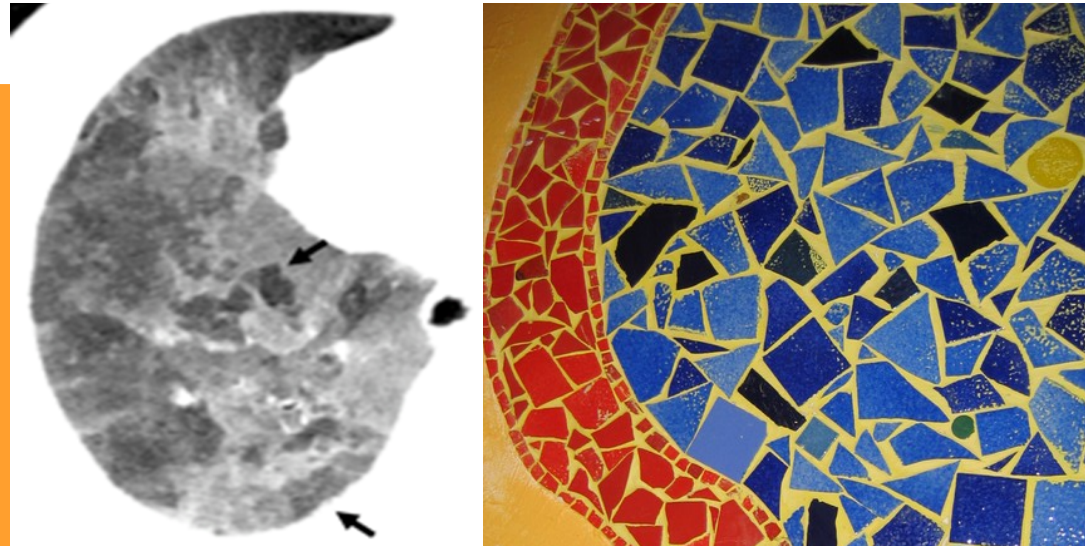


## Atténuation en mosaïque

- Définition
- Etiologies



- **Définition :**  
Hétérogénéité des densités parenchymateuses,  
de distribution lobulaire ou segmentaire (Patchwork).
- **Etiologies :**
  - Atteinte vasculaire : Embolie pulmonaire (EP).
  - Pneumopathie interstitielle diffuse (PID) avec comme chef de fil la pneumopathie d'hypersensibilité (PHS).
  - Maladie des petites voies aériennes (PVA).
- **Un réflexe à avoir :**  
Réaliser une acquisition scannographique en **Expiration forcée**  
pour faire la part entre une étiologie vasculaire et bronchiolaire.

Disease	Radiologic Features	
	Vessels	CT Scan
Vascular lung disease	Same as small airway disease	No air trapping seen on expiratory CT scans
Infiltrative disease	Similar size and number of vessels in both regions of lung	No air trapping seen on expiratory CT scans
Small-airway disease	Decreased size and number in lucent lung compared with higher-attenuation lung	Air trapping present as evidenced by no increase in attenuation or decrease in volume of lucent lung on expiratory CT scan

[1] Stern EJ. *AJR Am J Roentgenol.* 1994.

[2] Hansell DM. *Radiology.* 1997.

- Gravitodépendance Hyperdensités déclives des lobes inférieurs.
- Piègeage unilobulaire (flèches).



- **Blanc = Hyperdensité**
  - Collapsus
  - Infiltration
  - Hyperperfusion
- **Noir = Hypodensité**
  - Hyperaération
  - Destruction
  - Hypoperfusion

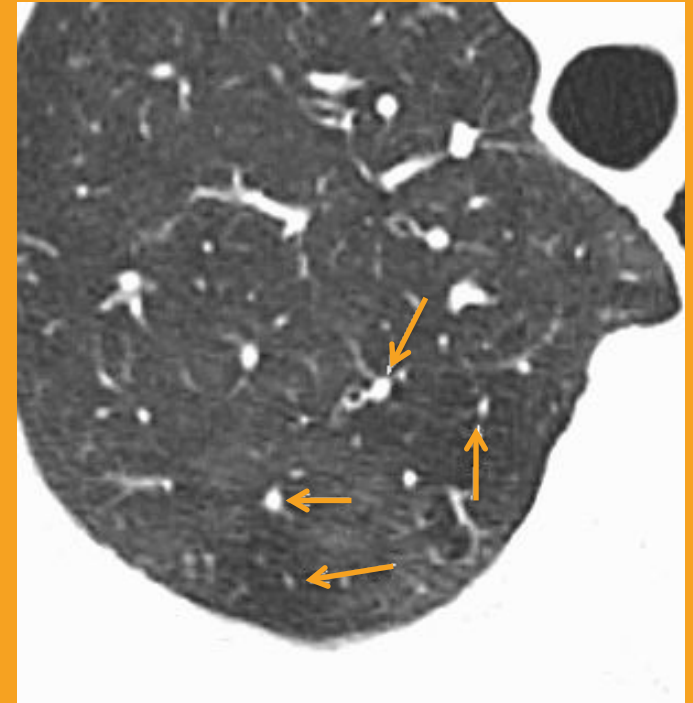
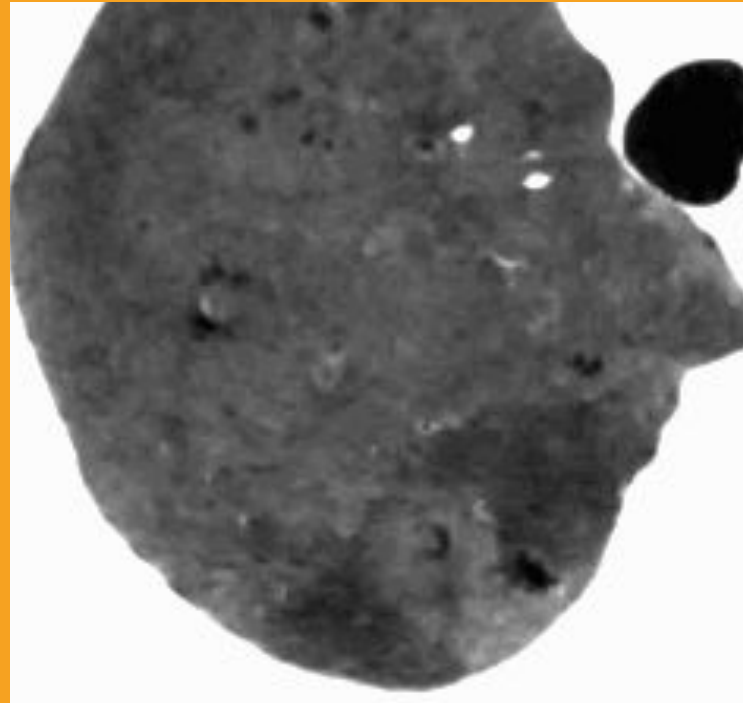
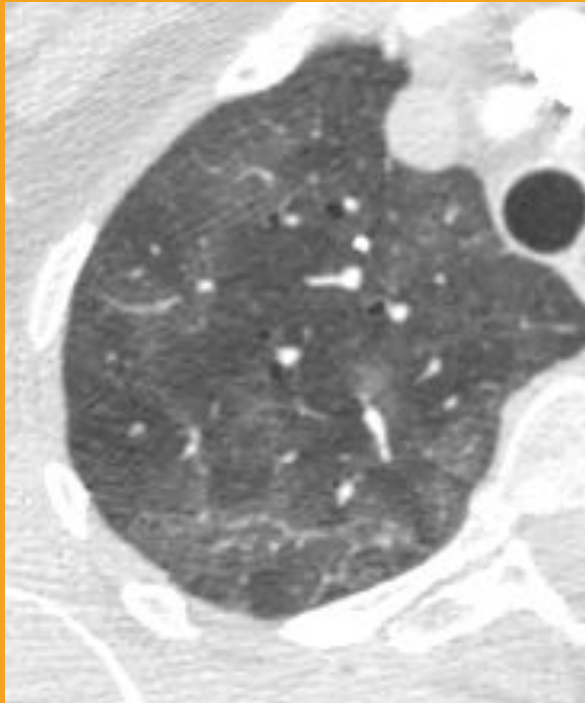
## • Hyperdensité

Verre dépoli en mosaïque (PID).

## • Hypodensité

Mosaïque perfusionnelle :

- Hypoperfusion des zones hypodenses par vasoconstriction inaugurale (EP) ou hypoxique post-atteinte des PVA (bronchiolite).
- Petits vaisseaux dans les zones hypodenses (flèches).
- Gros vaisseaux dans les zones hyperdenses (flèches).



- En analysant le calibre des vaisseaux en zones blanches et noires.
- En recherchant un trappage : Expiration forcée.
- **En recherchant des signes associés :**
  - Aspect des voies aériennes proximales et distales.
  - Aspect des artères pulmonaires, artères bronchiques.
  - Existence d'une PID : Nodules, Kystes, Fibrose.

- **Hétérogène :**  
Perfusion en mosaïque.

- **Homogène :**  
Verre dépoli en mosaïque.





**Atténuation  
en mosaïque**

# Expiration forcée normale



**Inspiration**



**Expiration**

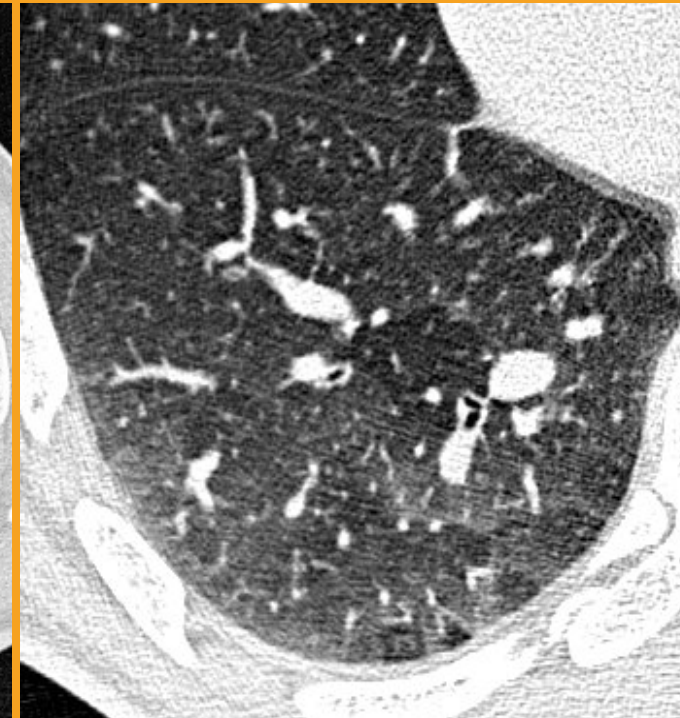
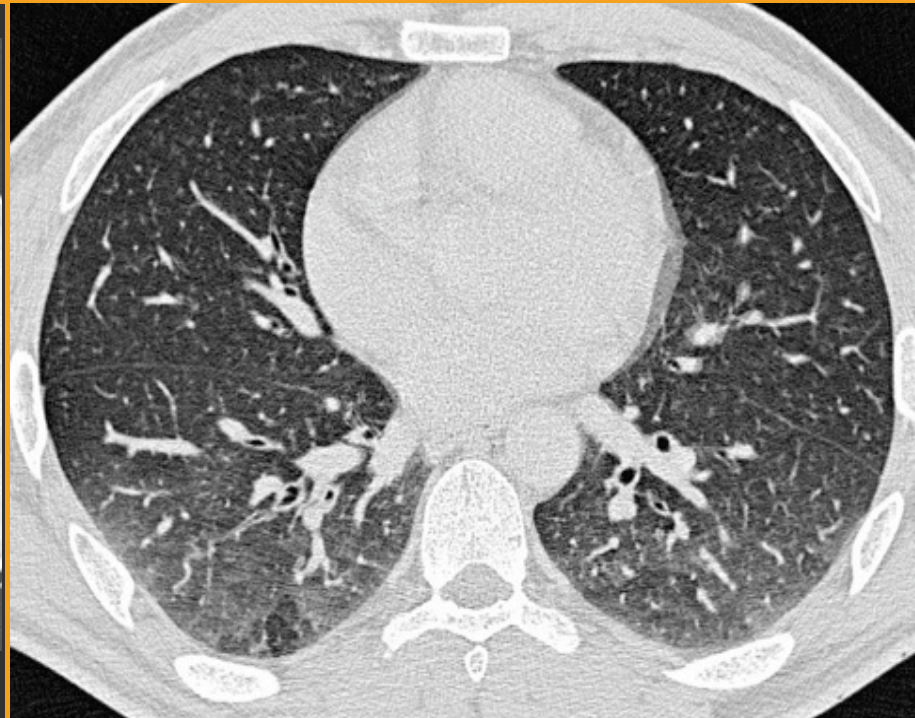
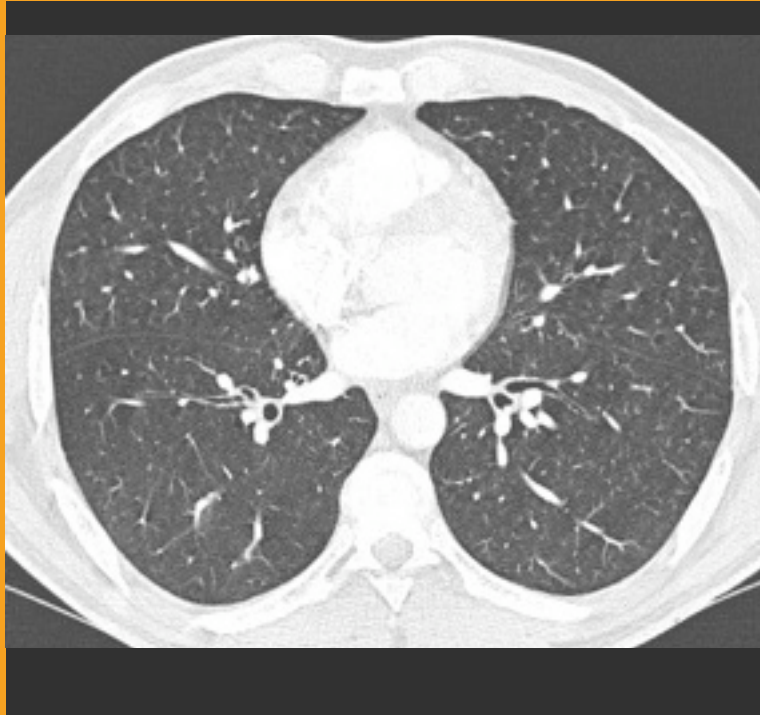
**Atténuation  
en mosaïque**

**Expiration forcée :  
Trappage pauci et plurilobulaire**



**Trappage  
paucilobulaire**

**Trappage  
plurilobulaire**

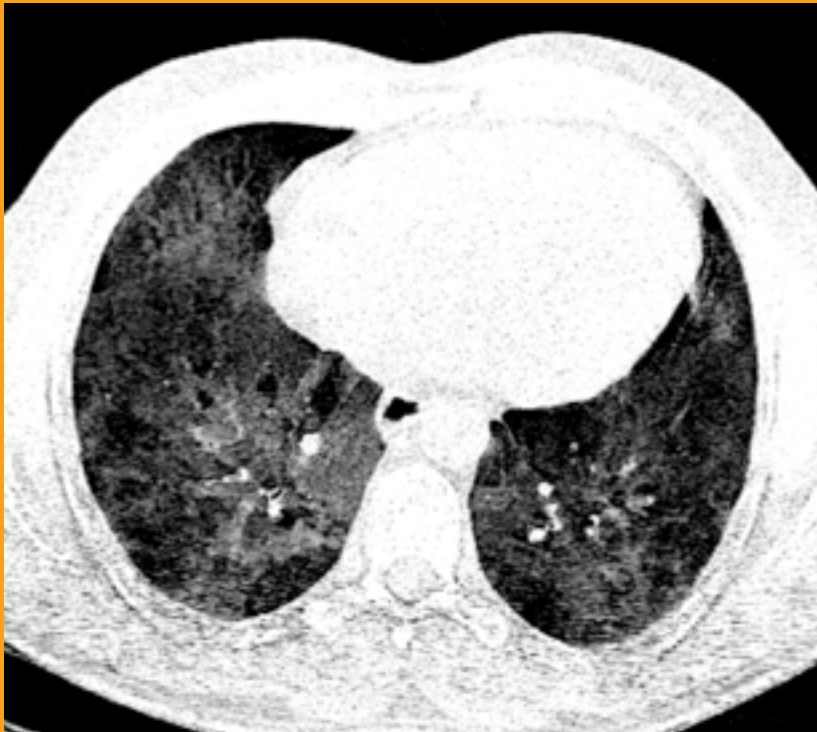


**Atténuation  
en mosaïque**

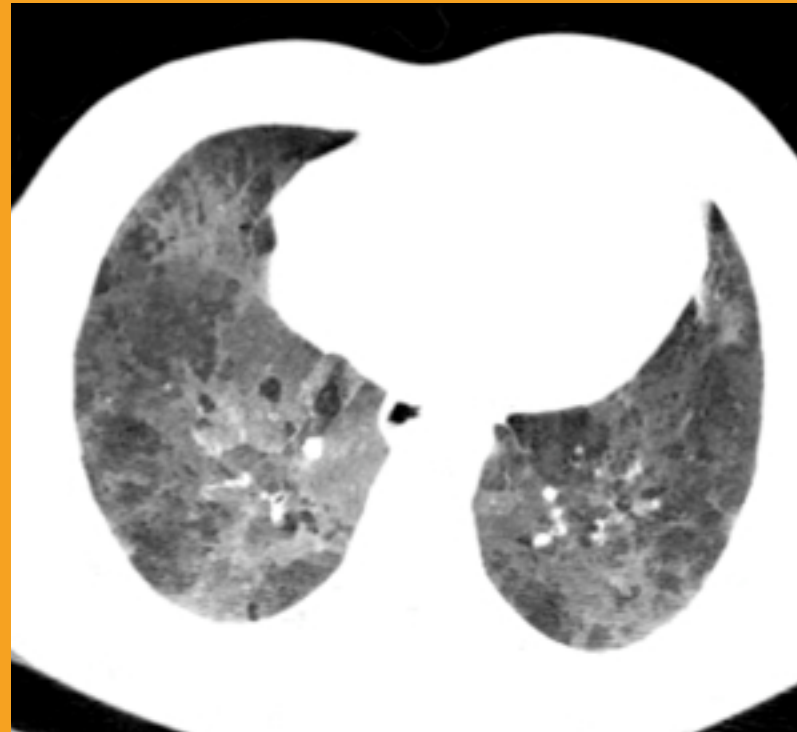
**Privilégier le filtre mou  
pour une meilleure analyse de l'atténuation**



Dur



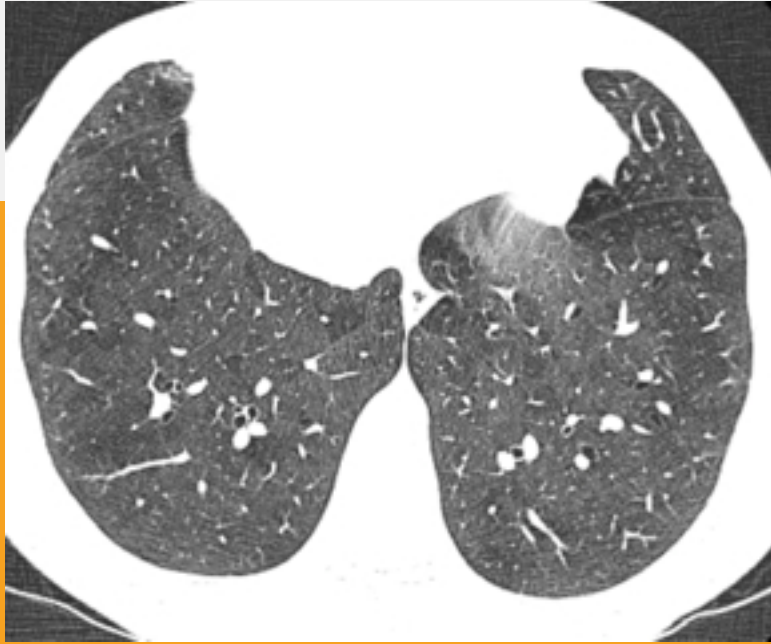
Mou



Minimum Intensity  
Projection (minIP)  
Le filtre «mou» offre  
une meilleure  
résolution  
en contraste.

[3] Wittram C.  
*J Thorac Imaging.* 2002.

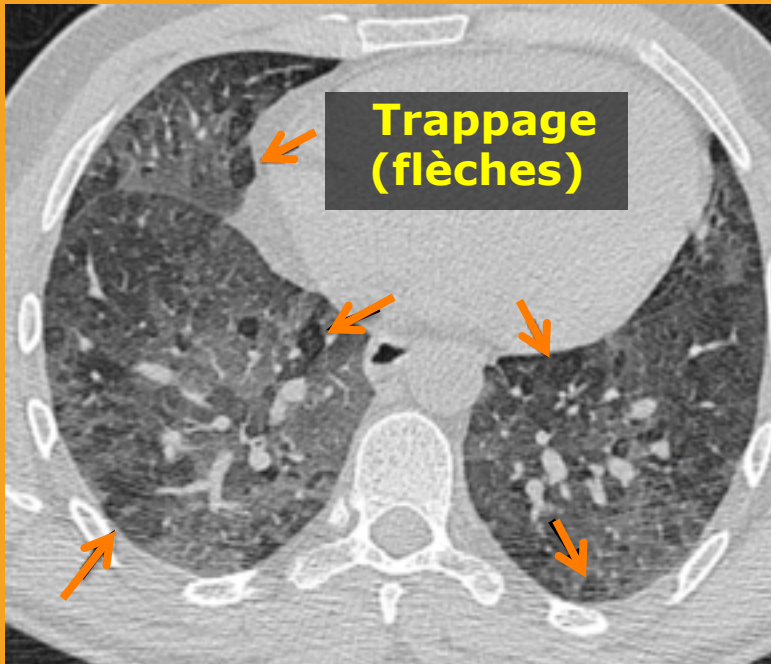
Inspiration



Inspiration  
minIP



Expiration



Expiration  
minIP



- Présent chez 50 % des patients asymptomatiques non fumeurs.
- Fréquence et extension corrélées aux modifications fonctionnelles respiratoires liées à l'âge.

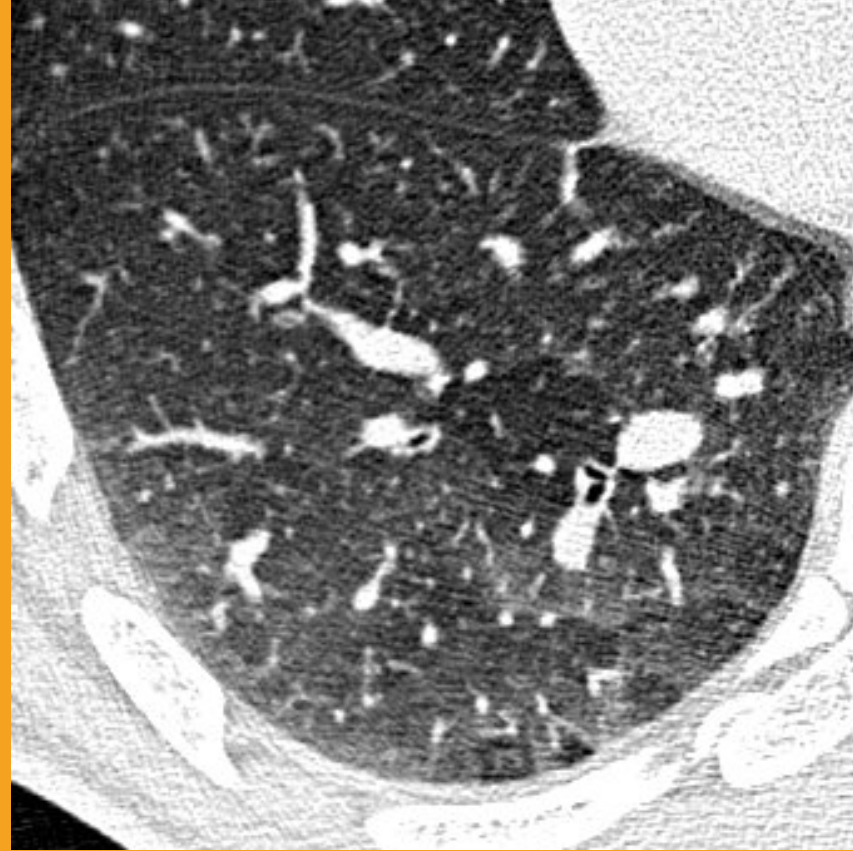
[4] Tanaka N. *Radiology*. 2003.

[5] Zeleznik J. *Clin Geriatr Med*. 2003.

- Atteinte > 2 lobules adjacents.
- ou
- Atteinte > 5 lobules par poumon (et par côté).



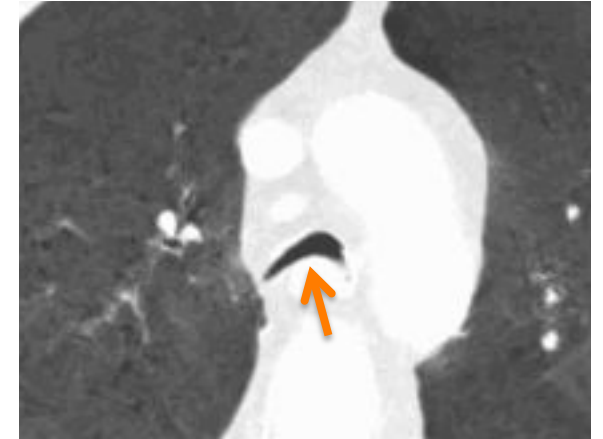
NON



OUI

[6] Lucidarme O.  
*AJR Am J Roentgenol.*  
1998.

- **Qualité de l'Expiration :**
  - Bien expliquer au patient +++
  - Critères : Carène aplatie  
Pars membrana convexe.
- **Absent dans la Bronchiolite Cellulaire**
  - Pores de Kohn non perméables.
- **Absent dans Bronchiolite Oblitérante (BO) diffuse.**
- **Parfois présent dans l'Atteinte Petits Vaisseaux**
  - Bronchoconstriction / Vaso-occlusion artérielle.
- **Problème du trappage uni (ou pauci) lobulaire.**





- Dyspnée et/ou trouble ventilatoire obstructif (TVO) non expliqués par l'acquisition en inspiration.
- Aspect en mosaïque ou forme « trompeuse » sur la série en inspiration.
- Suspicion de PHS.
- Affection susceptible de toucher les PVA.



# Poumon en mosaïque

Taille des vaisseaux

**Hétérogène**  
**Perfusion en mosaïque**  
(zones claires pathologiques)

**Homogène**  
**Verre dépoli en mosaïque**  
(zones denses pathologiques)

Trappage expiratoire

PID

Non

Oui

Aspect en  
Fromage de Tête  
(PHS +++)

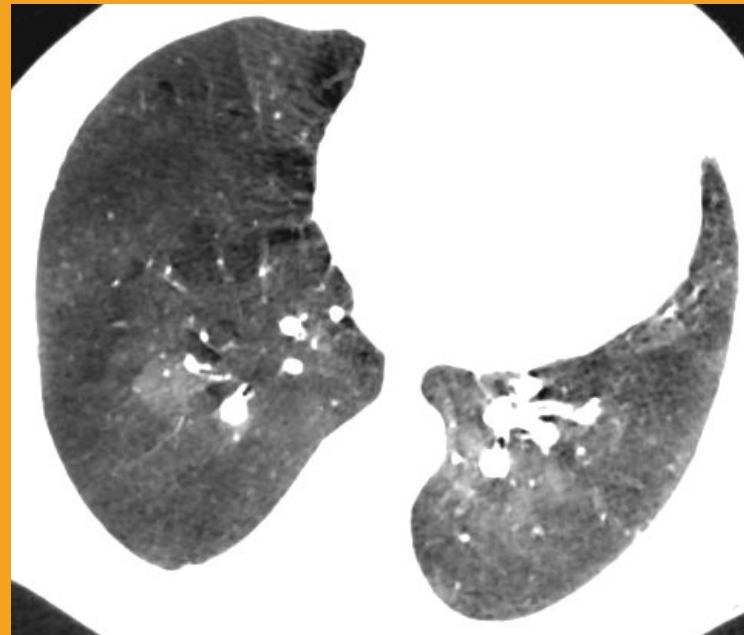
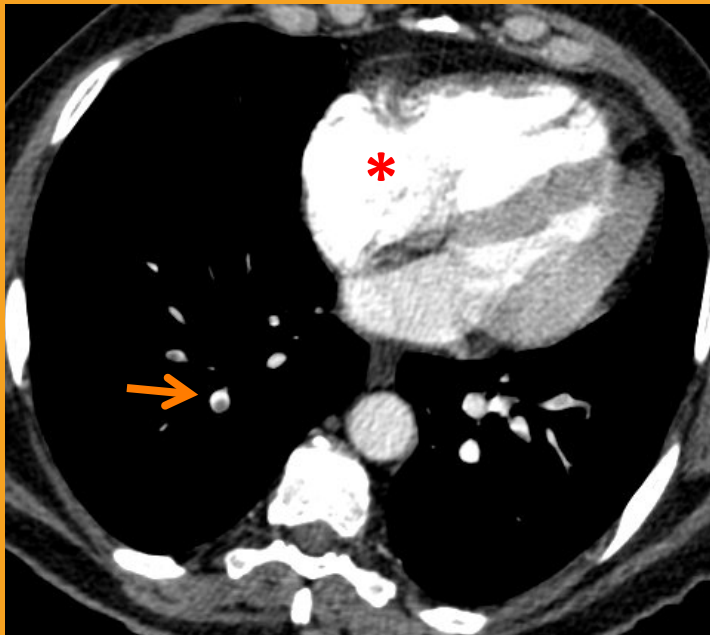
**Origine vasculaire**  
(CPC post-EP)

**Atteinte bronchiolaire**  
(Bronchiolite Oblitérante, Asthme)

- **Atteinte vasculaire :**  
Cœur pulmonaire chronique post-embolique (CPC post-EP).
- **PID**
  - PID sans atteinte bronchiolaire
  - PID avec atteinte bronchiolaire  
(aspect en « headcheese » ou en « fromage de tête »)
    - PHS +++
    - Sarcoïdose
  - Pneumopathie interstitielle non spécifique (PINS).
  - Pneumopathie interstitielle commune (PIC).
- **Maladie des petites voies aériennes (PVA) +++.**

Illustration d'un CPC post-EP :

- EP chronique (flèche).
- Dilatation du cœur droit (étoile).
- Poumon en mosaïque.



**Atténuation  
en mosaïque**

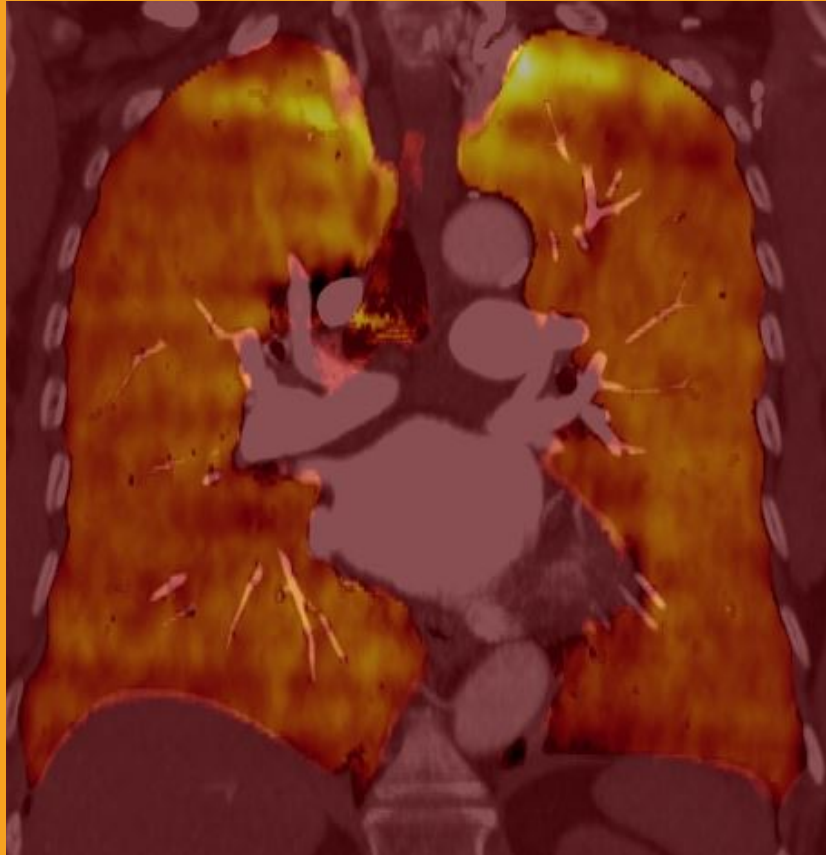
**Scanner**

**Réalisé avec un appareil à double énergie**



• **Perfusion normale**

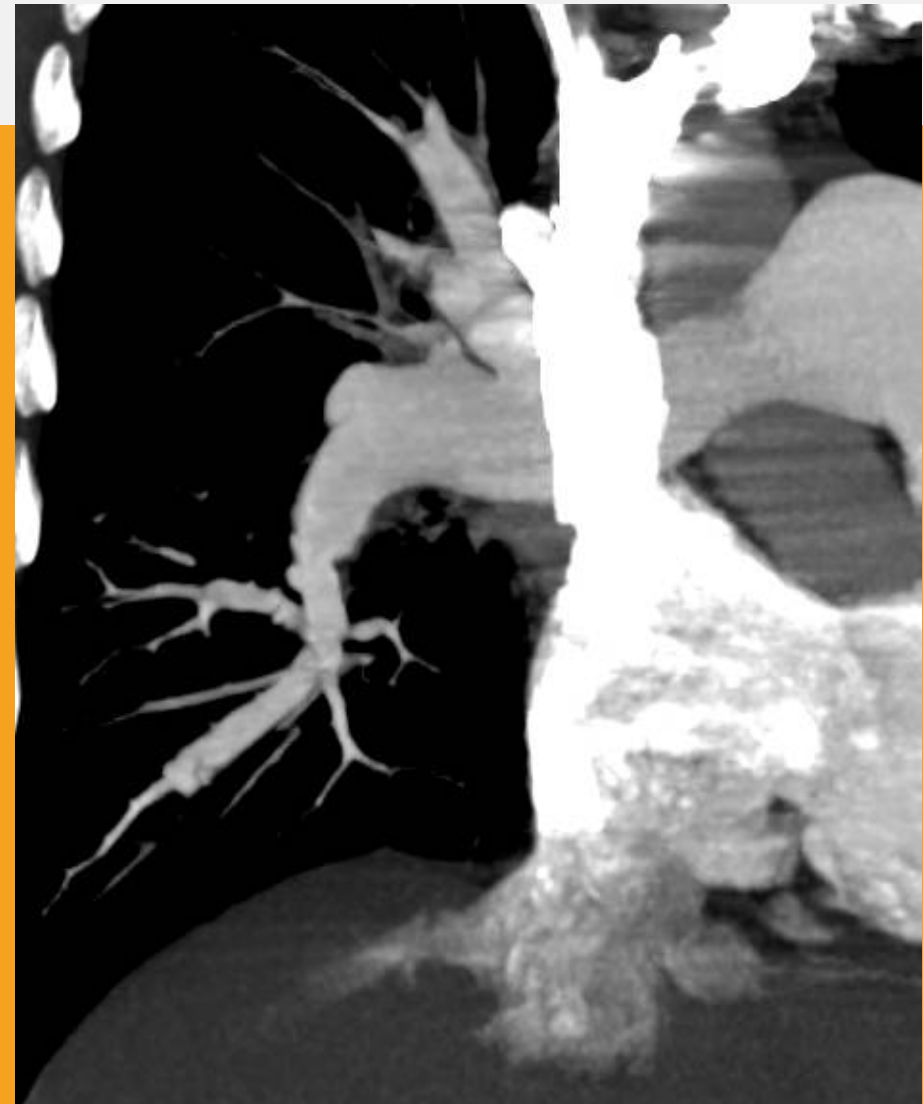
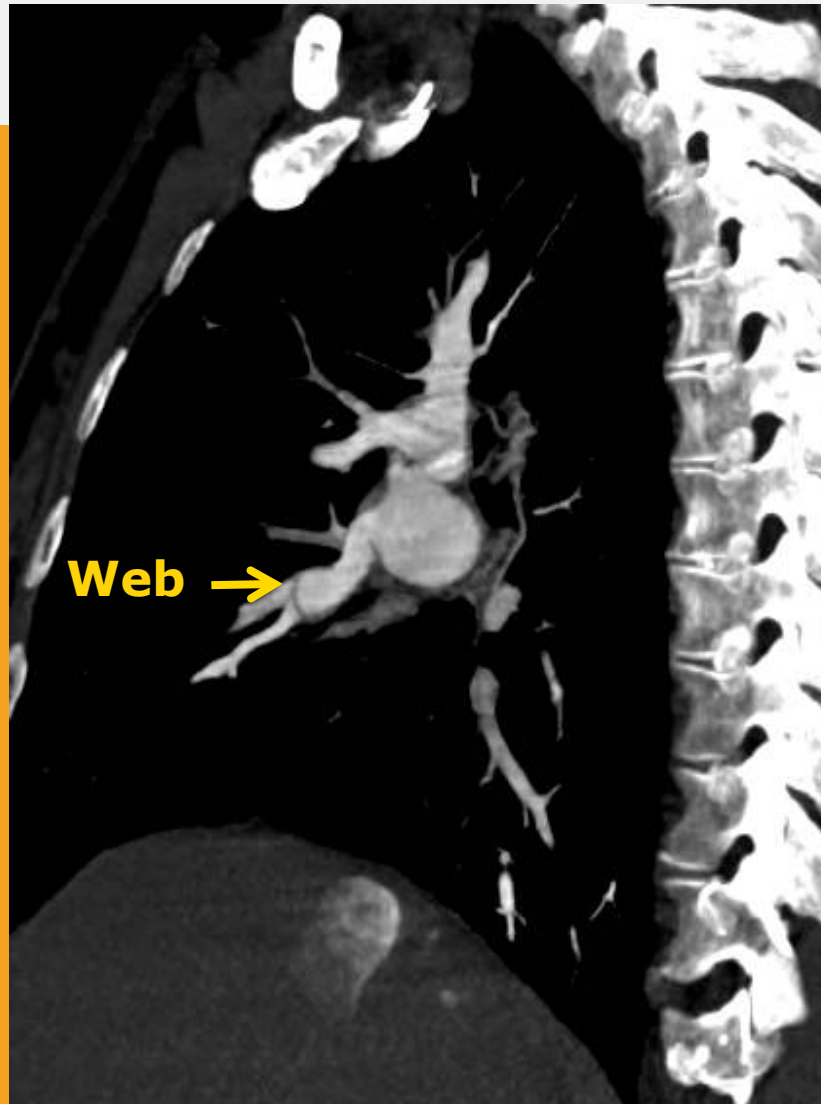
• **Defects de perfusion**

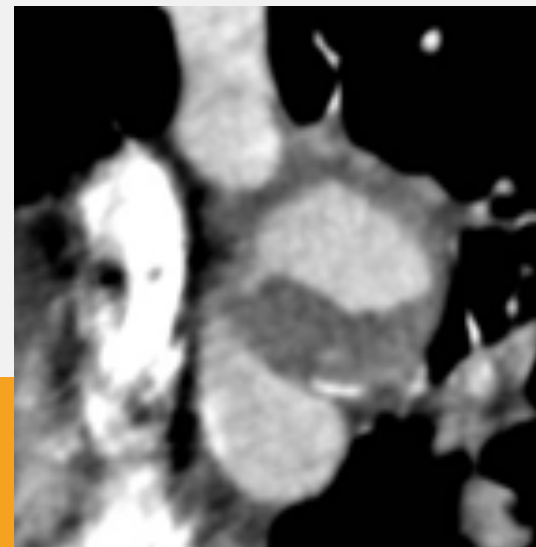
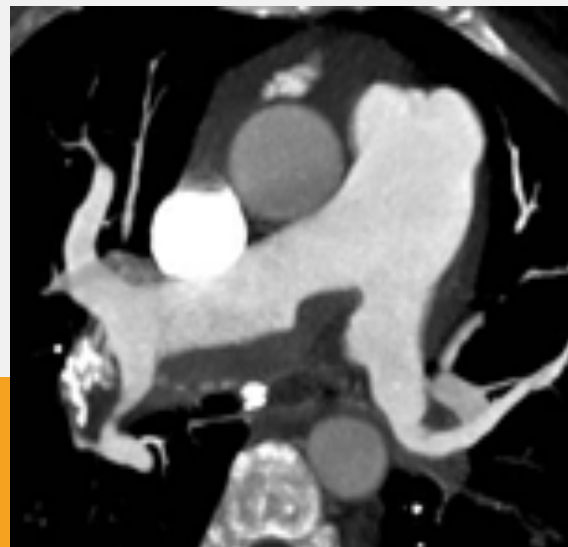
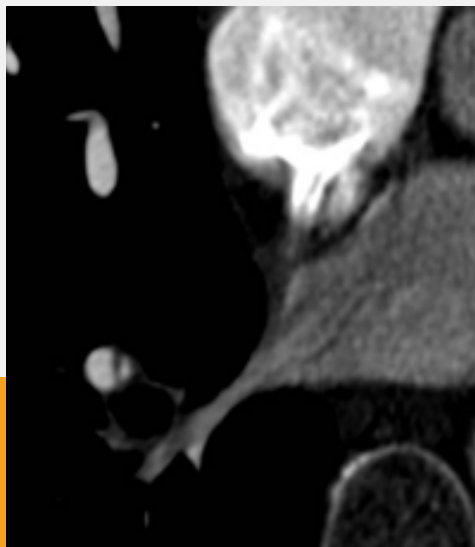


**Atténuation  
en mosaïque**

# Embolie pulmonaire chronique

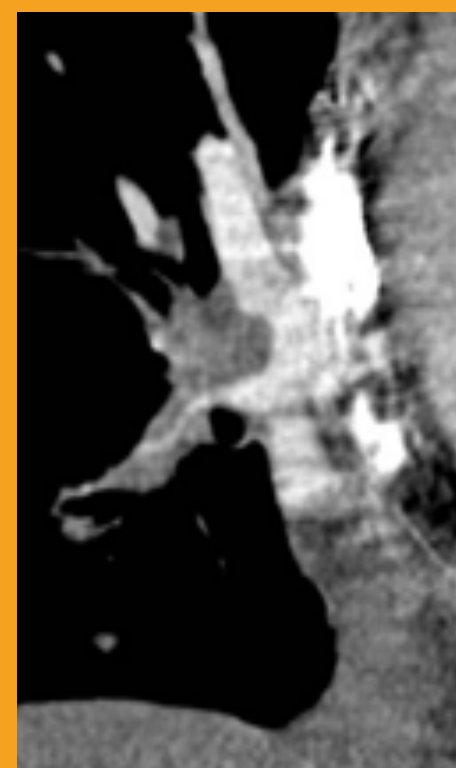
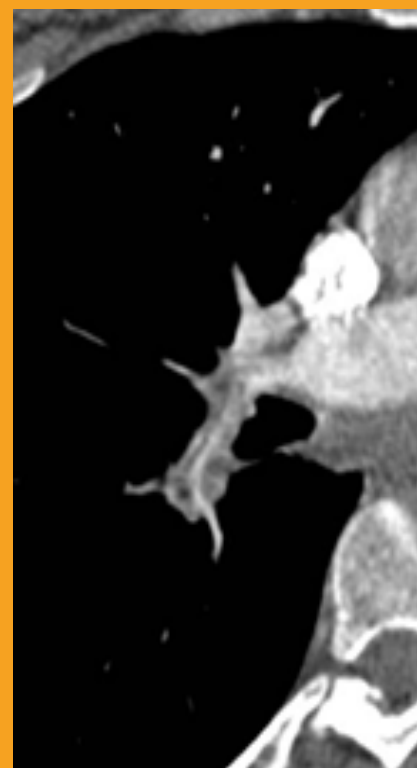
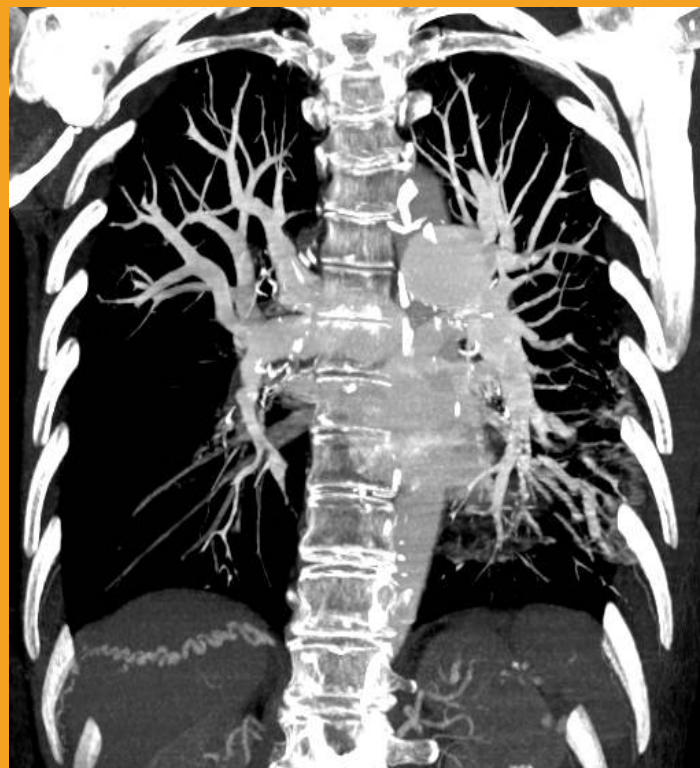
**Signes directs vasculaires : webs, sténoses, dilatation**





---

## Images d'embolie pulmonaire chronique

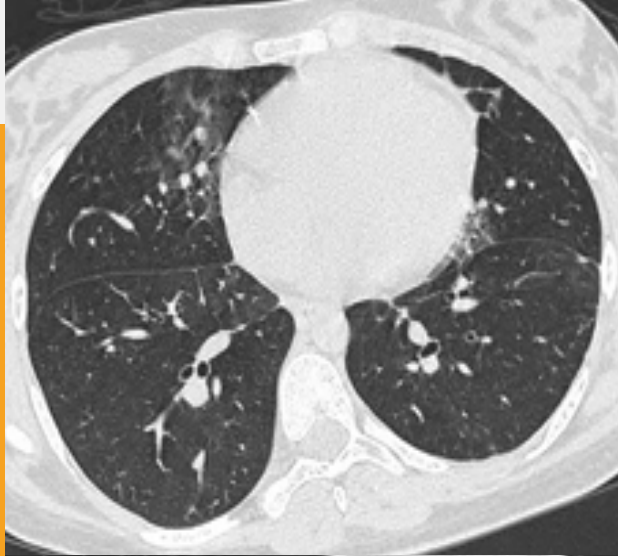


**Atténuation  
en mosaïque**

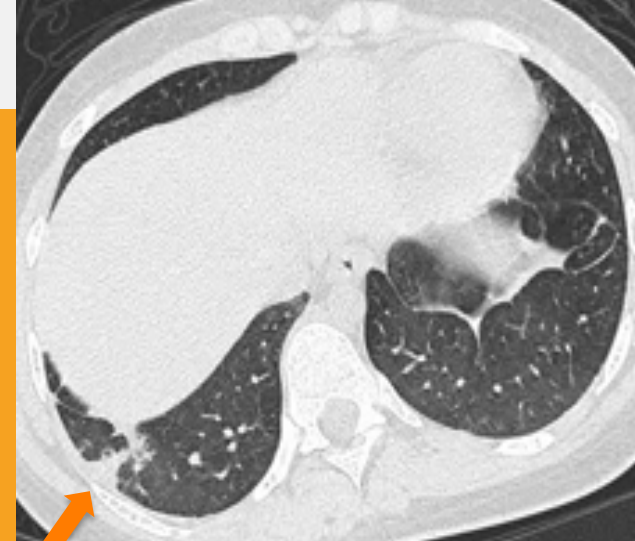
## **Embolie pulmonaire chronique**

**Mosaïque vasculaire** (inchangée par l'expiration)

**Séquelle d'infarctus du lobe inférieur droit** (flèche)



**Inspiration**

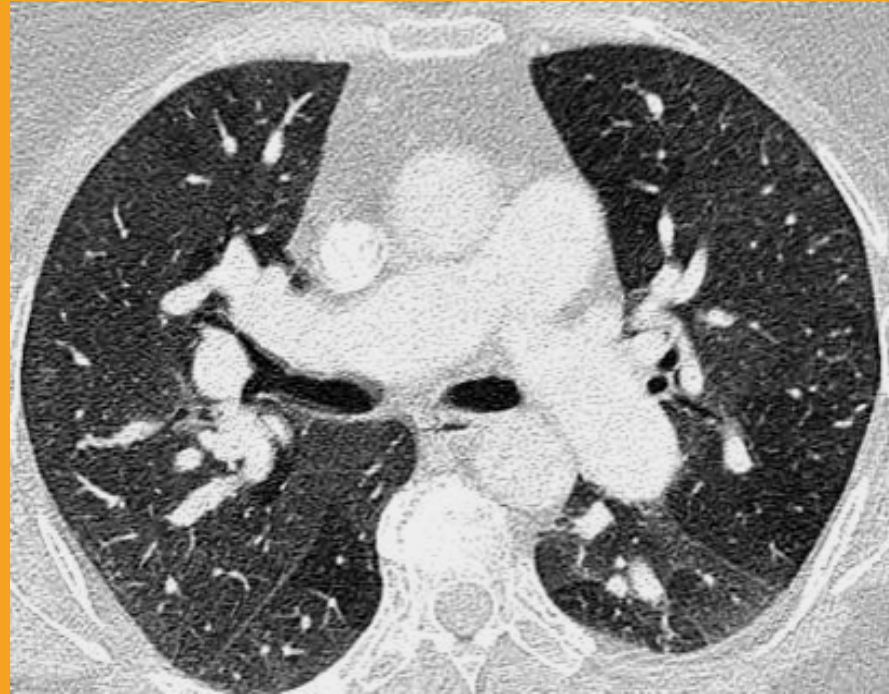
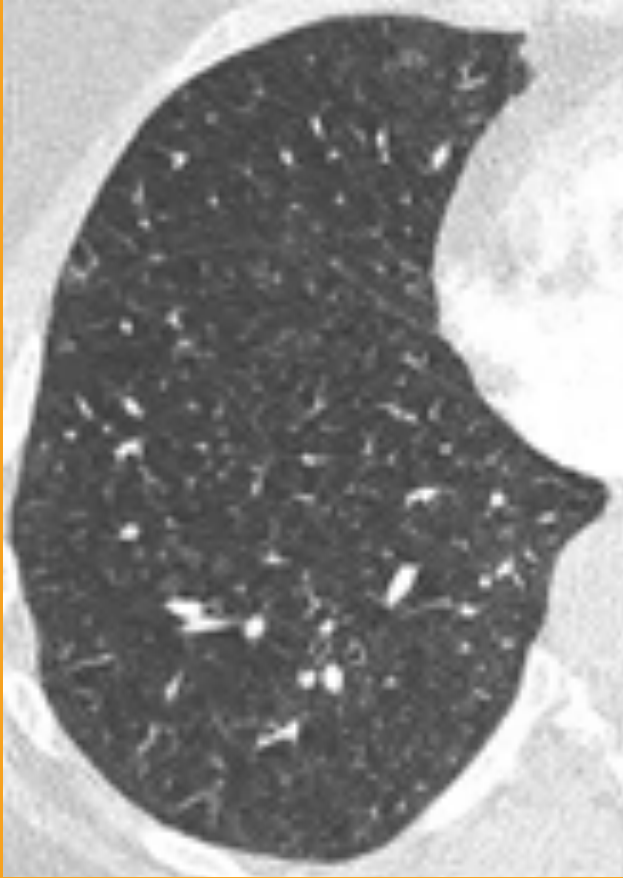


**Expiration**



**Atténuation  
en mosaïque**

**Hypertension Artérielle Pulmonaire Primitive  
(HTAP-P) HTAP, micronodules centrolobulaires  
parfois mosaïque « vasculaire »**





- **Atteinte vasculaire :**  
Cœur pulmonaire chronique post-embolique (CPC post-EP).
- **PID**
  - PID sans atteinte bronchiolaire
  - PID avec atteinte bronchiolaire  
(aspect en « headcheese » ou en « fromage de tête »)
    - PHS +++
    - Sarcoïdose
  - Pneumopathie interstitielle non spécifique (PINS).
  - Pneumopathie interstitielle commune (PIC).
- **Maladie des petites voies aériennes (PVA) +++.**

**Atténuation  
en mosaïque**

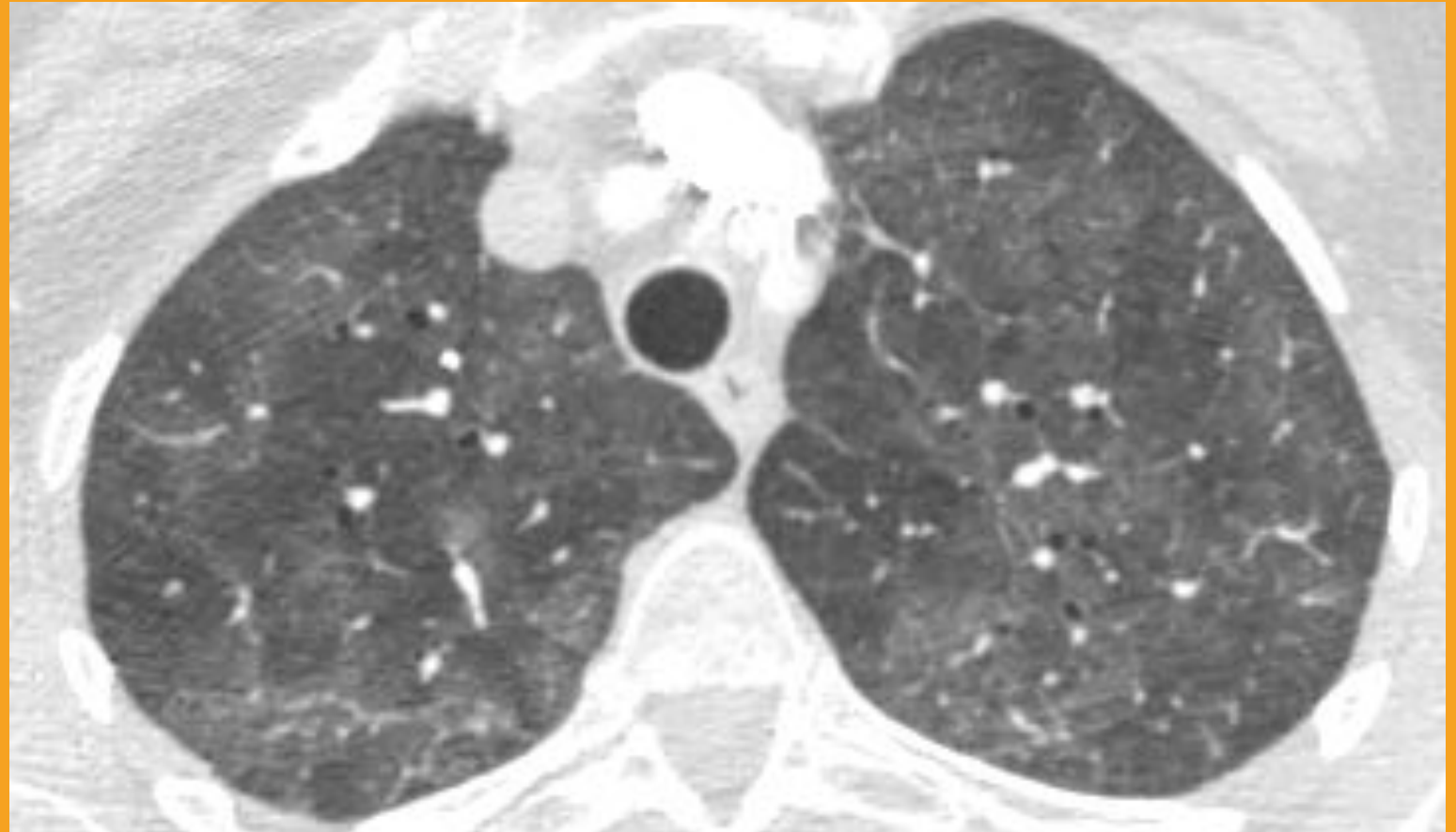
## **Mosaïque et PID**

**Inspiration = Calibre vasculaire homogène**

**Expiration = Pas de Trappage**

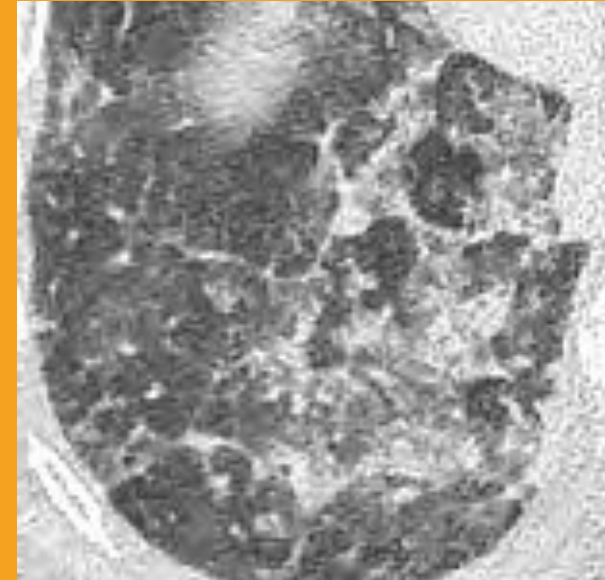
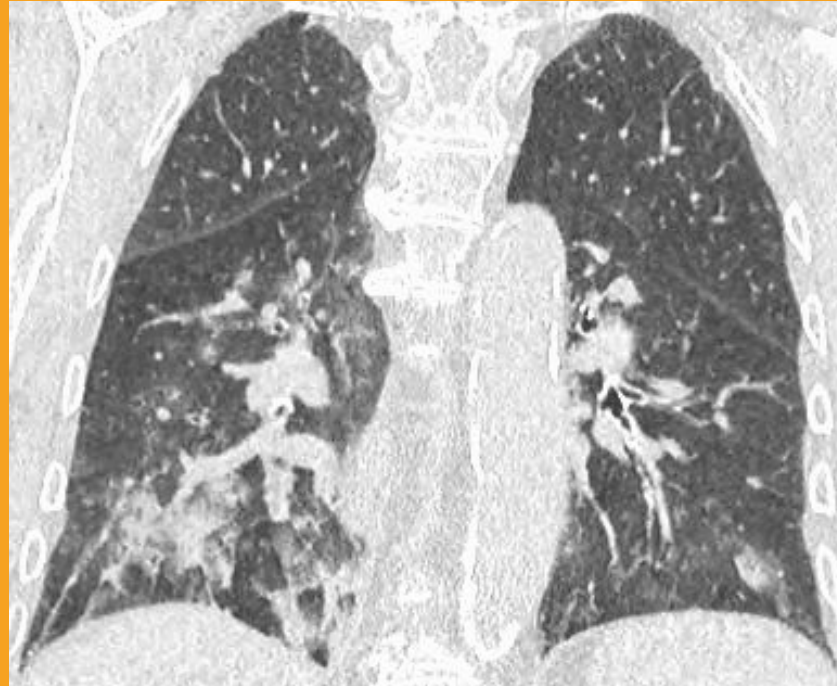


**Pneumocystose**



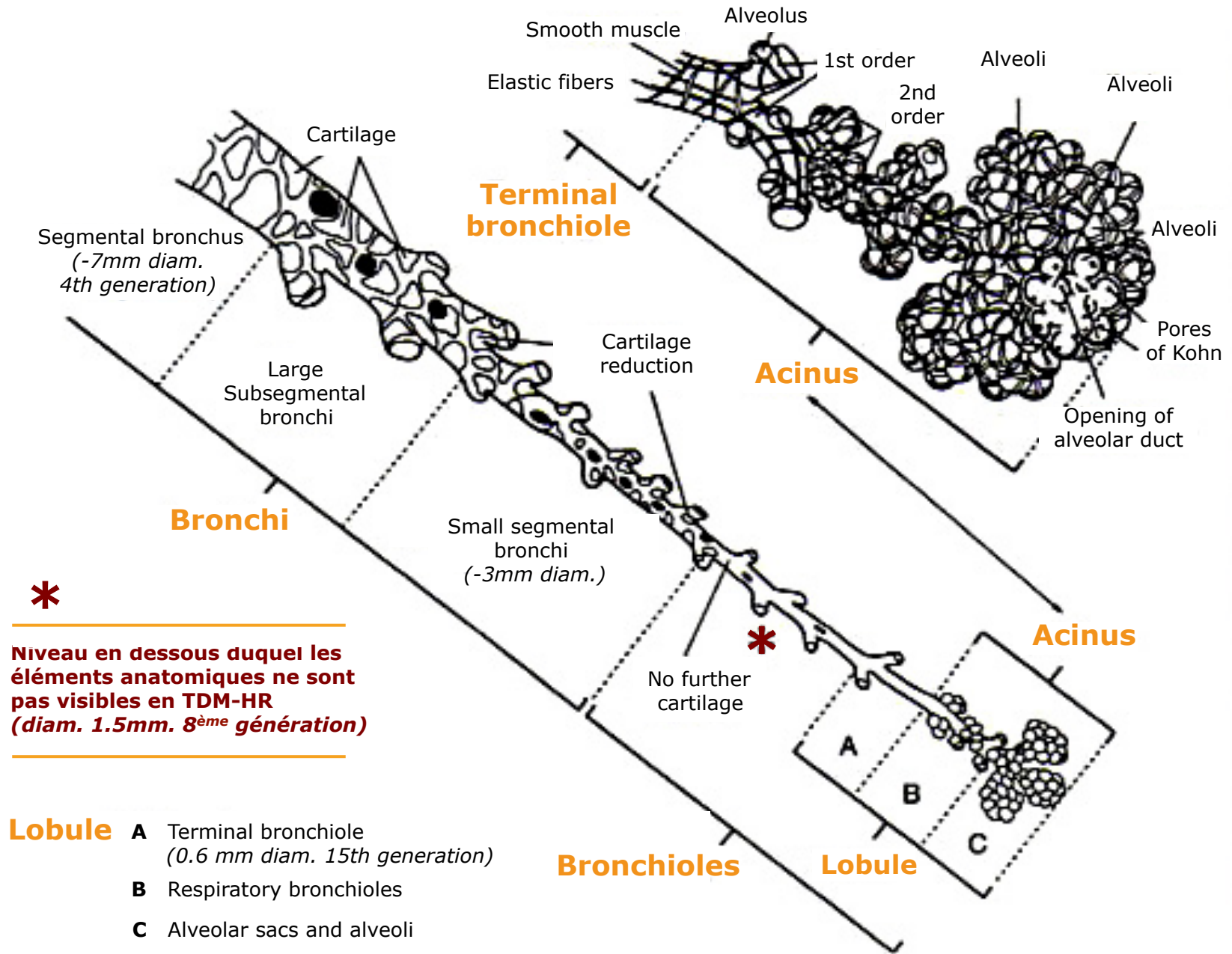
**Atténuation  
en mosaïque**

# Pneumopathie d'inhalation avec mosaïque



- **Atteinte vasculaire :**  
Cœur pulmonaire chronique post-embolique (CPC post-EP).
- **PID**
  - PID sans atteinte bronchiolaire
  - PID avec atteinte bronchiolaire  
(aspect en « headcheese » ou en « fromage de tête »)
    - PHS +++
    - Sarcoïdose
  - Pneumopathie interstitielle non spécifique (PINS).
  - Pneumopathie interstitielle commune (PIC).
- **Maladie des petites voies aériennes (PVA) +++.**

- Problématique anatomique.
- Problématique clinico-pathologique.
- Problématique en Imagerie : « Silence radiologique ».



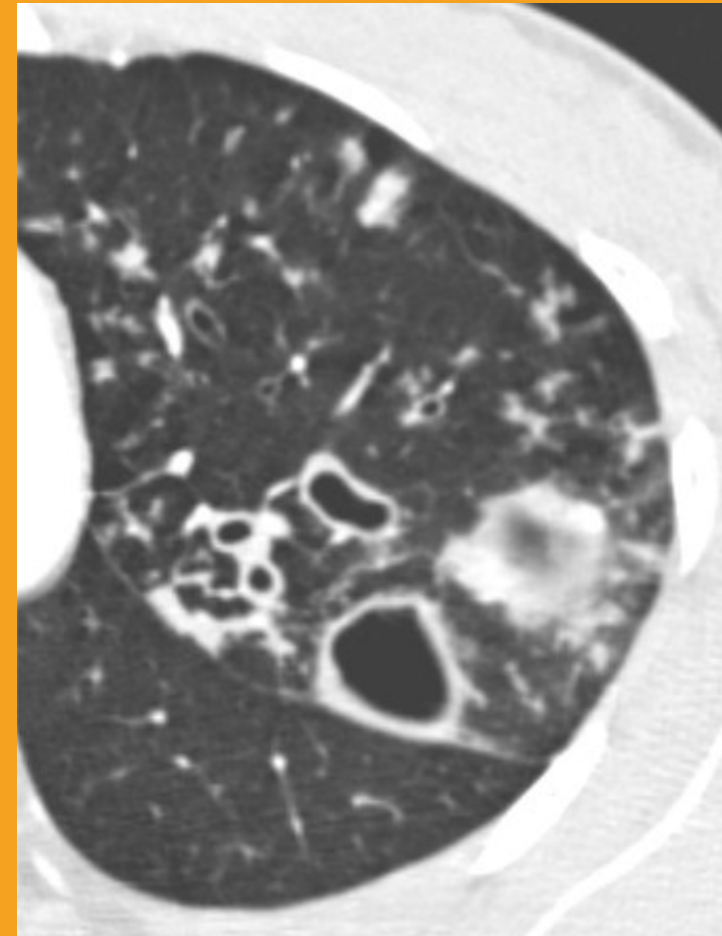
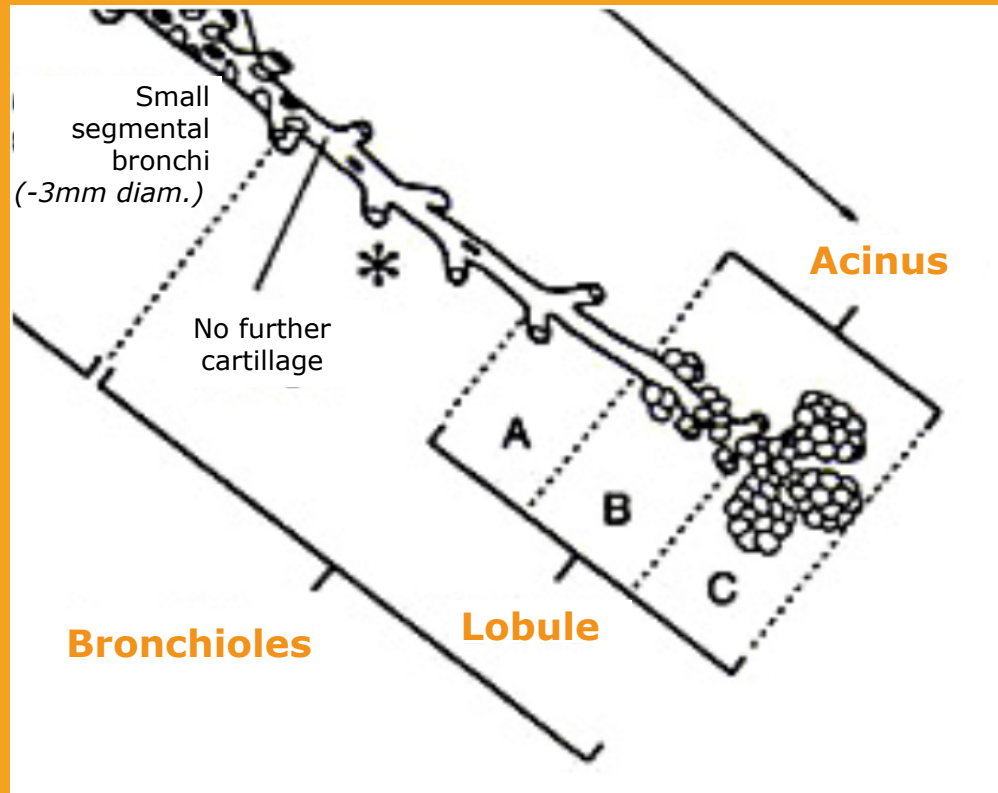
\*

Niveau en dessous duquel les éléments anatomiques ne sont pas visibles en TDM-HR (diam. 1.5mm, 8<sup>ème</sup> génération)

- Lobule**
- A** Terminal bronchiole (0.6 mm diam., 15th generation)
  - B** Respiratory bronchioles
  - C** Alveolar sacs and alveoli

**Atténuation  
en mosaïque**

**Bronchiole = non cartilagineuse  
et de diamètre < 1 mm**



- **Inflammatoire**

- Infection (virus, mycoplasme, mycobactéries).
- PHS
- Bronchiolite Respiratoire.
- Folliculaire et lymphocytaire  
(Syndrome de Gougerot Sjogren,  
Polyarthrite rhumatoïde, Immunodépression).
- Panbronchiolite.
- Bronchectasies = Dilatation des bronches (DDB).

- **Fibreuse = Constrictive = Bronchiolite Oblitérante (BO).**
- **Pneumopathie Oblitérante Cryptogénique (COP ex BOOP).**

[7] Pipavath SJ. *AJR Am J Roentgenol.* 2005.



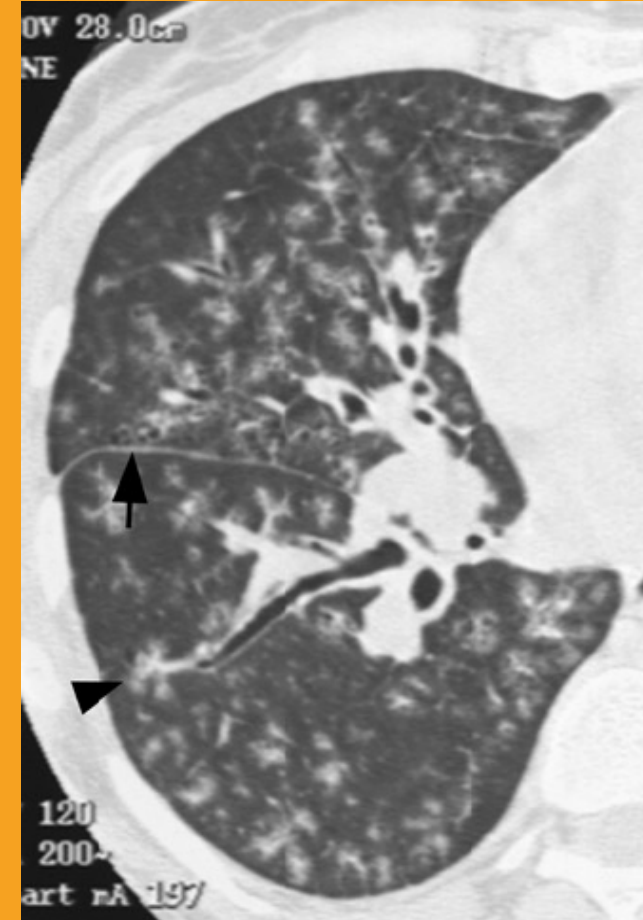
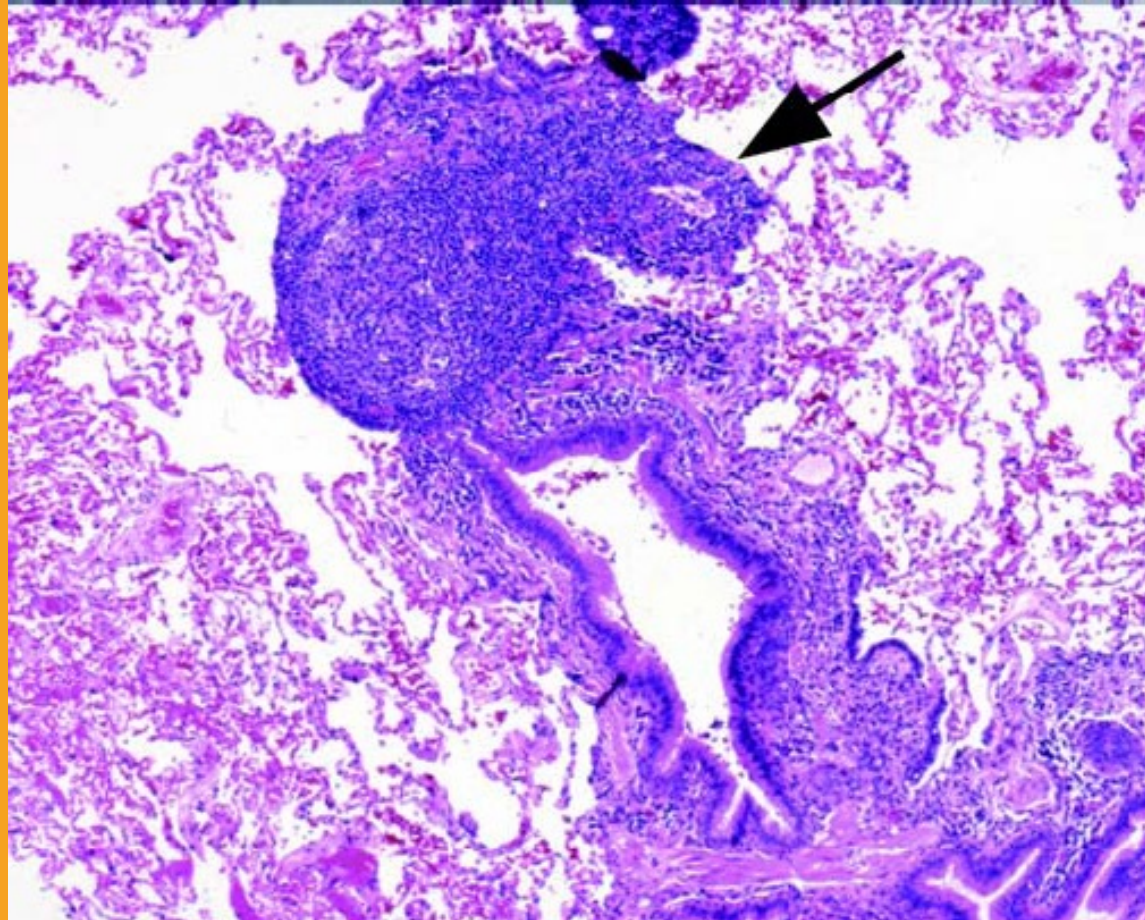
- Bronchiolite cellulaire (et folliculaire).
- Bronchiolite Respiratoire (BR).
- Bronchiolite Respiratoire avec Pneumopathie Interstitielle Diffuse (RB-ILD).
- Pneumonie Interstitielle Desquamative (DIP).
- TVO et Aspect en mosaïque.
- Maladie des PVA et PID : « Headcheese »
  - PHS +++
  - Sarcoïdose.

- Aspect d'« arbre en bourgeon »  
ou en « mimosa » ou de « Tree in Bud ».
- Répartition centrolobulaire.
- MIP : Profusion des lésions, Répartition centrolobulaire.
- Inspiration / Expiration : Trappage inconstant (pores de Kohn).

**Atténuation  
en mosaïque**

# Bronchiolite Folliculaire et Lymphocytaire

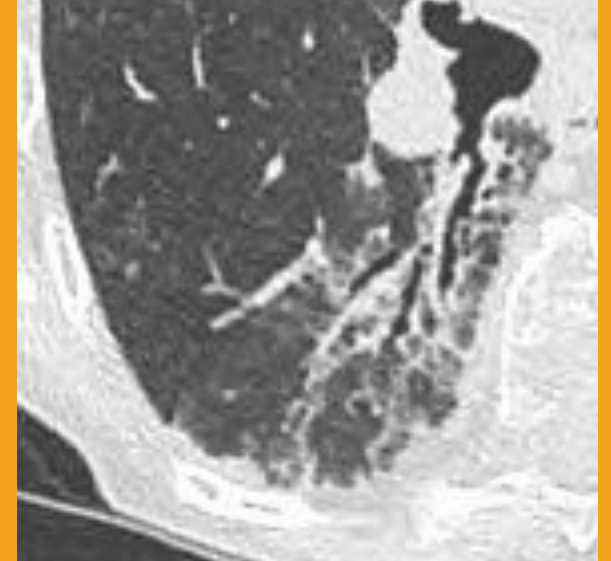
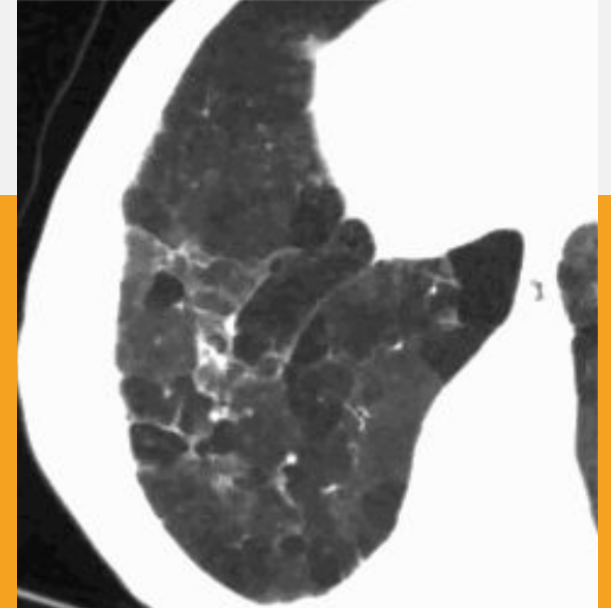
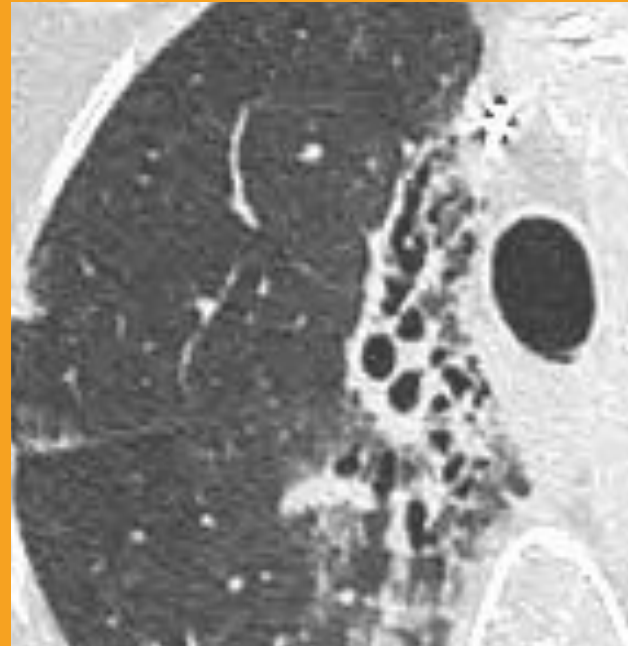
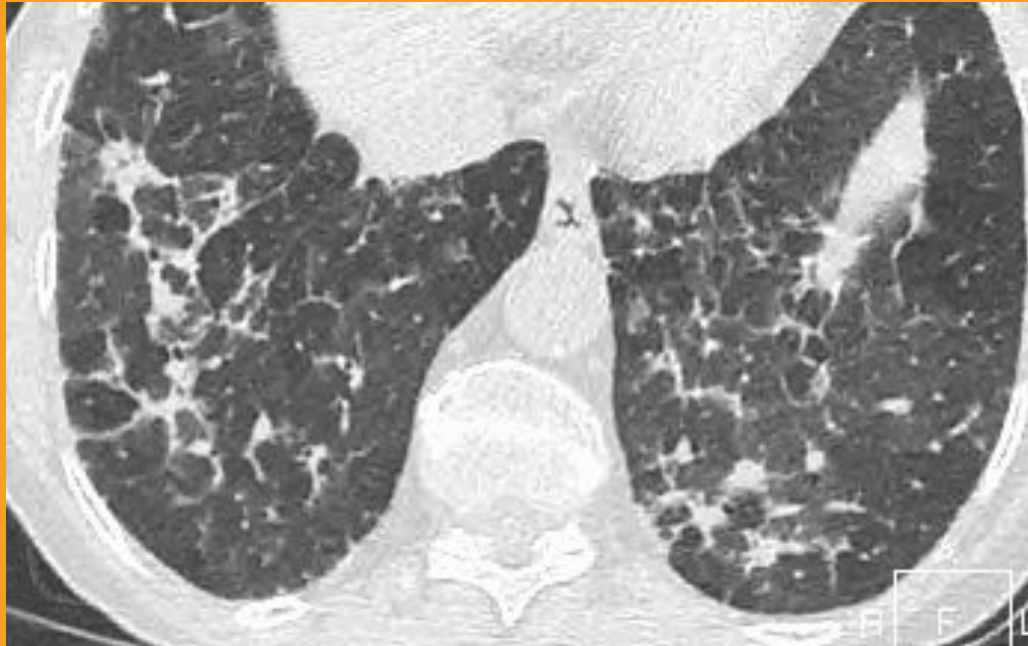
**Sd G.Sjogren, Polyarthrite rhumatoïde,  
Immunodépression**



- **TVO réversible :**  
Asthme, Bronchopneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)  
**Bronches proximales +++**
- **TVO irréversible :**  
Bronchiolite Oblitérante Constrictive.

**Atténuation  
en mosaïque**

**Mosaïque perfusionnelle et DDB proximales  
= Atteinte des PVA**



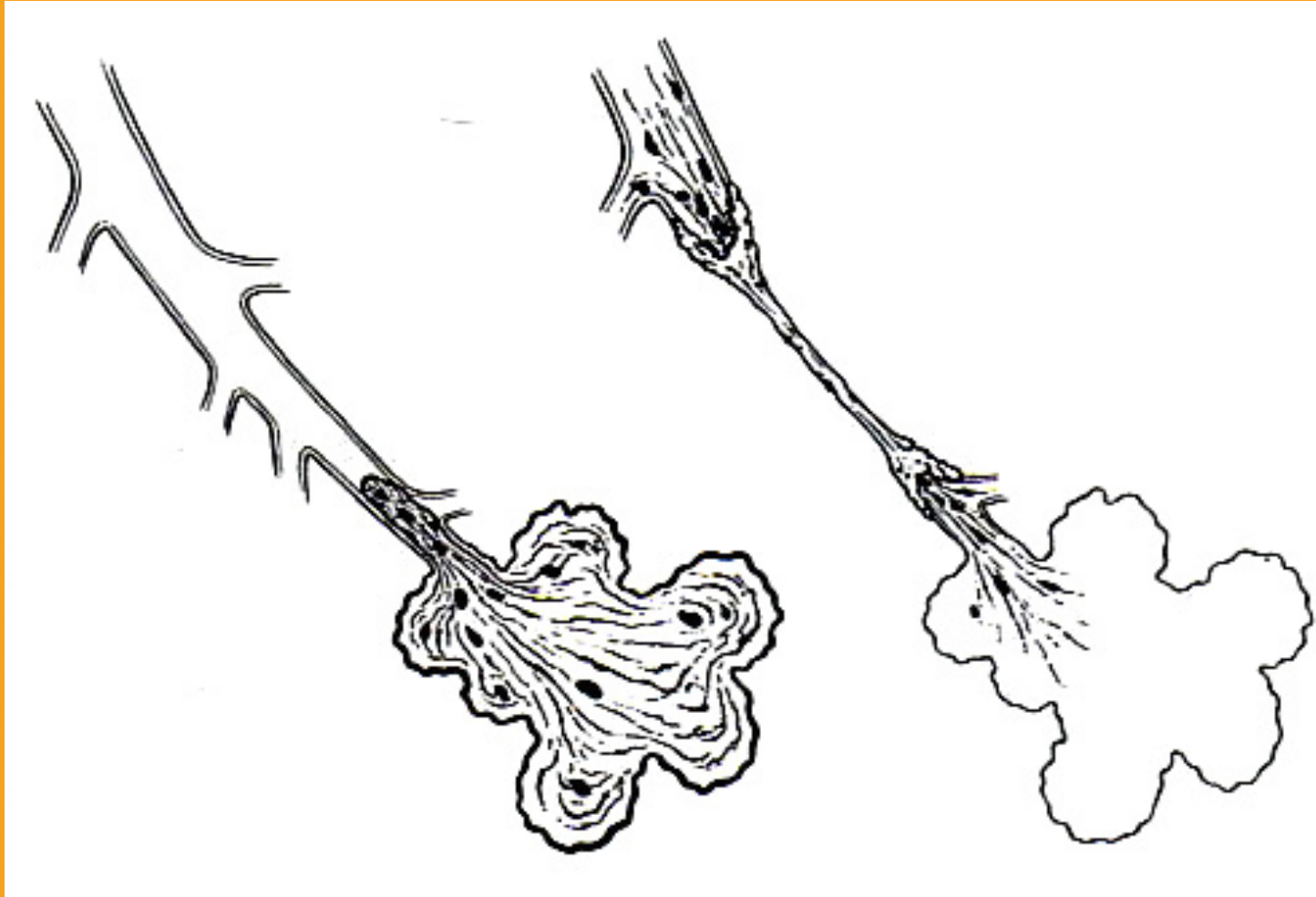
**Atténuation  
en mosaïque**

# Bronchiolite oblitérante Proliférative

(Pneumonie Organisée Cryptogénique (COP) = ex BOOP)  
vs Constrictive

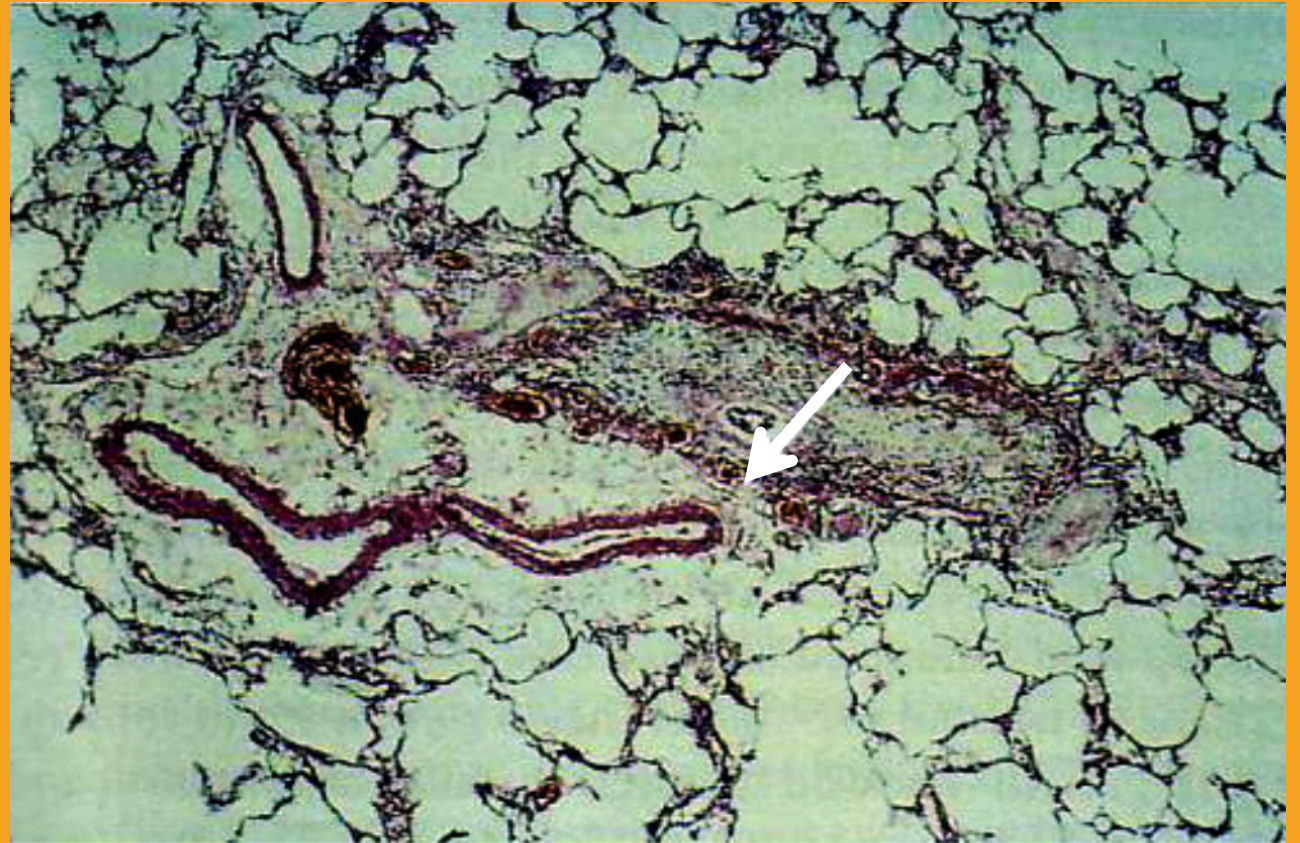


**COP**



**Constrictive**

- Fibrose sous muqueuse et Péribronchiolaire.
- Avec rétrécissement
  - oblitération de la lumière bronchiolaire.
- TVO irréversible.



- COP
- Collagénoses : Polyarthrite rhumatoïde.
- Causes post-infectieuses
  - Virus
  - Mycoplasme
- Inhalation
  - Fumées toxiques (chlorine, dioxyde d'azote).
  - “Flavor worker’s” lung : Poumon du travailleur aromatique.



- Transplantation
  - Poumon
  - Moelle osseuse
- Idiopathique
- Drogues
  - Penicillamine



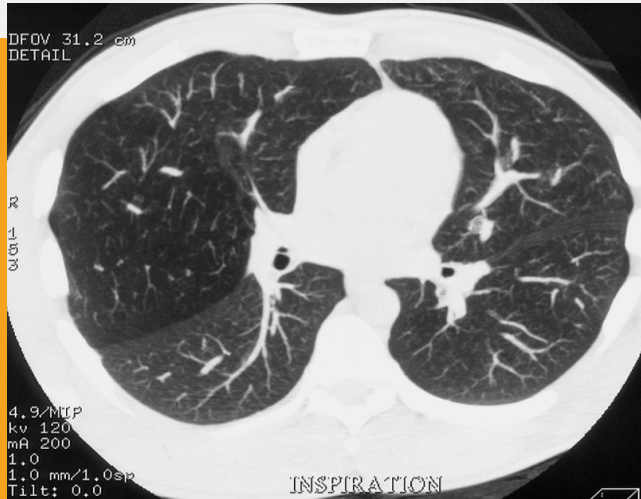
- Sensibilité de détection faible surtout si associée à une PID.
- Formes évoluées essentiellement.
- Distension pulmonaire.
- Diminution de la vascularisation pulmonaire.

**Atténuation  
en mosaïque**

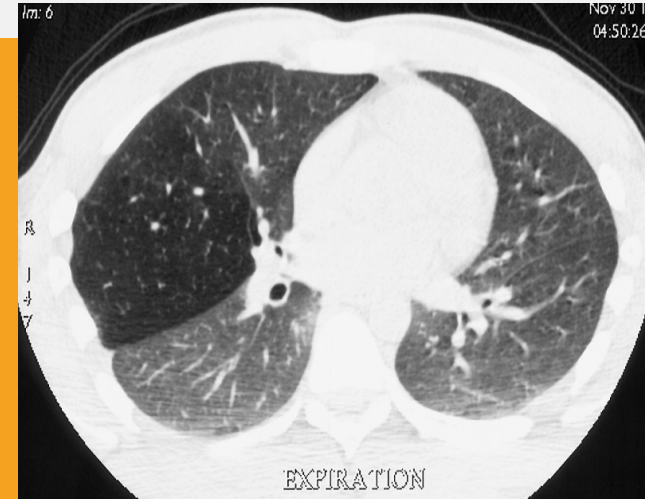
# Bronchiolite Constrictive localisée (Mac Léod)

avec hyperclarté du lobe supérieur droit se majorant.  
Coupes en expiration (trappage lobulaire) :

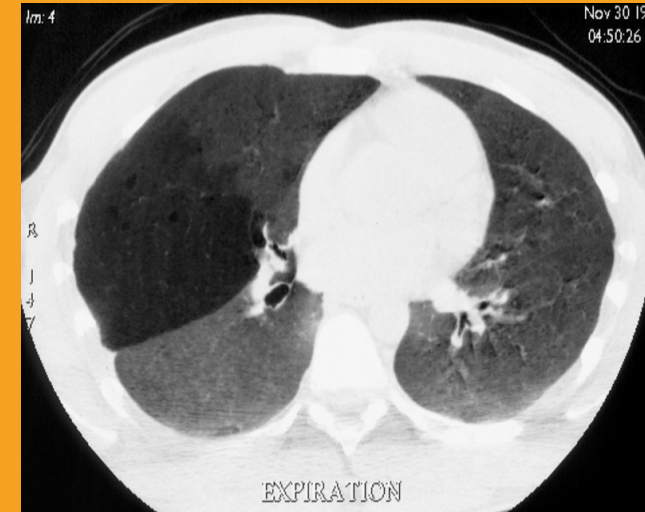
**Reconstructions mode MIP et minIP**



**MIP**

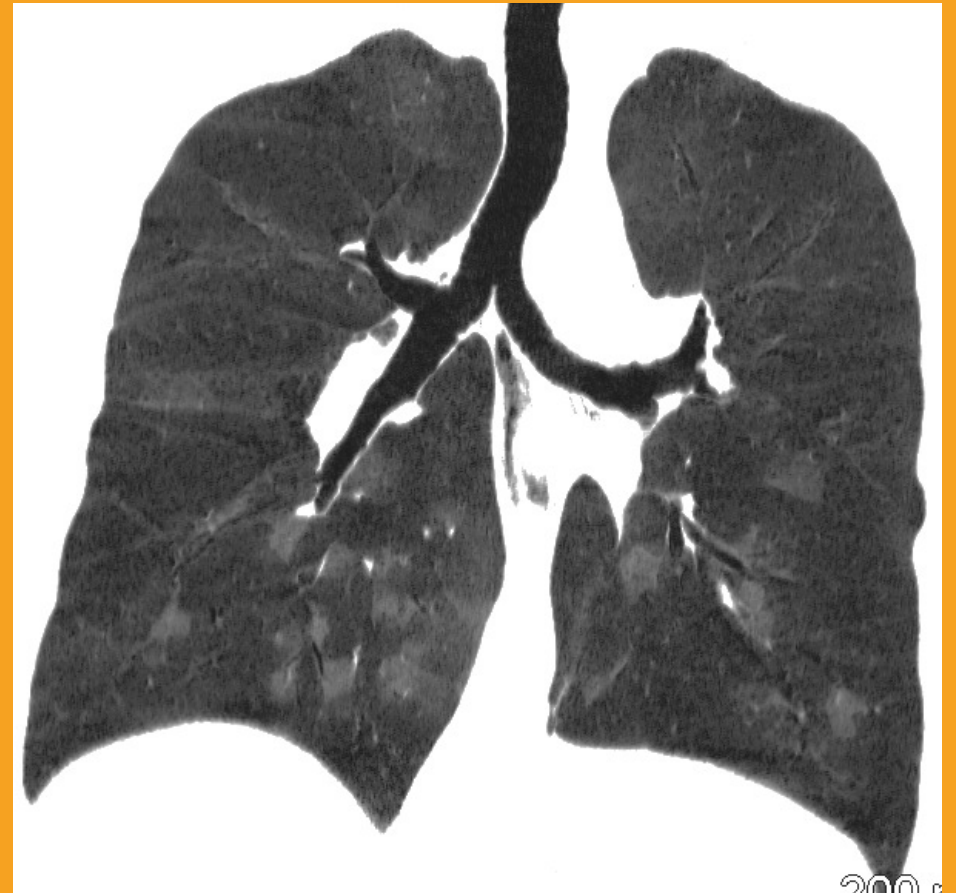
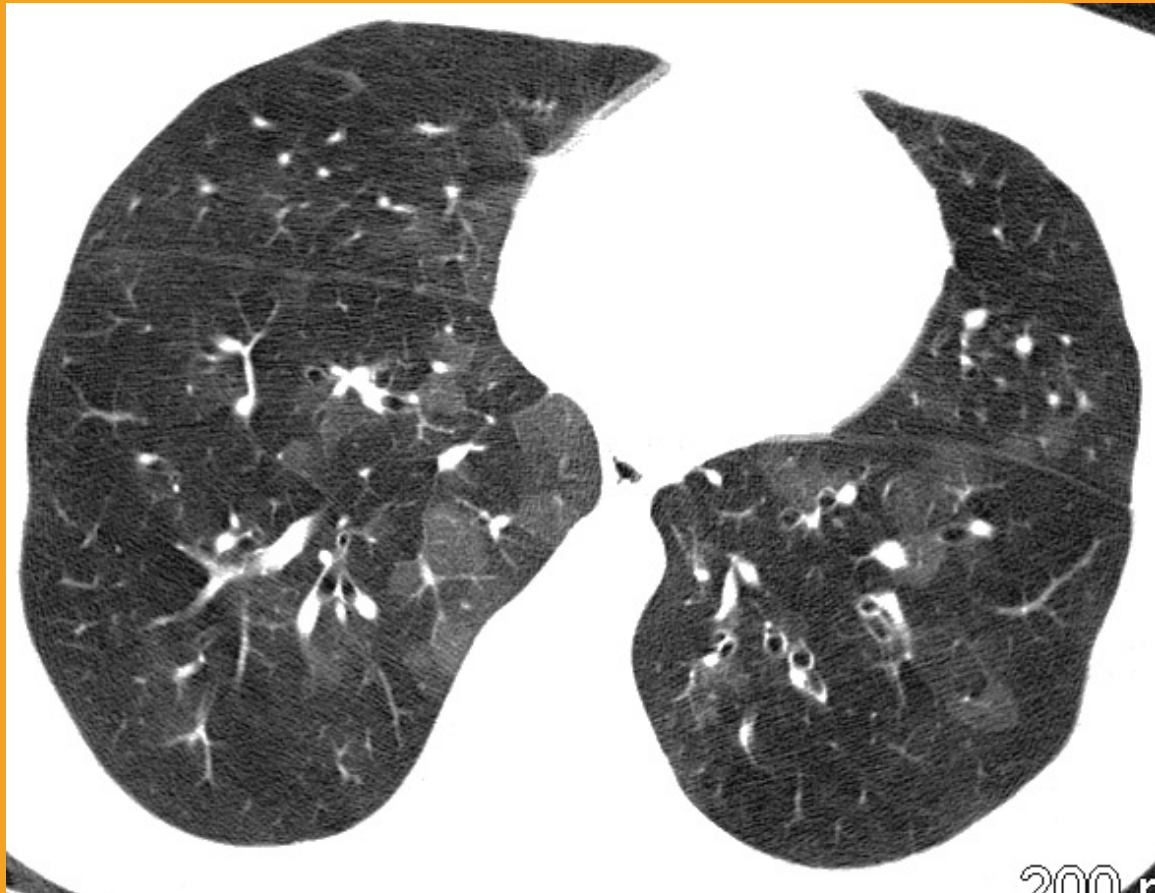


**minIP**



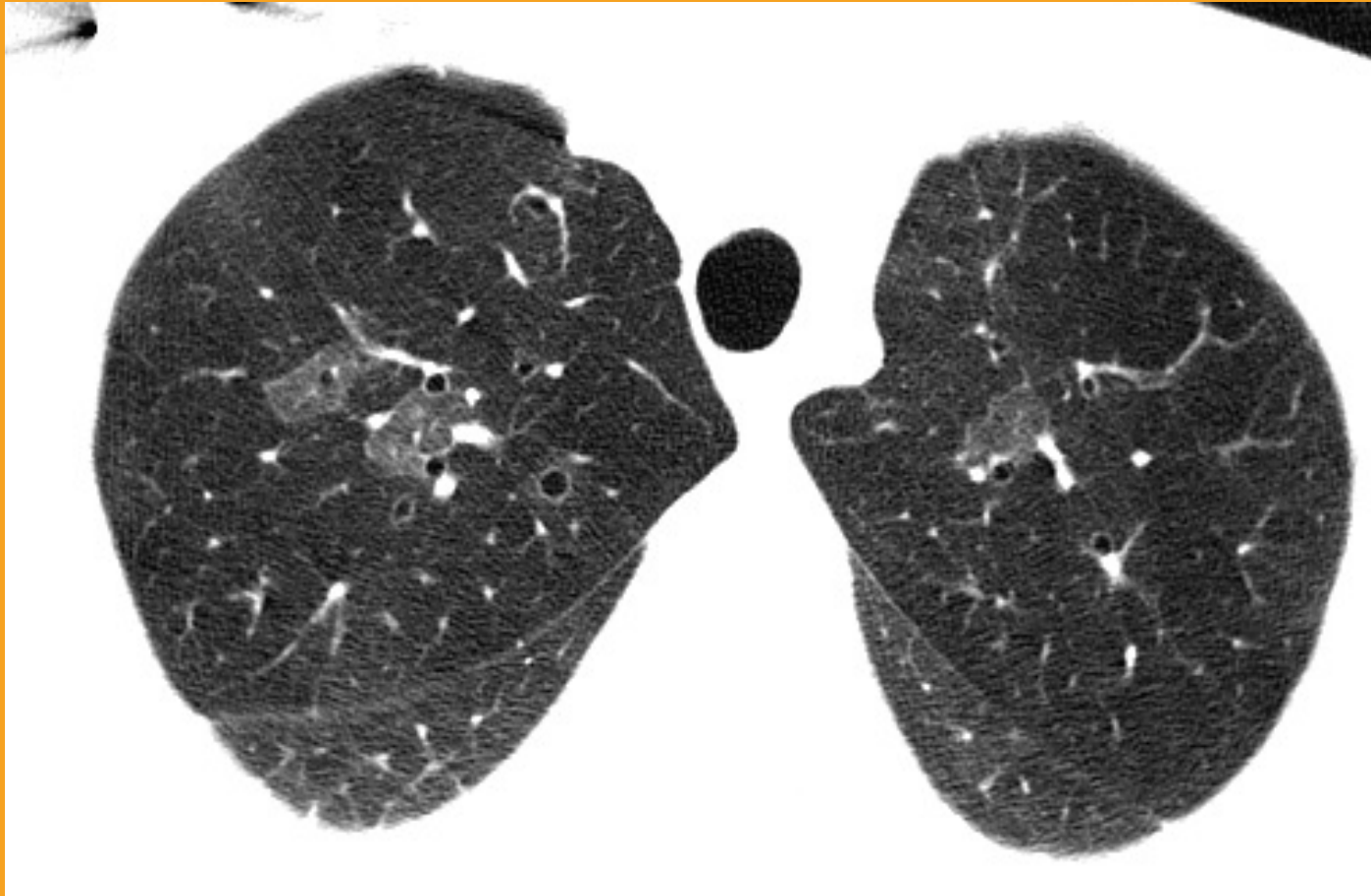
Atténuation  
en mosaïque

# BO sur transplantation pulmonaire



**Atténuation  
en mosaïque**

**BO sur transplantation pulmonaire**  
**Mosaïque, Asymétrie vasculaire,**  
**Bronchioectasies dans les zones hypodenses,**  
**Expiration impossible.**



- **Il existe une corrélation entre :**
  - Le trappage Expiratoire et l'EFR  
VEMS, DEMM 25-75 +++.
  - L'extension du trappage ( $> 1/3$  Parenchyme)  
et le risque ++ de B.O.
- **Problème :**  
**Reproductibilité de la TDM en expiration et de l'EFR (6 sec).**

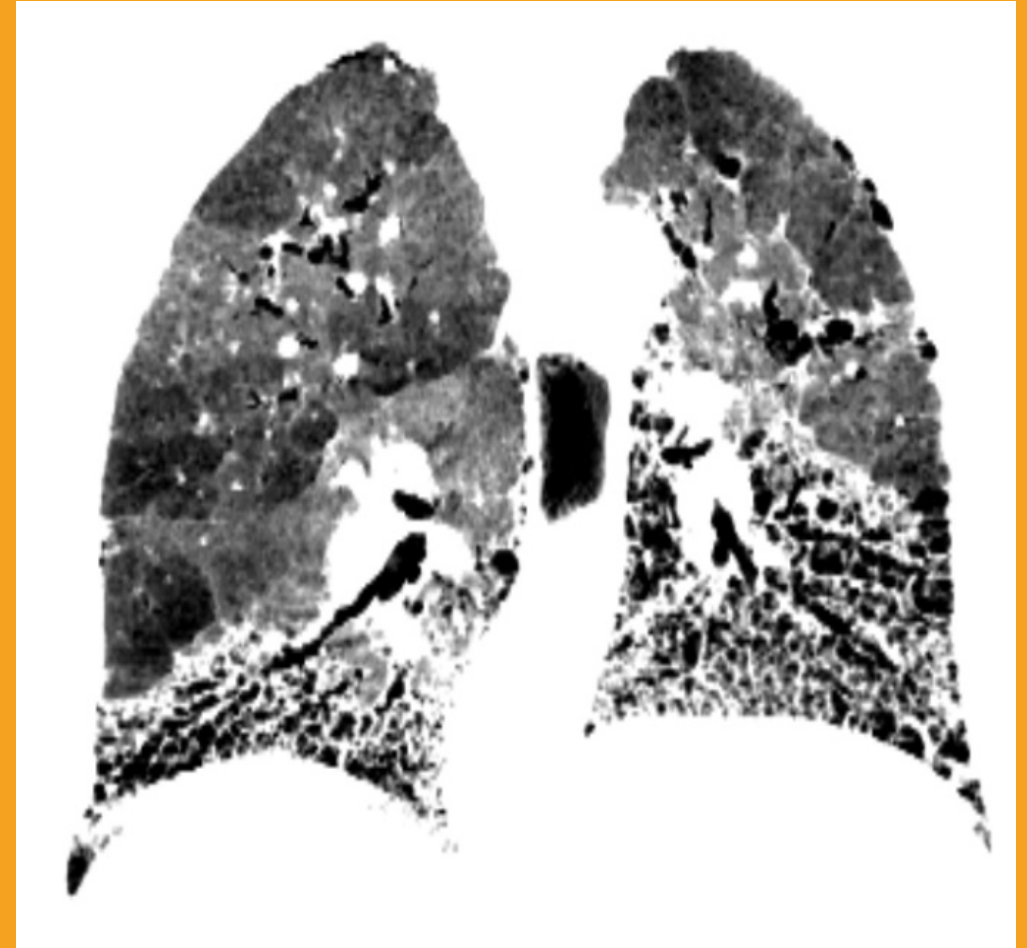
[9] Bankier AA. *Radiology*. 2001.

[10] Bankier AA. *Radiology*. 2003.

- **Atteinte vasculaire :**  
Cœur Pulmonaire Chronique post-embolique (CPC post-EP).
- **PID**
  - PID sans atteinte bronchiolaire
  - PID avec atteinte bronchiolaire  
(aspect en « headcheese » ou en « fromage de tête »)
    - PHS +++
    - Sarcoïdose
  - Pneumopathie interstitielle non spécifique (PINS).
  - Pneumopathie interstitielle commune.
- **Maladie des petites voies aériennes (PVA) +++.**

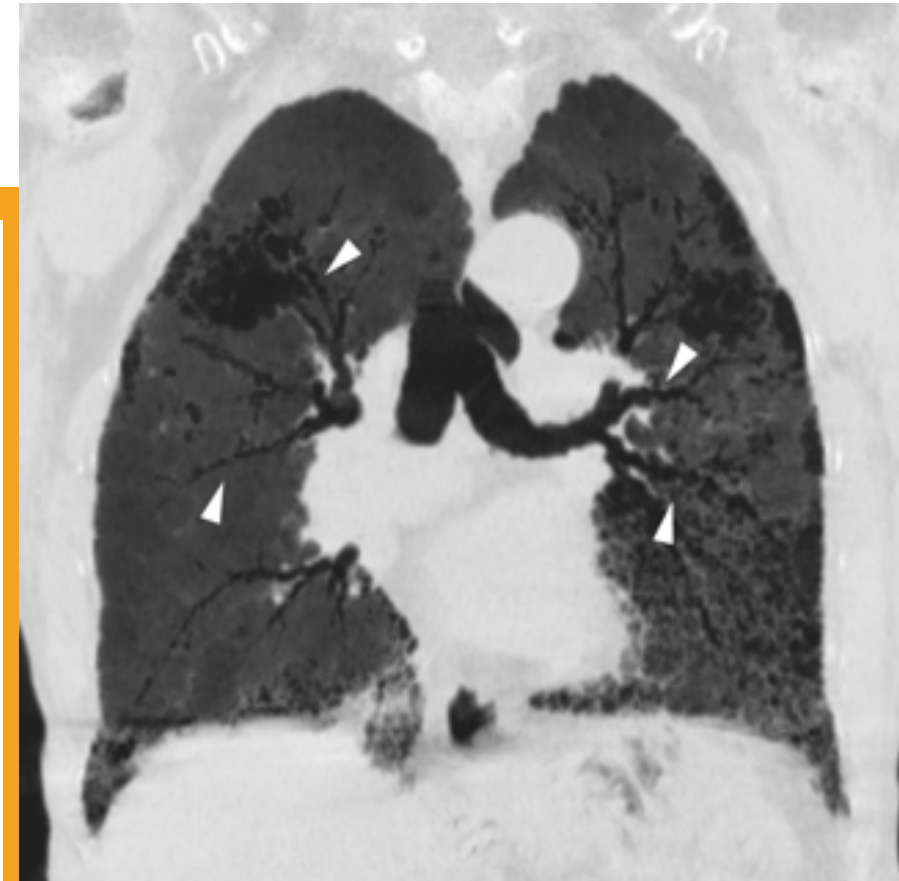
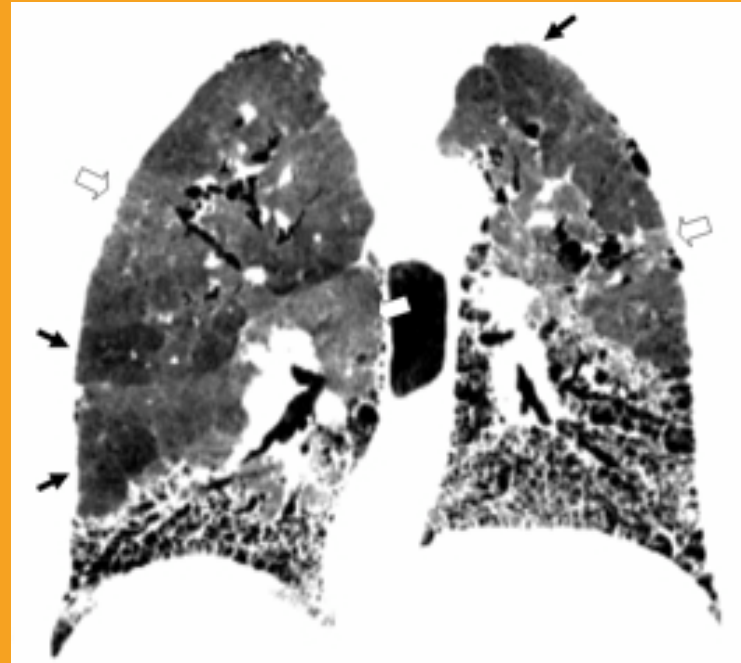
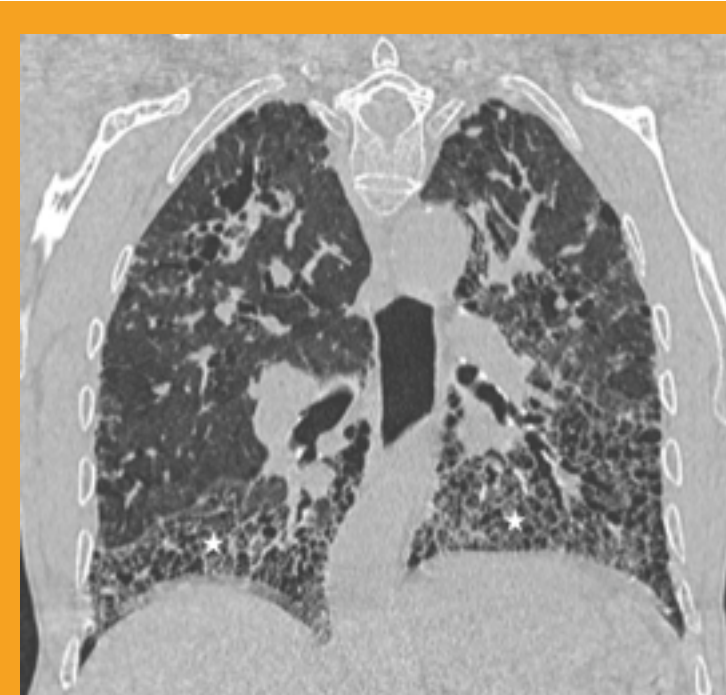
- Juxtaposition de lobules de 3 densités différentes :
  - élevée, normale et basse.
- = PID avec atteinte bronchiolaire.
- Etiologies :
  - PHS +++
  - Sarcoïdose
  - Pneumopathie interstitielle desquamative (DIP)
  - Bronchiolite Respiratoire (BR)
  - Mycoplasme.

[11] Chong BJ. *J Thorac imaging*. 2014.



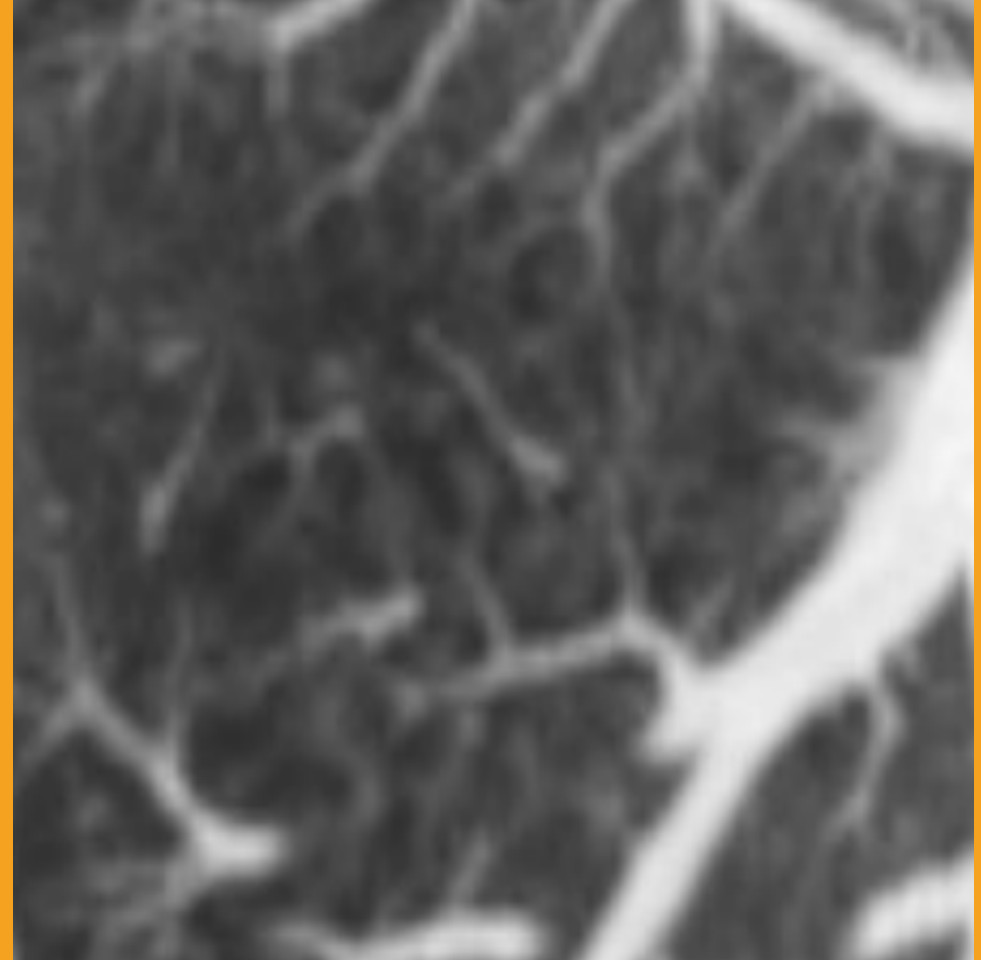
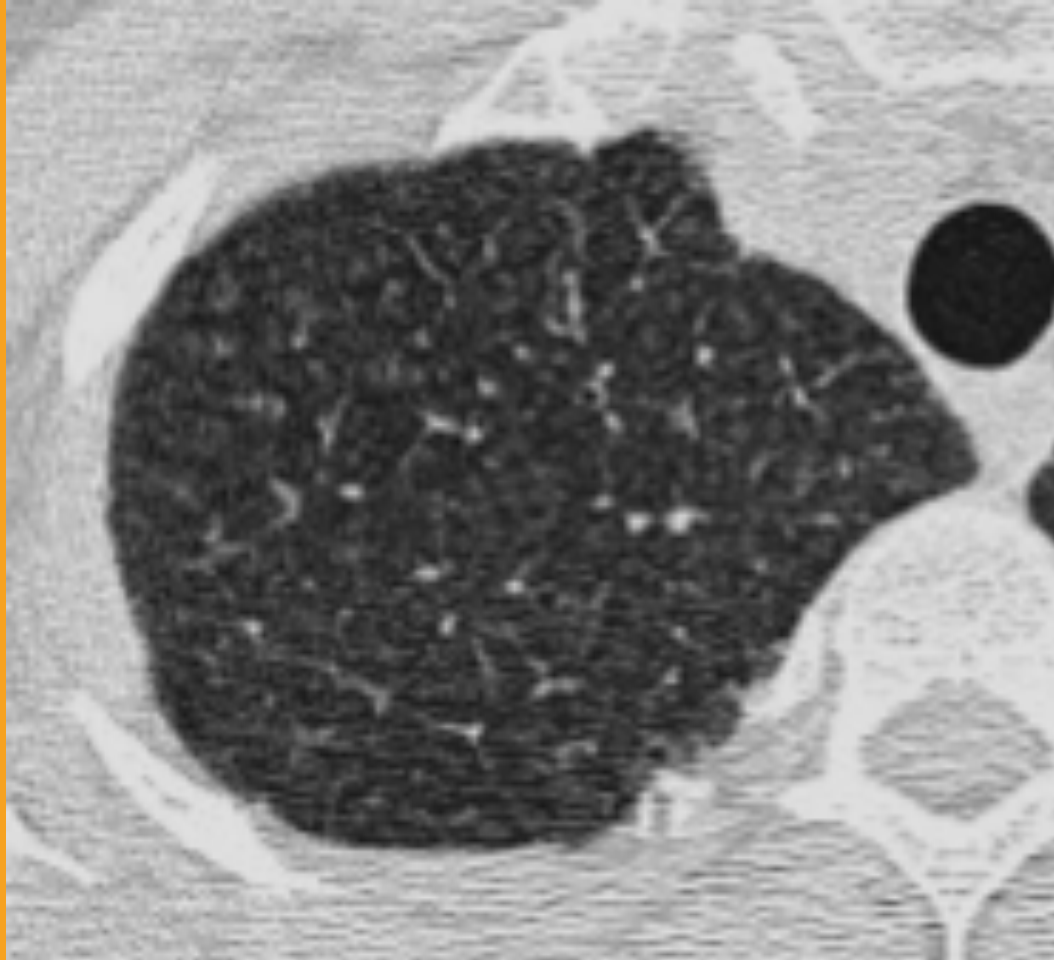


- Trappage (flèches noires)
- Verre dépoli (flèches larges blanches)
- Bronchectasies moniliformes (têtes de flèches) et rayon de miel mieux visible en minIP.

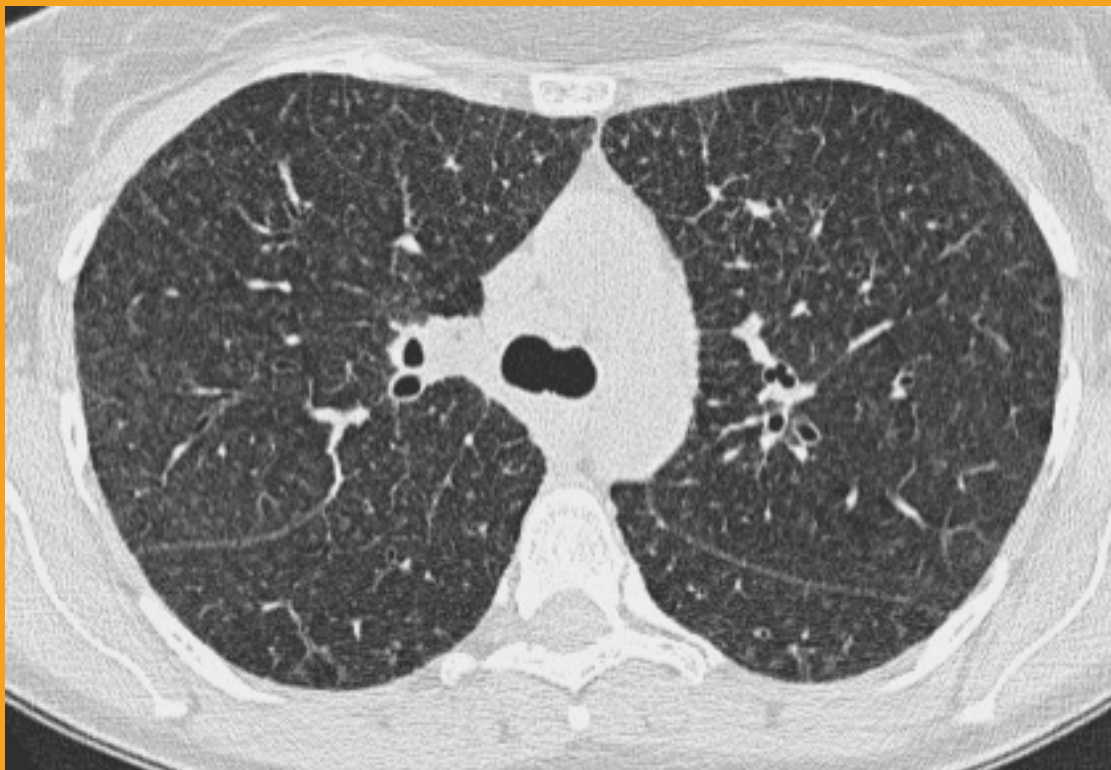


**Atténuation  
en mosaïque**

**Micro-nodules centro-lobulaires flous  
± verre dépoli : PHS ++  
Un réflexe +++ = Expiration**



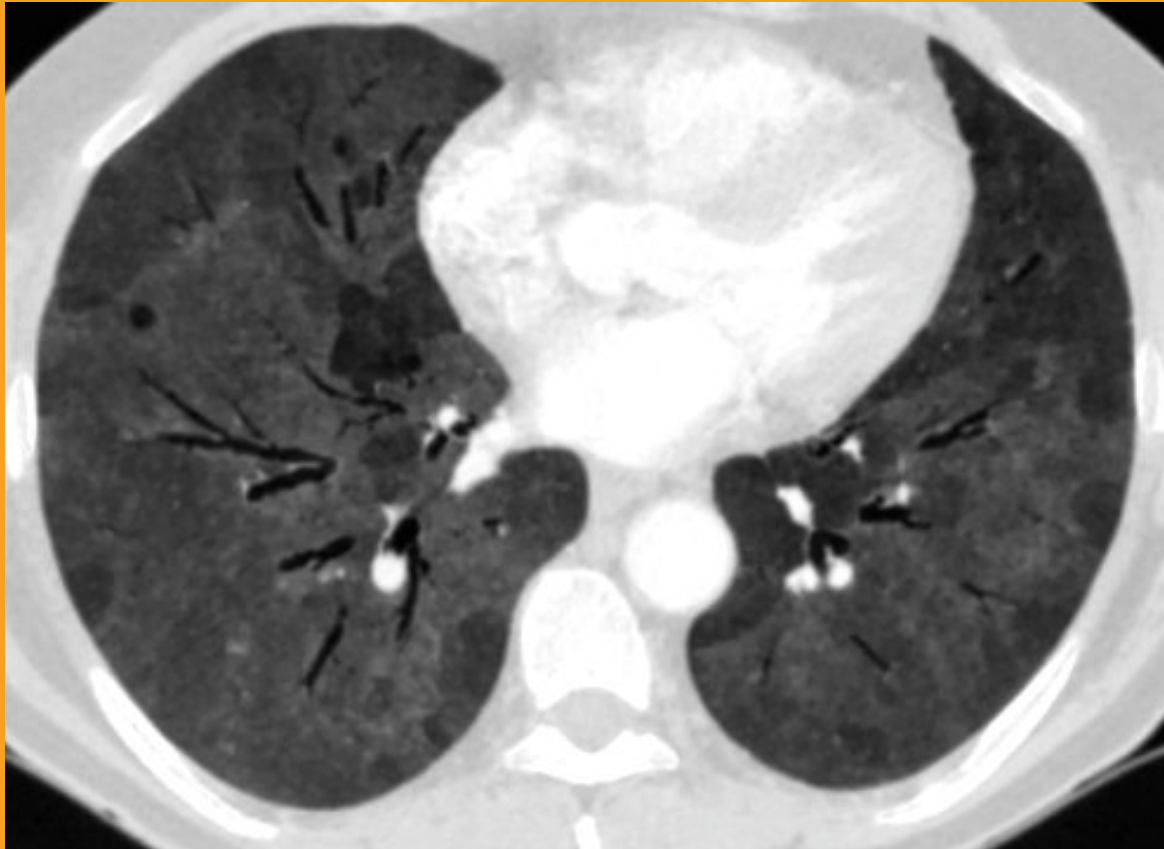
# Atténuation en mosaïque



Inspiration



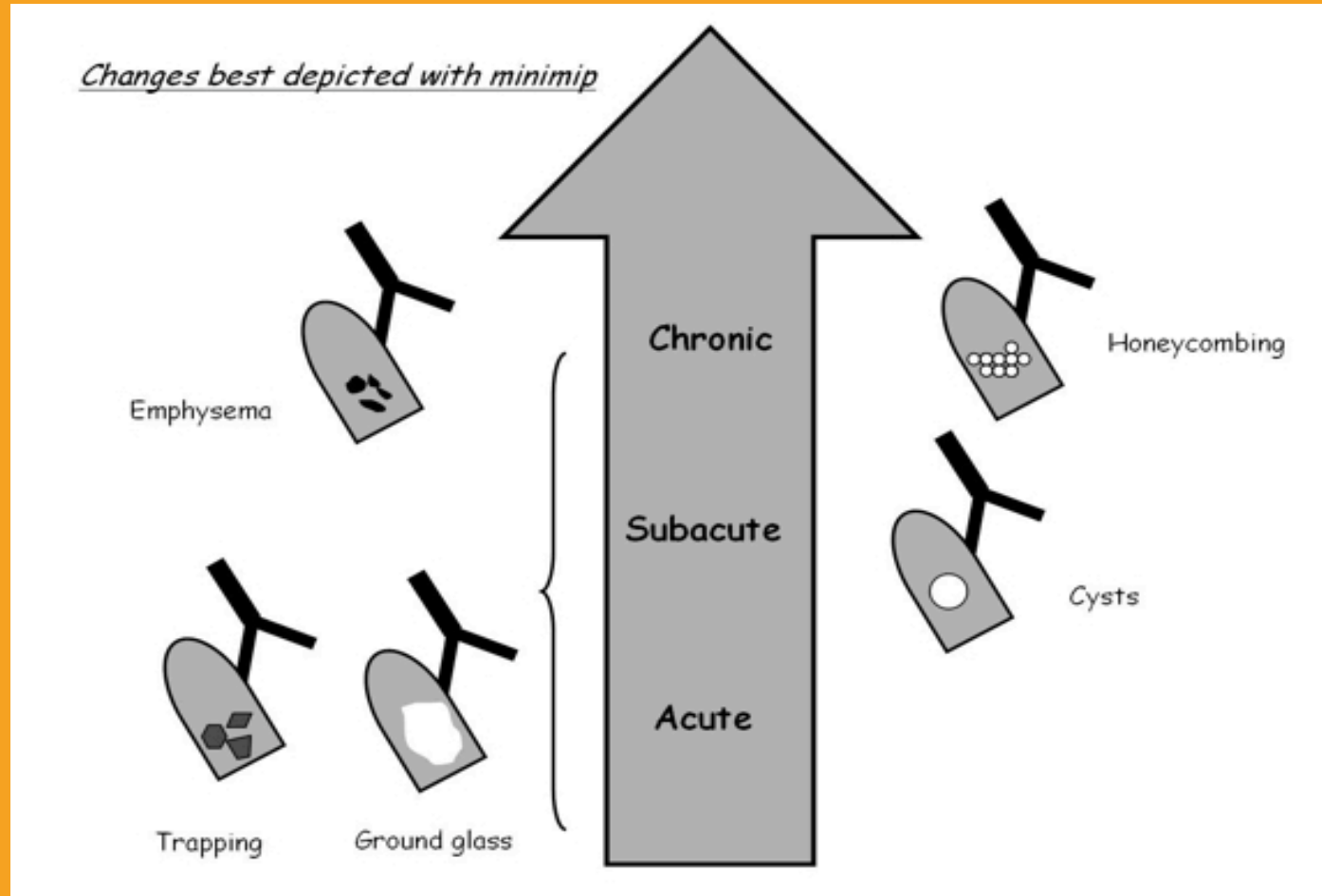
Expiration



MinIP (trappage)

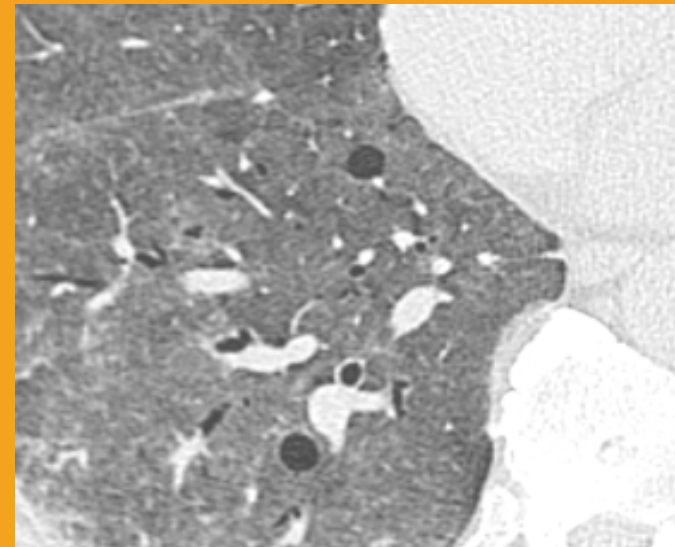
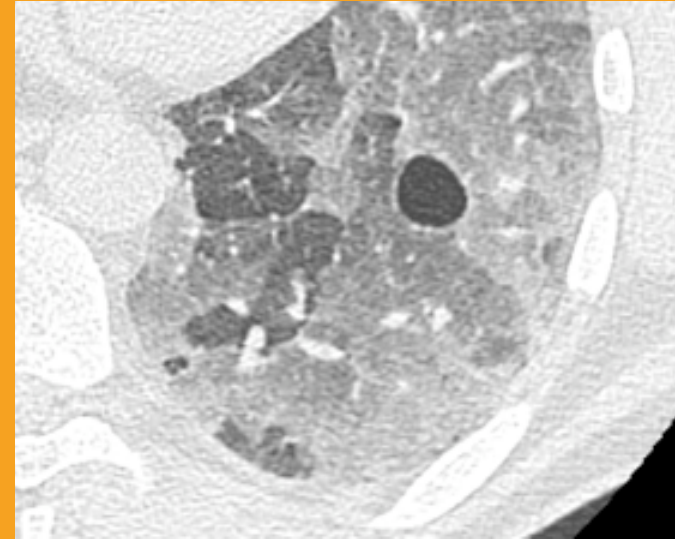
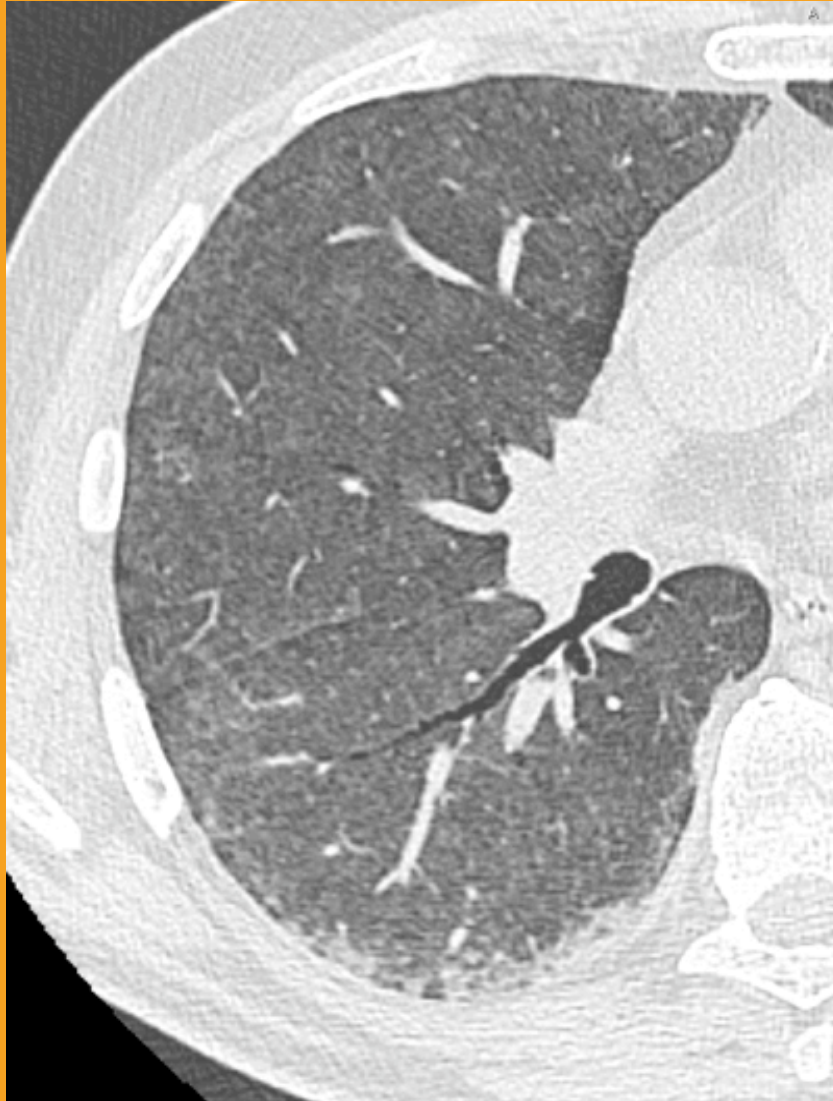


MIP (asymétrie vasculaire)



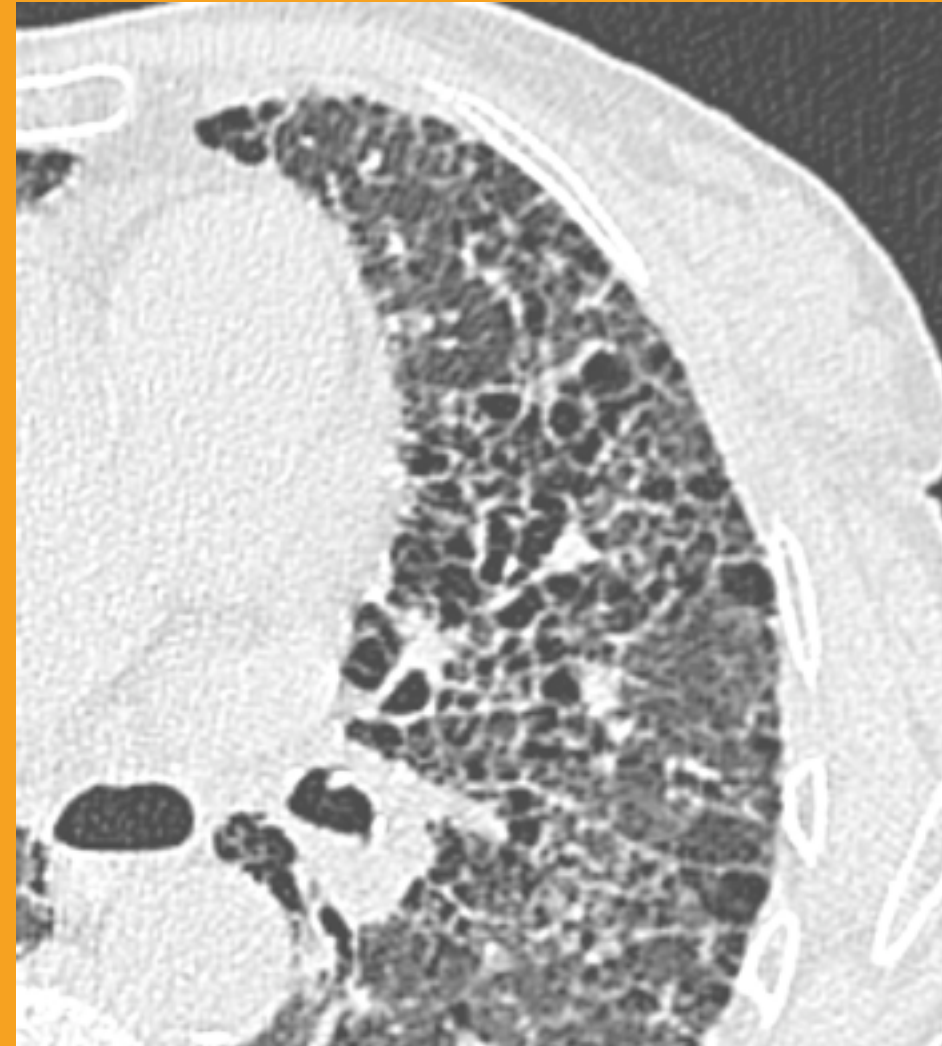
**Atténuation  
en mosaïque**

## Différents stades évolutifs de la PHS



**Atténuation  
en mosaïque**

## Différents stades évolutifs de la PHS

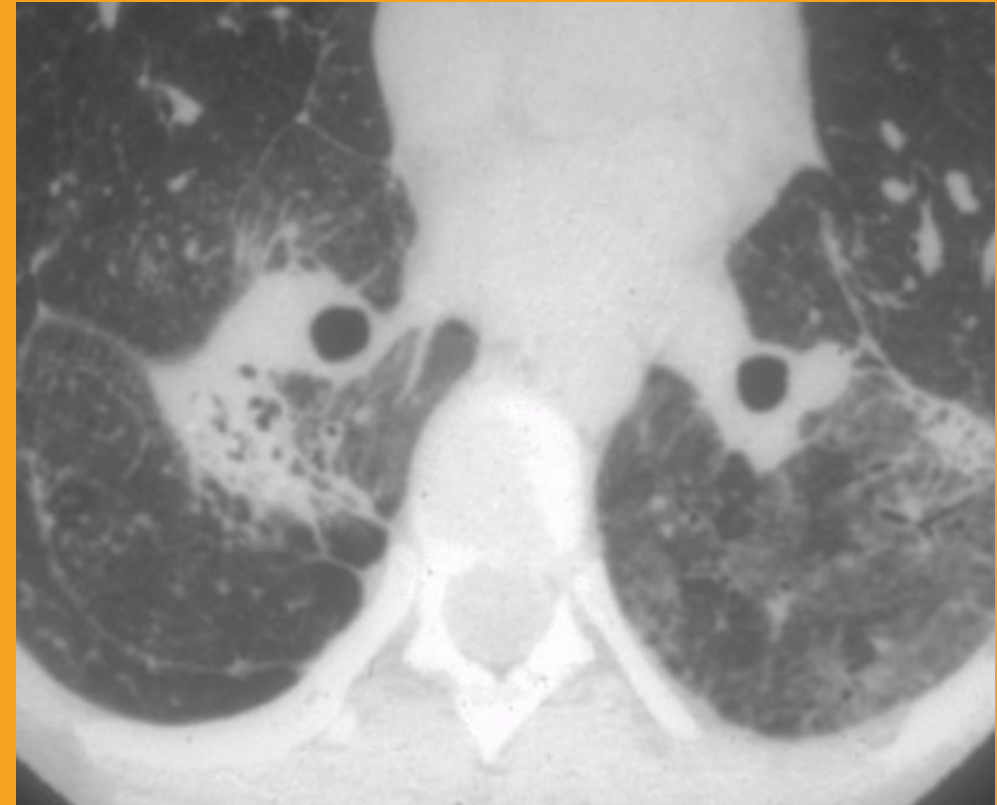


**EFR** : syndrome restrictif lié à l'atteinte infiltrative +/- syndrome obstructif, corrélé à la distorsion bronchique et l'atteinte des petites voies aériennes.

- Sténoses bronchiques liées à :
  - Accumulation endobronchique de granulomes pariétaux.
  - Adénomégalies péri-hilaires avec compression extrinsèque.
  - Distorsion des bronches segmentaires par masses de fibrose évoluées.
- Remodelage pariétal bronchique, DDB en raison des masses de fibrose péri-hilaires
- **L'aspect en mosaïque** visualisé en inspiration est lié à l'atteinte péri-broncho-vasculaire par les granulomes actifs ou la fibrose et doit toujours être vérifiée en **expiration**.
- **Hyperactivité des petites voies aériennes.**

[13] Criado E. *Radiographics*. 2010.

[14] Lewis MI. *Chest*. 1987.





- Stade I
- Fréquence ?
- Valeur pronostique ?

[15] Gleeson FV. *AJR Am J Roentgenol.* 1996.

- De multiples études ont montré que le trappage expiratoire est une atteinte fréquente (95- à 98%)<sup>[16]</sup> mais non spécifique dans la sarcoïdose sans différence significative entre fumeurs et non-fumeurs.
- Pas de relation entre le stade évolutif de la maladie (I-IV) et la survenue d'un trappage expiratoire<sup>[17]</sup>.
- Le trappage peut être lié à une atteinte au niveau du lobule pulmonaire secondaire, une atteinte sous-segmentaire, segmentaire ou lobaire<sup>[18]</sup>.

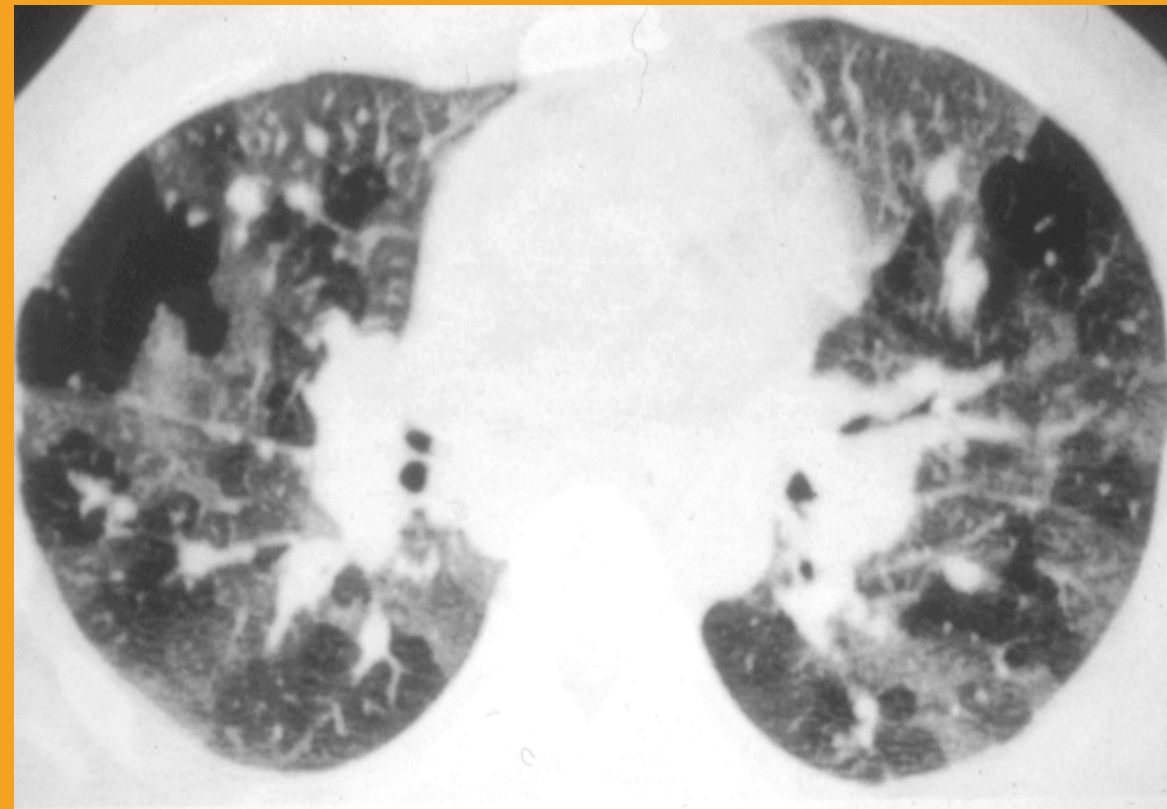
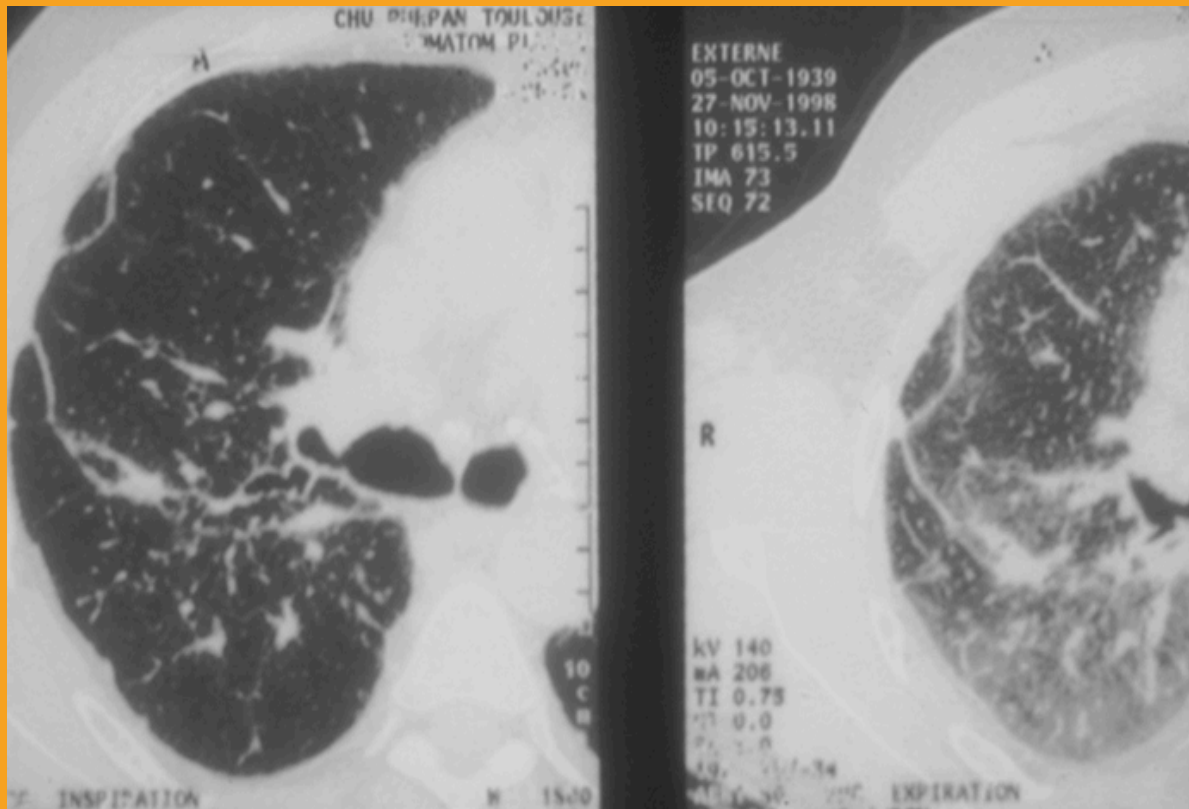
[16] Terasaki H. *AJR Am J Roentgenol.* 2005.

[17] Bartz RR. *J Thorac Imaging.* 2000.

[18] Hansell DM. *Radiology.* 1998.

**Atténuation  
en mosaïque**

**Sarcoïdose :  
Mosaïque - Trappage**

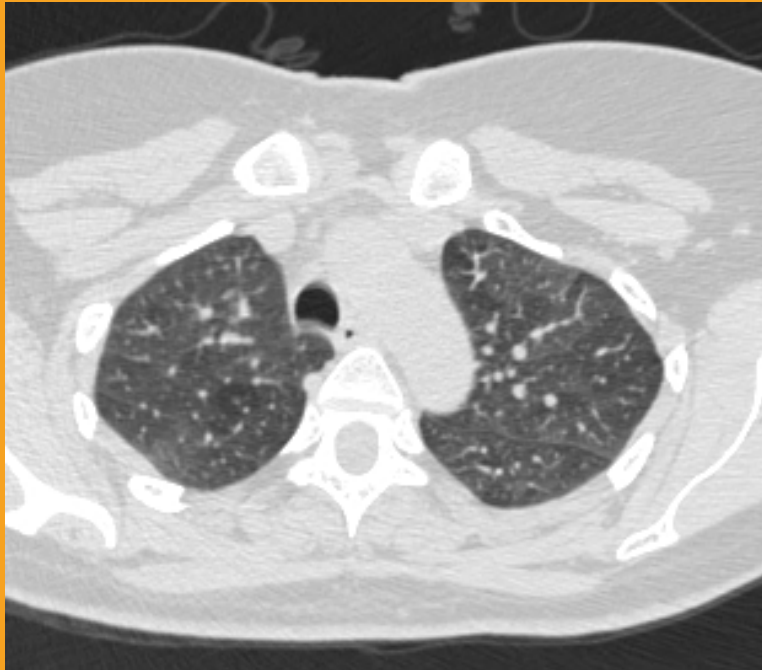


**Atténuation  
en mosaïque**

**Suivi de sarcoïdose stable  
Hyper-réactivité bronchique**



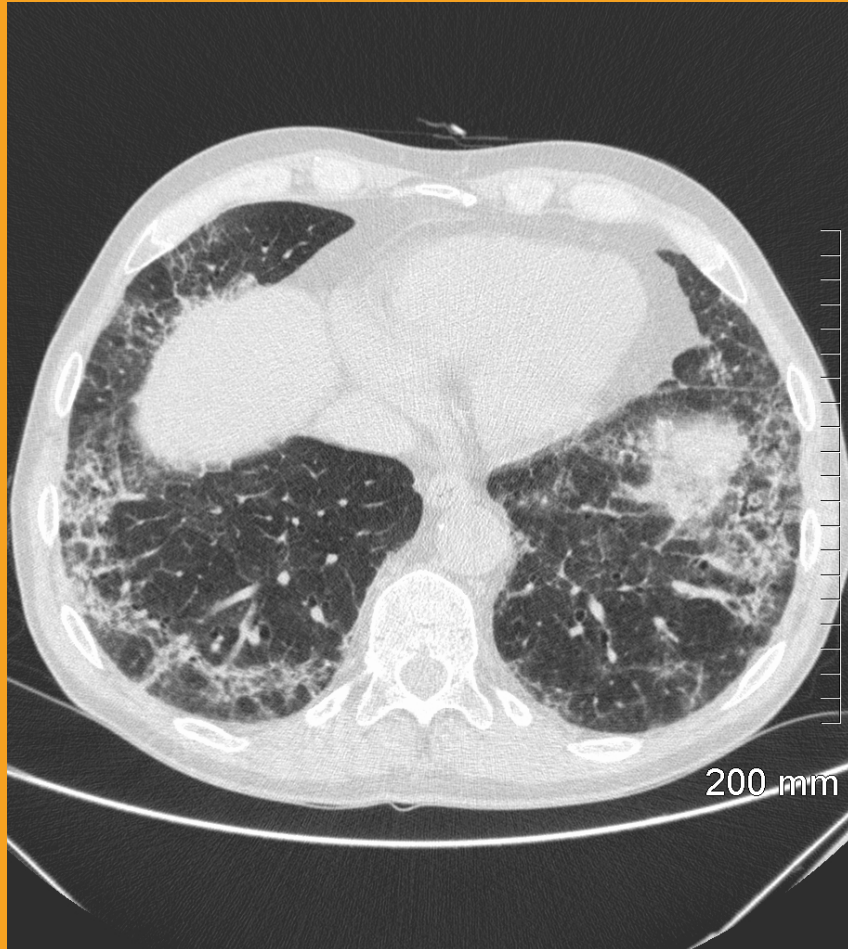
## Coupes expiratoires



**Atténuation  
en mosaïque**

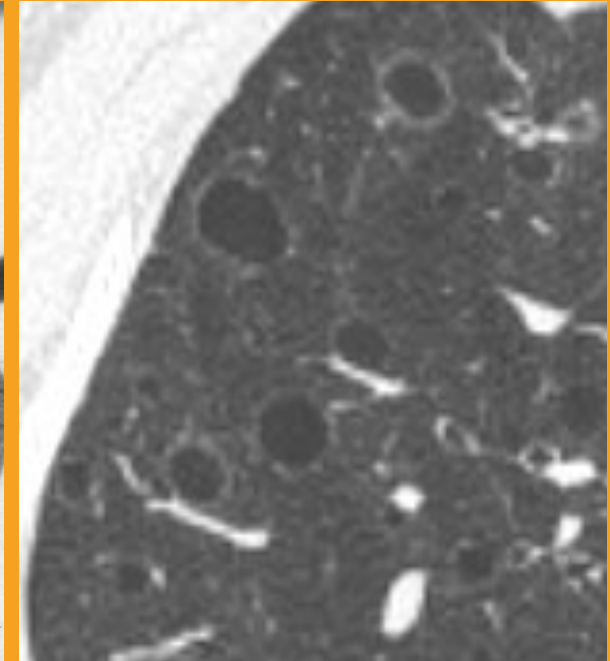
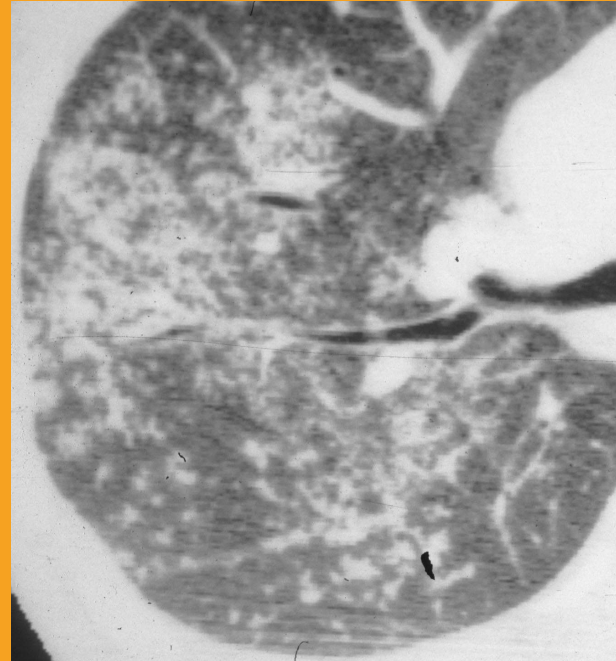
**Dans la PINS**

**le respect du cortex sous pleural ne doit pas être  
confondu avec une atténuation en mosaïque**



*(un au moins de ces signes)*

- Prédominance aux sommets ou à la partie moyenne des poumons
- Prédominance péri-bronchovasculaire
- Opacités en verre dépoli plus étendues que les réticulations
- Micronodules profus (bilatéraux, prédominant dans les lobes supérieurs)
- Kystes discrets (multiples, bilatéraux, loin des zones de rayon de miel)
- Atténuation diffuse en mosaïque/trappage aérique (bilatéral, dans 3 lobes ou plus)
- Condensation segmentaire ou lobaire





- Biopsies de « PIC TDM incompatibles »
  - PIC histologique certaine : 73,3%.
  - PIC certaine ou probable : 94,7%.
- **Atténuation en mosaïque / trappage aérique visible dans :**
  - 71,8% des PIC histologiques certaines ou probables.
  - 21,3% des PIC histologiques certaines.

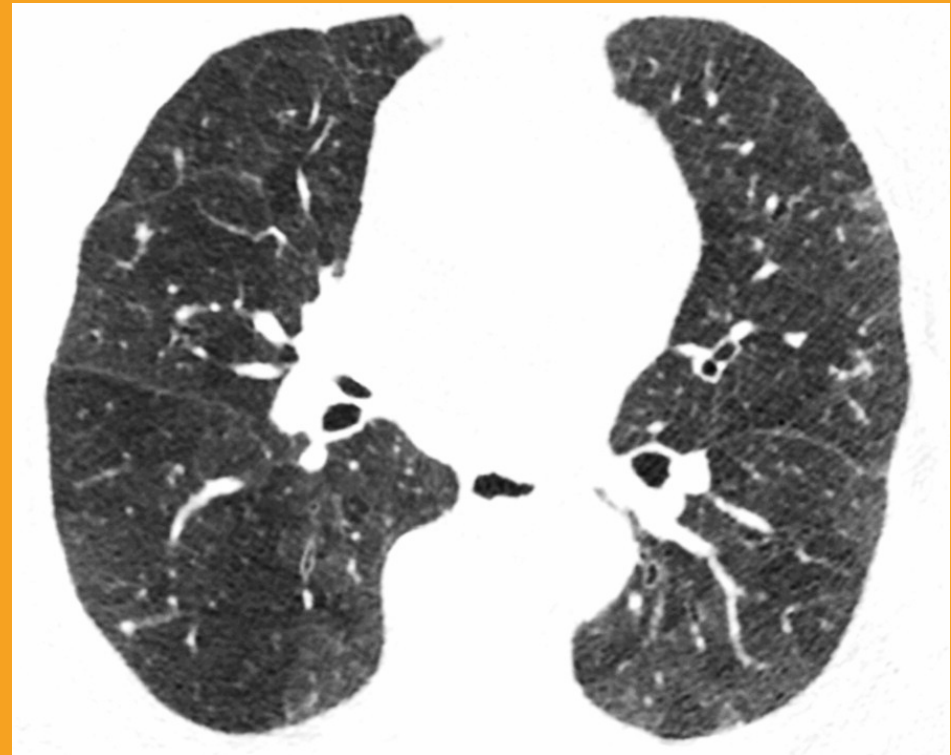
**Atténuation  
en mosaïque**

## **Nodules multiples et mosaïque**

**Hyperplasie neuroendocrine pulmonaire  
idiopathique diffuse idiopathic pulmonary  
neuroendocrine cell hyperplasia (DIPNECH).**



**Nodules multiples**



**Trappages expiratoires**



- Calibre des vaisseaux et EXPIRATION FORCEE ++++.
- L'atteinte des PVA est la plus fréquente.
- Micronodules flous centrolobulaires (et mosaïque) et trappage expiratoire = PHS ++ (ou BR).
- Mosaïque de diagnostic le plus difficile = Atteinte vasculaire.
- PIC certaine et mosaïque - trappage ??



- [1] Stern EJ, Frank MS. **Small-airway diseases of the lungs: findings at expiratory CT.** *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163(1):37-41.
- [2] Hansell DM, Rubens MB, Padley SP, Wells AU. **Obliterative bronchiolitis: individual CT signs of small airways disease and functional correlation.** *Radiology.* 1997;203(3):721-726.
- [3] Wittram C, Batt J, Rappaport DC, Hutcheon MA. **Inspiratory and expiratory helical CT of normal adults: comparison of thin section scans and minimum intensity projection images.** *J Thorac Imaging.* 2002;17(1):47-52.
- [4] Tanaka N, Matsumoto T, Miura G, et al. **Air trapping at CT: high prevalence in asymptomatic subjects with normal pulmonary function.** *Radiology.* 2003;227(3):776-785.
- [5] Zeleznik J. **Normative aging of the respiratory system.** *Clin Geriatr Med.* 2003;19(1):1-18.



- [6] Lucidarme O, Coche E, Cluzel P, Mourey-Gerosa I, Howarth N, Grenier P. **Expiratory CT scans for chronic airway disease: correlation with pulmonary function test results.** *AJR Am J Roentgenol.* 1998;170(2):301-307.
- [7] Pipavath SJ, Lynch DA, Cool C, Brown KK, Newell JD. **Radiologic and pathologic features of bronchiolitis.** *AJR Am J Roentgenol.* 2005;185(2):354-363.
- [8] Breatnach E, Kerr I. **The radiology of cryptogenic obliterative bronchiolitis.** *Clin Radiol.* 1982;33(6):657-661.
- [9] Bankier AA, Van Muylem A, Knoop C, Estenne M, Gevenois PA. **Bronchiolitis obliterans syndrome in heart-lung transplant recipients: diagnosis with expiratory CT.** *Radiology.* 2001;218(2):533-539.



- [10] Bankier AA, Van Muylem A, Scillia P, De Maertelaer V, Estenne M, Gevenois PA. **Air trapping in heart-lung transplant recipients: variability of anatomic distribution and extent at sequential expiratory thin-section CT.** *Radiology.* 2003;229(3):737-742.
- [11] Chong B. J. et al. **Headcheese sign.** *J Thorac imaging.* 2014,9(1);W13.
- [12] Lacout A, Marcy PY, Ngo TM, El Hajjam M. **Multidetector row CT scan in hypersensitivity pneumonitis: contribution of minimum intensity projection reformation.** *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2011;55(3):291-295.
- [13] Criado, E., et al., **Pulmonary sarcoidosis: typical and atypical manifestations at high-resolution CT with pathologic correlation.** *Radiographics,* 2010. 30(6): 1567-86.
- [14] Lewis MI, Horak DA. **Airflow obstruction in sarcoidosis.** *Chest.* 1987;92(4):582-584.



- [15] Gleeson FV, Traill ZC, Hansell DM. **Evidence of expiratory CT scans of small-airway obstruction in sarcoidosis.** *AJR Am J Roentgenol.* 1996;166(5):1052-1054.
- [16] Terasaki, H., et al., **Pulmonary sarcoidosis: comparison of findings of inspiratory and expiratory high-resolution CT and pulmonary function tests between smokers and nonsmokers.** *AJR Am J Roentgenol,* 2005. 185(2): 333-8.
- [17] Bartz, R.R. and E.J. Stern, **Airways obstruction in patients with sarcoidosis: expiratory CT scan findings.** *J Thorac Imaging,* 2000. 15(4): 285-9.
- [18] Hansell, D.M., et al., **Pulmonary sarcoidosis: morphologic associations of airflow obstruction at thin-section CT.** *Radiology,* 1998. 209(3): 697-704.
- [19] Yagihashi K, Huckleberry J, Colby TV, et al. **Radiologic-pathologic discordance in biopsy-proven usual interstitial pneumonia.** *Eur Respir J.* 2016;47(4):1189-1197.

# Contributeurs au programme :

## Imagerie de la Pathologie Infiltrative Pulmonaire



[www.clubthorax.com](http://www.clubthorax.com)

### Les auteurs, membres du Club Thorax

Sébastien BOMMARD, Marie-Pierre DEBRAY, Gérard DURAND, Mostafa EL HAJJAM,  
Pierre FAJADET, Benoit GHAYE, Jacques GIRON, Antoine KHALIL,  
Alexis LACOUT, Pierre-Yves MARCY, Liliane METGE, Grégoire PRÉVOT.

**ASSOCIATION « CLUB THORAX »** - Service de Radiologie – Hôpital Ambroise Paré  
9, avenue Charles de Gaulle - 92100 Boulogne-Billancourt.



Réalisé avec le soutien de Roche



Réalisation