d'une pneumopathie d'hypersensibilité

#### Indications

- Lors du bilan initial de toute PID en complément de l'acquisition en inspiration
- En cas d'aspect en mosaïque non connu sur l'inspiration
- En cas de suspicion de pneumopathie d'hypersensibilité
- En cas de suspicion de pathologie des voies aériennes distales

#### Réalisation

- En décubitus dorsal à dose réduite
- En mode hélicoïdal ou incrémental en coupes disjointes
- En fin d'expiration bloquée ou au cours d'une manœuvre expiratoire forcée dynamique

### Injection de produit de contraste

#### Objectifs

- Permet la recherche d'un thrombus artériel pulmonaire
- Permet une meilleure analyse du médiastin et des hiles

## Indications

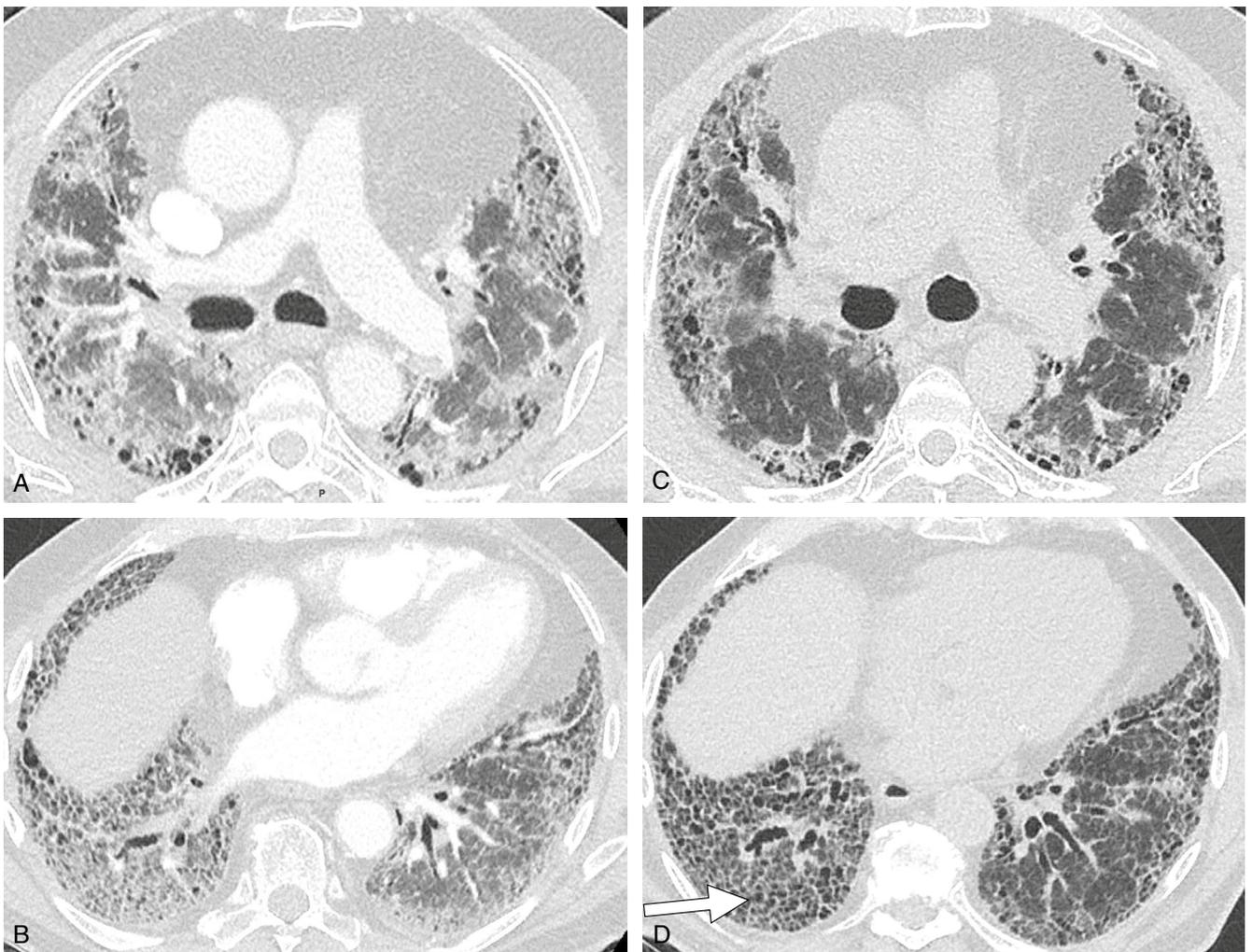
- Recherche d'embolie pulmonaire, devant l'aggravation respiratoire inexplicée d'une PID
- Bilan d'une hypertension pulmonaire associée à une PID
- Pour certains, dans le bilan initial d'une sarcoïdose

Toutefois, l'injection de produit de contraste entraîne une légère augmentation de la densité du parenchyme pulmonaire. Mais surtout, l'angioscanner est généralement effectué en inspiration sous-maximale (pour éviter une manœuvre de Valsalva), ce qui est inapproprié pour l'analyse de la pathologie interstitielle. Il est donc important de faire précéder l'angioscanner par une acquisition sans

injection en inspiration profonde lorsqu'il existe une pathologie interstitielle connue ou suspectée (fig. 2.3).

## Visualisation des images

Il est recommandé d'analyser les images sur station de travail dédiée, avec écran de grande taille et haute résolution. La fenêtre de visualisation pour la série reconstruite avec le filtre privilégiant la résolution spatiale (« filtre parenchyme ») est habituellement de  $-600$  UH (centre) et  $1600$  UH (largeur). Elle ne doit pas varier pour la comparaison d'exams au cours du suivi.



**Fig. 2.3**

### Limites de l'angioscanner seul dans les PID.

Sur l'angioscanner réalisé en inspiration sous-maximale (A, B), le verre dépoli est dû en grande partie à une augmentation de la densité du fait de l'expiration (et dans une moindre mesure à l'injection de produit de contraste). L'acquisition sans injection (C, D) réalisée au préalable en inspiration maximale montre que ce verre dépoli est en réalité minimale. Il existe surtout un important rayon de miel dans le lobe inférieur droit (flèche blanche), mieux analysable que sur l'angioscanner.

**Bilan initial de PID**

- Sans injection
- Mode hélicoïdal
- Décubitus dorsal et inspiration profonde bloquée
- Épaisseur de coupe < 1,5 mm
- Temps de rotation < 0,5 seconde, *pitch* 1-1,5
- Filtre spatial et filtre de densité
- Dose optimisée (1-3 mSv) : 120 kV, modulation de dose, reconstructions itératives
- Expiration forcée à dose réduite (mode hélicoïdal ou incrémental)
- ± procubitus en inspiration profonde, à dose optimisée

**Suivi de PID connue**

- Sans injection
- Mode hélicoïdal
- Décubitus dorsal et inspiration profonde bloquée
- Épaisseur de coupe < 1,5 mm
- Temps de rotation < 0,5 seconde, *pitch* 1-1,5
- Filtre spatial et filtre de densité
- Dose optimisée
- Si aggravation aiguë : réaliser en plus un angioscanner des artères pulmonaires

**Messages à retenir**

- Les paramètres d'acquisition et de reconstruction du scanner doivent privilégier la résolution spatiale.
- Une attention particulière du manipulateur est requise pour expliquer et vérifier les possibilités d'apnée du patient avant l'examen, en inspiration profonde et en expiration si besoin.
- Un temps d'acquisition court permet de limiter les risques d'artéfacts liés à la respiration.
- Le mode ultra-basse dose n'est pas approprié pour l'analyse de la pathologie interstitielle.

**Bibliographie**

- Desai SR, Lynch DA, Elicker BM, et al. Technical aspects of high-resolution CT. In : Webb, Muller and Naidich's high-resolution CT of the lung, 6<sup>th</sup> ed. Wolter Kluwer Health ; 2020.
- Lucidarme O, et al. Evaluation of air-trapping at CT comparaison of continous- versus suspended- expiration CT techniques. Radiology 2000 ; 216 : 768–72.
- Raghu G, Remy-Jardin M, Myers JL, et al. Diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis : an official ATS/ERS/JRS/ALAT clinical practice guideline. Am J Crit Care Med 2018 ; 198 : e44–e68.

## 2. Post-traitement des images TDM

Guillaume Chassagnon

**Introduction**

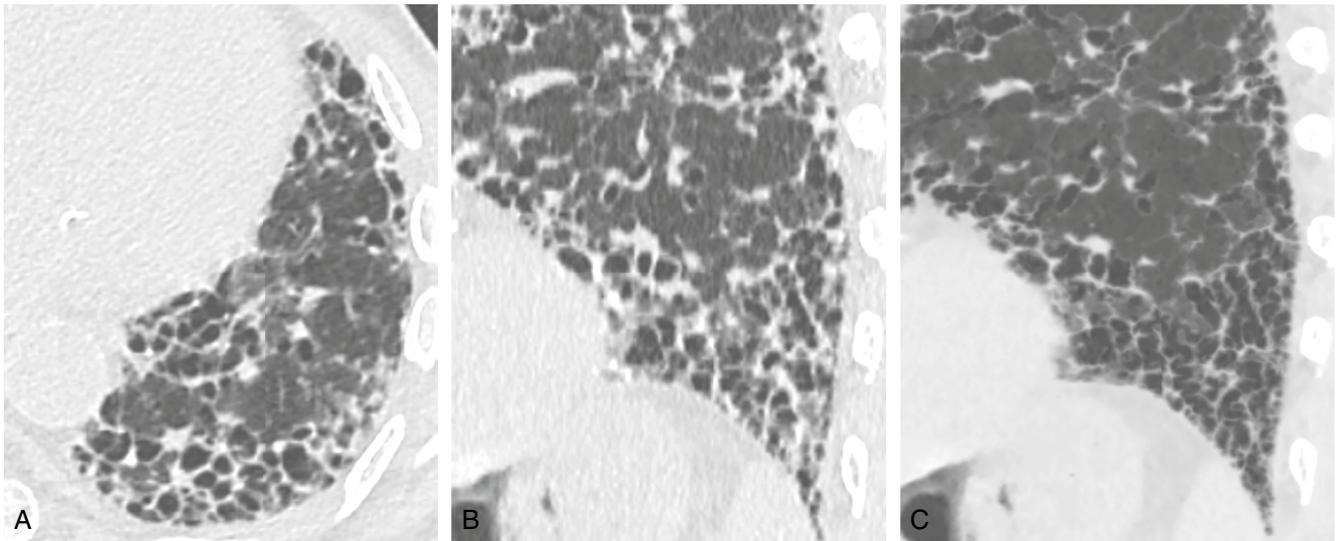
- ▶ L'utilisation des méthodes de post-traitement fait partie intégrante de l'interprétation des scanners.
- ▶ Ces post-traitements incluent les reformations multiplanaires (MPR), la projection des intensités minimales (minIP), la projection des intensités maximales (MIP), les outils d'aide à la détection ainsi que les outils de volumétrie/quantification.
- ▶ L'objectif de ce sous-chapitre est de montrer l'apport de ces méthodes de post-traitement dans le contexte des pneumopathies infiltrantes diffuses (PID).

**Reformations multiplanaires**

Les reformations multiplanaires ou MPR (*multiplanar reconstruction*) sont une fonction de base des logiciels de

visualisation. Dans le cadre des PID, leur utilisation est utile pour :

- étudier la **répartition spatiale** des lésions élémentaires qui est un élément important de la caractérisation des PID. Les reformations sagittales et coronales permettent notamment de mieux apprécier la distribution apicobasale des lésions ;
- différencier les lésions de rayon de miel des bronchiectasies par traction, notamment aux bases et aux apex, où l'axe des bronches est orthogonal au plan axial. L'association des reformations sagittales et du minIP est particulièrement utile dans cette indication (fig. 2.4) ;
- évaluer la distribution lobulaire des micronodules. Les reformations sagittales aident à la détection des micronodules scissuraux, dont la présence oriente vers une distribution périlymphatique ou hématogène, a contrario de la distribution centrolobulaire qui épargne les scissures. Dans



**Fig. 2.4**

**Apport des reformations multiplanaires et du minIP pour la différenciation entre rayon de miel et bronchectasies par traction.**

Sur l'image axiale native passant par le lobe inférieur gauche (A), on observe de multiples petites clartés aériques de distribution sous-pleurale. Le MPR sagittal (B) et surtout le minIP sagittal (C) montrent que ces images sont connectées, ce qui est en faveur de bronchioectasies par traction plutôt que de rayon de miel.

la sarcoïdose, cause la plus fréquente de micronodulation périlymphatique, les micronodules prédominent dans les régions supérieures et moyennes, alors qu'ils ont une distribution plus homogène, voire une discrète prédominance basale, dans les maladies hématogènes (fig. 2.5) ;

- étudier la **perte de volume** pulmonaire et lobaire dans les PID fibrosantes, notamment à l'aide du plan sagittal (fig. 2.6).

## MinIP

Le minIP (*minimum intensity projection*, ou projection des intensités minimales) permet de sensibiliser la détection des lésions fibrosantes et des hétérogénéités de densité du parenchyme pulmonaire. Le minIP doit uniquement être utilisé sur les images reconstruites avec le filtre de résolution en densité (filtre médiastinal), car les images reconstruites avec le filtre de résolution spatiale (filtre pulmonaire) sont trop bruitées. Le minIP est habituellement réglé avec une épaisseur de 5 à 7 mm. Pour la détection d'une atténuation en mosaïque du parenchyme pulmonaire, il est nécessaire de resserrer le fenêtrage de l'échelle des gris afin de majorer les contrastes.

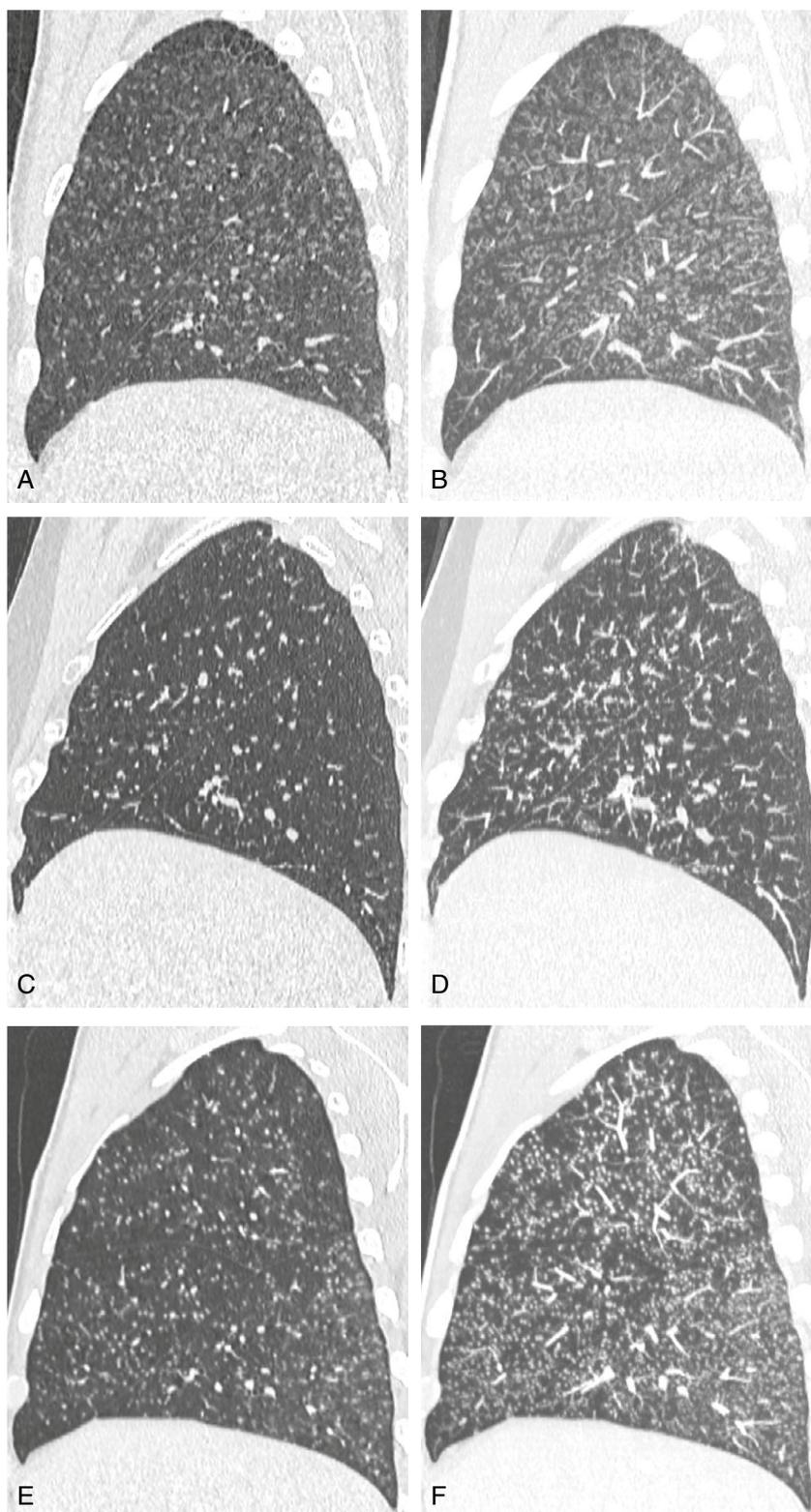
Dans le cadre des PID, l'utilisation du minIP est utile pour :

- détecter les lésions fibrosantes : bronchectasies/bronchioectasies par traction et rayon de miel (fig. 2.7) ;
- différencier le rayon de miel des bronchioectasies par traction (voir fig. 2.4) ;

- sensibiliser la détection des plages de verre dépoli de faible intensité ;
- détecter la **perfusion en mosaïque** (voir fig. 2.7). Lors d'une infiltration pulmonaire diffuse, les zones hypodenses correspondent le plus souvent à une atteinte première des petites voies aériennes avec vasoconstriction secondaire (hypoperfusion). Cette obstruction bronchiolaire s'accompagne en général d'un piégeage sur l'acquisition en expiration qui correspond à une majoration du gradient de densité entre lobules normaux et lobules hypodenses (hypoperfusion et discrète hyperinflation). La détection d'une perfusion en mosaïque ou d'un piégeage expiratoire oriente vers une PID avec obstruction des petites voies aériennes, telles que la pneumopathie d'hypersensibilité (PHS), mais parfois aussi une polyarthrite rhumatoïde, une sarcoïdose ou une DIPNECH (*diffuse idiopathic pulmonary neuro-endocrine cell hyperplasia*) ;
- détecter les lésions d'emphysème associées, par exemple dans le cadre d'un syndrome combiné emphysème-fibrose ;
- détecter et apprécier la distribution lésionnelle des maladies kystiques.

## MIP

Le MIP (*maximum intensity projection*, ou projection des intensités maximales) permet de sensibiliser la détection des nodules et micronodules. Il peut être utilisé sur les

**Fig. 2.5**

**Apport des reformations sagittales MPR et MIP pour la caractérisation des syndromes micronodulaires.**

En cas de distribution centrolobulaire (A, B), les micronodules épargnent les scissures (bronchiolite infectieuse). En cas de distribution périlymphatique (C, D), les micronodules touchent avec prédilection les scissures (sarcoïdose). En cas de distribution hémotogène (E, F), les micronodules sont profus, distribués de façon aléatoire, y compris au contact des scissures (miliaire métastatique). Dans ces trois cas, le MIP (B, D, F) permet de sensibiliser la détection et l'analyse de la distribution des micronodules.