

جامعة الجزائر
UNIVERSITE D'ALGER



Institut National d'Enseignement Supérieur
en SCIENCES MEDICALES
Département de Médecine

المعهد الوطني للتعليم العالي
في العلوم الطبية
دائرة الطب

THESE

Pour le Diplôme de Docteur en Sciences Médicales
présentée A L'I.N.E.S. en SCIENCES MEDICALES

par
Aomar BOUTELDJA
Docteur en Médecine

**APPORT DU SCANNER X
DANS LES PNEUMOPATHIES
DIFFUSES CHRONIQUES
IMAGES ET DENSITES**

Soutenu le : 1986

Directeur de thèse : **Professeur Mustapha HARTANI**

32-610-58-1

32-610-58-1

جامعة الجزائر

UNIVERSITE D'ALGER

Th. 61-2
Ex. 2

Institut National d'Enseignement Supérieur
en SCIENCES MEDICALES
Département de Médecine

المعهد الوطني للتعليم العالي
في العلوم الطبية
دائرة الطب

En témoignage de ma profonde affection.

Leur éducation est la meilleure école.

THESE

Pour le Diplôme de Docteur en Sciences Médicales
présentée A L'I.N.E.S. en SCIENCES MEDICALES

par
Aomar BOUTELDJA
Docteur en Médecine



APPORT DU SCANNER X DANS LES PNEUMOPATHIES DIFFUSES CHRONIQUES IMAGES ET DENSITES

Soutenu le : 1986

Directeur de thèse : Professeur Mustepha HARTANI

* A la mémoire de mes Grands-Parents.

* A mon Père et à ma Mère

En témoignage de ma profonde affection.

Leur éducation reste pour moi la meilleur école.

* A ma Femme.

Avec toute ma tendresse

Sa compréhension pendant ces longues années d'étude fut pour moi le meilleur stimulant.

* A mes Enfants

- * S A B A H
- * M A L I K
- * L Y N D A

Avec toute mon affection.

* A mes Frères et Soeurs.

* A la mémoire de mon Beau-Père

Il reste un exemple de devouement de courage et de réussite, "que DIEU ait son âme".

* A ma Belle-Mère

En témoignage de mon affection.

* A mes Beaux-Frères.

* A Toute ma famille.



A

Notre Maître et Directeur de Thèse.

Monsieur le Professeur M. HARTANI.

Chef de Service de Radiologie C.H.U. - H.C.J. - A.N.P - ALGER.

Tous nous avez fait l'honneur de nous
accepter dans votre service durant notre résidanat.

Nous avons pu bénéficier tout au long de
nos études de votre enseignement rigoureux.

Vous nous avez prodigué vos conseils et
n'avez pas ménagé vos efforts pour assurer notre formation.

Nous avons pu apprécier votre rigueur
scientifique et vos qualités humaines.

Vous nous avez fait confiance, en nous
proposant pour le stage de perfectionnement dont un des
objectifs est précisément ce travail.

Qu'il nous soit permis de vous exprimer
ici notre gratitude et notre fidèle attachement.

A

Notre Maître et Co-Directeur de Thèse.

Monsieur le Professeur P. BERNADAC
Professeur de Radiologie et Pédagogie
de l'image - Chef de service Radiologie
Centrale C.H.U. NANCY.

TTous nous avez honoré en nous suggérant
ce travail.

La clarté de votre enseignement, l'étendue
de votre culture, votre humanisme, votre urbanité nous ont
profondément marqué.

Nous ne saurions assez vous savoir gré de
l'accueil si compréhensif et de l'aide dont Madame BERNADAC
et vous même avaient fait preuve à notre égard et que vous
ne cessiez de nous manifester.

Qu'il nous soit permis de vous exprimer
ici notre gratitude et notre fidèle attachement.

A
Notre Maître, Rapporteur de Thèse.
Monsieur Le Professeur GHOUADJ.R.
Chef de service de Radiologie
Centre PIERRE & MARIE CURIE.

Tout nous vous avez fait l'honneur d'accepter
de rapporter ce travail.

Vous nous avez prodigué vos conseils et
n'avez pas ménagé vos efforts pour qu'il aboutisse.

Nous vous assurons de notre profonde
gratitude et vous remercions pour l'intérêt que vous avez
bien voulu accorder à ce travail et de l'honneur que vous
nous faites en acceptant d'être l'un de nos juges.

A

Nos Maîtres de la Faculté de MEDECINE
& des C.H.U. D'ALGER.

En témoignage de notre reconnaissance pour
l'enseignement qu'ils nous ont donné.

A

Tous ceux "NATIONAUX & ETRANGERS".

Dont la précieuse collaboration m'a permis
cette excellente mise en forme de cet ouvrage.

A

Tous les Eléments du Service de Radiologie
de l' H . C . I - A . N . P .

A

Tous les Eléments de l' A . N . P
en particulier ceux de la D . C . S . S . M .

Je voudrai remercier particulièrement

- M^r. SAÏDJ. R.
- M^r. BACT. A
- M^r. LAROUCJ. A
- & LEURS COLLABORATEURS.
- M^r. BOURROUBI. Y
- M^r. GOURARI. A

A

Tous mes AMIS.

17 E. NARRATEUR SE BORNE A TRANSMETTRE LES FAITS
BRUTS. MAIS C'EST A LA CRITIQUE DE TRIER LE BON
GRAIN DE L'IVRAIE, A LA SCIENCE DE POUVOIR LA
VERITE POUR LA CRITIQUE.

- **JAN KHALOON** -

PLAN

	PAGES
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>REVUE DE LA LITTERATURE</u>	4
<u>MATERIELS ET METHODES</u>	12
I - MATERIELS	13
I.1 - Patients	
I.1.1 - 1er groupe	
I.1.2 - 2ème groupe	
I.2 - Appareillage	
I.2.1 - Rappel	
I.2.2 - Logiciel d'imagerie	
I.2.3 - Logiciel d'utilisation	
II - METHODES	26
II.1 - Historique	
II.2 - Techniques d'examen	
II.2.1 - Epaisseur	
II.2.1.1 - Coupe épaisse	
II.2.1.2 - Coupe fine	
II.2.2 - Espacement des coupes	
II.2.3 - Temps de balayage	
II.2.4 - Positionnement du patient et "commandes"	
II.3 - Traitement des informations	
II.3.1 - Analyse visuelle	
II.3.2 - Analyse numérique	
II.3.3 - Effet de volume partiel	
<u>IMAGES</u>	33
I - PRINCIPE D'OBTENTION DE L'IMAGE CT	34
II - IMAGES DU POUMON NORMAL	35
II.1 - Images CT du parenchyme pulmonaire normal	
II.2 - Corrélations entre les images CT et les coupes de GOUGH	

III - IMAGES CT DU PARENCHYME PULMONAIRE DANS LES B.P.O.C.	36
III.1 - Emphysème	36
III.1.1 - Aspects parenchymateux	
III.1.1.1 - Emphysème pan lobulaire	
III.1.1.2 - Emphysème centro lobulaire	
III.1.1.3 - La Bulle	
III.1.1.4 - Autres variétés d'emphysème	
III.1.1.4.1 - Emphysème para septal	
III.1.1.4.2 - Emphysème para cicatriciel	
III.1.2 - Les aspects de la paroi thoracique, du médiastin et du diaphragme	
III.1.2.1 - La paroi	
III.1.2.2 - Le médiastin	
III.1.2.3 - Le diaphragme	
III.1.3 - Emphysème et pneumothorax	
III.1.3.1 - Le pneumothorax spontané idiopathique	
III.1.3.2 - Le pneumothorax secondaire	
III.2 - La bronchite chronique	44
III.2.1 - Définition	
III.2.2 - Aspects scanographiques observés	
III.3 - Les bronchectasies	45
III.3.1 - Rappel	
III.3.2 - Sémiologie scanographique	
III.3.2.1 - Signe spécifique	
III.3.2.1.1 - Bronchectasie cylindrique	
III.3.2.1.2 - Bronchectasie variqueuse ou moniliforme	
III.3.2.1.3 - Bronchectasie kystique ou sacculaire	
III.3.2.2 - Signes non spécifiques	
III.3.2.2.1 - Epaissement pariétal	
III.3.2.2.2 - Accumulation anormale des sécrétions	
III.3.2.2.3 - Les troubles de la ventilation	
III.3.2.2.4 - Atteinte alvéolaire	
III.3.2.2.5 - Trouble de perfusion	
III.3.3 - Rôle et place de la CT dans l'exploration des DDB	

IV - LES ATTEINTES DU TISSU INTERSTITIEL	54
IV.1 - Rappel anatomique	54
IV.2 - Rappel pathogénique	55
IV.3 - Sémiologie élémentaire en TDM du syndrome interstitiel	56
IV.3.1 - Signes spécifiques	
IV.3.1.1 - Type linéaire	
IV.3.1.2 - Type réticulaire	
IV.3.1.3 - Type réticulo-nodulaire	
IV.3.2 - Signes non spécifiques	
IV.3.2.1 - Type nodulaire	
IV.3.2.2 - Aspect en verre dépoli	
IV.3.2.3 - Type mixte	
IV.3.2.4 - Aspect du diaphragme et des vaisseaux	
IV.4 - Images observées dans quelques affections diffuses chroniques du poumon (expérience personnelle)	
IV.4.1 - Maladie de BESNIER BOECK SCHUMAN (B.B.S.)	
IV.4.1.1 - Atteinte ganglionnaire	
IV.4.1.2 - Atteinte parenchymateuse	
IV.4.1.3 - Atteinte pleurale	
IV.4.1.4 - Atteinte polyviscérale	
IV.4.2 - Fibrose interstitielle diffuse	
IV.4.3 - Maladies de l'environnement professionnel	
IV.3.1 - Silicose	
IV.3.2 - Sidérose	
IV.3.3 - Asbestose	
<u>DENSITOMETRIE</u>	68
I - PREAMBULE	69
I.1 - Calcul du nombre Hounsfield par TDM	
I.2 - Facteurs qui conditionnent le nombre Hounsfield	
I.2.1 - Facteurs physiques	
I.2.2 - Facteurs anatomo-physiologiques	
II - DENSITOMETRIE DU POUMON NORMAL ET DU POUMON PATHOLOGIQUE	
REVUE DE LA LITTERATURE	71
II.1 - Densitométrie du poumon normal	71
II.2 - Densitométrie du poumon pathologique	74

1.2.2 - Extraction automatique des surfaces pulmonaires	
II - EN PRATIQUE	99
II.1 - Sur le plan visuel	99
II.1.1 - Apport de la TDM	
II.1.2 - TDM et pneumothorax récidivants	
II.1.3 - TDM et bulle chirurgicale	
II.1.4 - TDM et insuffisance respiratoire	
II.2 - Sur le plan numérique	101
II.2.1 - Approche diagnostic et pronostic des affections pulmonaires	
II.2.2 - Bilan pré opératoire	
II.2.3 - Complément de l'analyse visuelle	
III - PERSPECTIVES	101
III.1 - Essai de corrélation des résultats densitométriques à ceux des tests fonctionnels respiratoires	101
III.1.1 - Méthodes statistiques	
III.1.2 - Résultats	
III.1.3 - Commentaires	
III.2 - Applications cliniques et intérêts	104
III.2.1 - Bilan des atteintes diffuses chroniques (et/ou aiguës) du poumon	104
III.2.1.1 - Bilan diagnostic	
III.2.1.2 - Bilan pré et/ou opératoire	
III.2.1.3 - Etude longitudinale	
III.2.1.4 - Etude épidémiologique	
<u>CONCLUSION</u>	107
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	110

III - DENSITOMETRIE DU POUMON NORMAL ET DU POUMON PATHOLOGIQUE	
EXPERIENCE PERSONNELLE	76
III.1 - Densitométrie du poumon normal	76
III.2 - Densitométrie du poumon pathologique	76
III.2.1 - Dans les B.P.O.C.	
III.2.1.1 - Selon la densité d'un volume pulmonaire	
III.2.1.1.1 - Pour l'emphysème	
III.2.1.1.2 - Bronchite chronique et emphysème modéré	
III.2.1.1.3 - Pour les bronchectasies	
III.2.1.2 - Selon la densité moyenne le long d'une section linéaire	
III.2.1.3 - Selon l'histogramme des densités	
III.2.1.3.1 - Poumon normal	
III.2.1.3.2 - Poumon emphysémateux	
III.2.1.3.3 - Poumon de DDB et bronchite chronique	
III.2.2 - Dans les atteintes interstitielles	
III.2.2.1 - Selon la densité d'un volume pulmonaire	
III.2.2.2 - Selon la densité moyenne le long d'une section linéaire	
III.2.2.3 - Selon l'histogramme des densités	
IV - OBSERVATIONS	86
IV.1 - Observation n° 1 : bilan diagnostique	87
IV.2 - Observation n° 2 : bilan pré et post-opératoire des bulles chirurgicales	89
IV.3 - Observation n° 3 : Etude longitudinale	91
IV.4 - Observation n° 4 : Etude densitométrique de l'atteinte interstitielle au stade ultime	93
IV.5 - Observation n° 5 : Etude épidémiologique	94
DISCUSSION	95
I - SUR LE PLAN THEORIQUE	96
I.1 - Le nombre Hounsfield	96
I.2 - Paramètres physiologiques	97
I.2.1 - Epaisseur de coupe	
I.2.1.1 - Ce que l'on désire voir	
I.2.1.2 - L'étendue des surfaces à "couper"	
I.2.1.3 - La valeur relative du nombre Hounsfield	

Les poumons assurent deux fonctions essentielles pour la vie :

- celle de confection (bronches, vaisseaux sanguins et lymphatiques) ;

- celle d'échange (paroi alvéolaire - capillaire - fait d'arborisation rigide, de tissu élastique et de capillaires).

Les radiologistes explorent principalement la première fonction. La seconde est du domaine des fonctionnalistes.

INTRODUCTION

La radiologie pulmonaire se divise en deux grands groupes :

- celle qui étudie la forme pulmonaire ;
- celle qui l'évalue.

Toute attention doit être portée sur les deux groupes :

- celle qui étudie la forme pulmonaire (air, sang, tissu) ;
- celle qui l'évalue (fonction).

La radiologie conventionnelle étudie l'état de ces différentes structures. Elle reste cependant imparfaite du fait de la projection dans un plan bidimensionnel d'un organe tridimensionnel, des superpositions inévitables et des facteurs techniques (ventilation, etc.).

E. FELSON (34) établit une relation entre les poumons, leur poids et l'âge radiologique conventionnelle. Il trouve que pour un volume pulmonaire normal calculé à partir de données anatomiques, physiologiques et les capacités pulmonaires normales, un sujet de sexe masculin, âgé de 20 ans et mesurant 1,70 m de haut a un poumon dont le poids moyen est de 740 g pour 7,240 ml, c'est-à-dire 0,10 g par ml.

- Les poumons assurent deux fonctions essentielles pour la vie :
- celle de conduction (bronches, vaisseaux sanguins et lymphatiques) ;
 - celle d'échange (parenchyme pulmonaire - acinus - fait d'espaces aériques, de tissu interstitiel et de capillaires).

Les morphologistes explorent parfaitement la première fonction, la seconde étant du domaine de fonctionnalistes.

La pathologie pulmonaire se divise en deux grands groupes :

- celle qui diminue la densité pulmonaire ;
- celle qui l'augmente.

Toute altération d'un des éléments (air, sang, tissu) classe le poumon dans l'un ou l'autre groupe.

La radiologie conventionnelle rend compte de l'état de ces différentes structures. Elle reste cependant imparfaite du fait de la projection dans un plan bidimensionnel d'un organe tridimensionnel, des superpositions inévitables et des facteurs techniques (centrage, kV ...).

B. FELSON (34) établit une relation entre les poumons, leur densité et l'image radiologique conventionnelle. Il trouve que pour un volume tissulaire pulmonaire calculé à partir de données anatomiques, physiologiques et les capacités pulmonaires théoriques, un sujet de sexe masculin, âgé de 20 ans et mesurant 1,70 m de haut a un poumon dont la densité moyenne est de 740 g pour 7.240 ml, c'est-à-dire 0,10 g par ml.

L'avènement de la tomodensitométrie (T.D.M.) montre à l'évidence aujourd'hui - après les errements du début - que cette méthode d'imagerie est devenue un moyen capital dans l'étude des maladies pulmonaires, notamment celles qui modifient en plus ou en moins la densité pulmonaire.

En effet, la tomographie computerisée (C.T.) :

- . identifie,
- . localise,
- . évolue morphologiquement,
- . évolue densitométriquement,
- . quantifie,
- . voire explique un état phyio-pathologique
des poumons.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Sa plus grande sensibilité par rapport à la radiologie conventionnelle lui permet de détecter les anomalies pulmonaires diffuses chroniques à un stade plus précoce alors que la radiographie standard est encore "normale". Cet avantage offre à l'Imagier Médical une place de choix dans les discussions scientifiques hospitalo-universitaires.

La capacité de la T.D.M. d'offrir des mesures de densité en même temps que l'image correspondante fait que cette technique est unique à l'heure actuelle en ce qui concerne les poumons. Cette possibilité de quantifier les poumons par un chiffre rapproche le radio-diagnostic de la rationalité mathématique.

Pour résumer les avantages de la méthode et notre pensée, nous repreneons cette citation du Professeur BERNADAC : *"Le scanner réalise une véritable autopsie in vivo et nous renouons avec la méthode anatomo-clinique qui voyait dans la mort la vie, mais avec cette remise en ordre dans le temps qui permet de voir dans la vie un spectacle jusqu'alors réservé aux chirurgiens et aux anatomo-pathologistes"*.

vous avons lu de l'ensemble de la bibliographie consultée, les travaux qui vous semblent plus particulièrement dignes d'être analysés.

1970 - G.H. WESNER (175) étudie la densité pulmonaire par tomographie. Il démontre que cette technique est supérieure aux autres des classiques de densitométrie obtenus par yodo-densitométrie, par densitométrie Compton ou par densitométrie optique lorsqu'il ne s'agit pas d'informations qualitatives, c'est-à-dire visuelle.

Il obtient un histogramme unique du poumon normal. La courbe représentative présente une asymétrie vers la droite légèrement marquée au franchissement du cycle respiratoire.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

En inspiration, le tracé a une base étroite et son tétrapode asymétrique. L'expiration en est qu'à cette phase du cycle respiratoire le poumon normal est assez homogène.

En expiration, la base de la courbe est plus large et a tendance à se déplacer vers les densités les plus hautes. De plus elle présente une pente en rapport avec les parties antérieures et postérieures du poumon.

Il propose une application clinique de la méthode pour l'étude des maladies diffuses du poumon, notamment l'œdème pulmonaire, la sarcoidose, l'empyème primitif.

Il attire l'attention sur la possibilité des fausses mesures données par les artefacts.

Il affirme que les courbes sont reproductibles après leur standardisation et sous inspiration maximale.

G.J. ROEHLICH (148) décrit deux méthodes d'étude de la densité pulmonaire au scanner :

1. La densité pulmonaire moyenne sectorielle (M.L.D. - Mean Lung Density, sector method) qui mesure la densité d'une zone d'intensité déterminée.

Nous avons isolé de l'ensemble de la bibliographie consultée, les travaux qui nous semblent plus particulièrement devoir être analysés.

1978 - O.H. WEGENER (175) étudie la densité pulmonaire par tomodensitométrie. Il démontre que cette technique est supérieure aux méthodes classiques de densitométrie obtenues par vidéo-densitométrie, par densitométrie Compton ou par densitométrie optique lesquelles ne donnent pas d'information qualitative, c'est-à-dire visuelle.

Il obtient un histogramme typique du poumon normal. La courbe représentative présente un pic à - 850 UH et sa physionomie varie légèrement en fonction du cycle respiratoire.

En inspiration, la courbe a une base étroite et est légèrement asymétrique. L'explication en est qu'à cette phase du cycle respiratoire le poumon normal est assez homogène.

En expiration, la base de la courbe est plus large et a tendance à se déplacer vers les densités les plus hautes. De plus elle présente deux pics en rapport avec les parties antérieures et postérieures du poumon.

Il propose une application clinique de la méthode pour l'étude des maladies diffuses du poumon, notamment l'œdème pulmonaire, la sarcoïdose, l'emphysème pulmonaire.

Il attire l'attention sur la possibilité des fausses mesures données par les artéfacts.

Il affirme que les courbes sont reproductibles après leur standardisation et sous inspiration maximale.

- L.J. ROSENBLUN (148) décrit deux méthodes d'étude de la densité pulmonaire au scanner :

. la densité pulmonaire moyenne sectorielle (M.L.D._s = Mean Lung density, sector method) qui mesure la densité d'une zone d'intérêt déterminée ;

. la densité pulmonaire moyenne totale (M.L.D._w = Mean Lung density, whole Lung field) qui mesure la densité de toutes les surfaces de la coupe pour extrapoler la densité moyenne totale du champ pulmonaire.

Il démontre que la densité est fonction de la position du corps et du cycle respiratoire, mais n'est pas une fonction linéaire de l'âge. Ainsi la densité du poumon jeune est plus élevée que celui du sujet âgé.

Les parties déclives de poumon sont plus denses que celles non déclives.

Il suggère que ces variations de la densité pulmonaire en plus ou en moins représentent un état pulmonaire déterminé, et peuvent donc faire reconnaître des maladies pulmonaires à un stade plus précoce.

1979 - A. SOLOMON (162) étudie 34 cas prouvés de sarcoïdose pulmonaire par TDM et montre que celle-ci amène des informations supplémentaires par rapport à la radiographie pulmonaire standard, notamment les petits épanchements pleuraux, les bulles d'emphysème et les nodules granulomateux.

Il démontre que la densité pulmonaire est globalement augmentée et qu'il n'existe plus de gradient de densité entre les positions déclives et celles non déclives. Ceci peut être la traduction d'altérations du lit vasculaire.

- P.J. ROBINSON (145) mesure les valeurs d'atténuation au niveau des bases pulmonaires chez 17 patients atteints de maladie pulmonaire.

Les coupes sont faites en inspiration et en respiration indifférente couplée à un spiromètre. Les résultats sont que la densité moyenne est de - 350° à - 430° unités EMI* quel que soit le temps respiratoire. Cet intervalle est plus rétréci en inspiration qu'en respiration neutre.

Le gradient de densité entre les parties antérieures et postérieures du poumon est de 100 unités au profit de ces dernières. Il est réduit, mais non aboli en inspiration.

Il trouve une relation inversement proportionnelle entre la diminution des valeurs d'atténuation mesurées en inspiration avec l'augmentation du volume pulmonaire.

Il suggère que ces conclusions peuvent permettre de détecter précocement les affections pulmonaires diffuses.

- G. GAMSU (46) développe une méthode de mesure des densités pulmonaires par un appareil portable, le densitomètre Scatter-Compton, dans le spectre 0,1-1 g/cm³ indépendamment de la paroi thoracique.

Il crée un oedème pulmonaire chez 19 chiens. L'augmentation de la densité pulmonaire est corroborée par l'évaluation post-mortem de l'eau pulmonaire.

Il conclut que la densitométrie par Compton-Scatter peut quantifier l'oedème pulmonaire.

1980 - S.S. SIEGELMAN (158) mesure la densité des nodules pulmonaires sur des coupes fines (2,5 mm) de scanner. Ces nodules ne sont pas calcifiés sur la radiographie pulmonaire standard.

Les lésions bénignes ont une densité supérieure à 164 UH alors que les lésions malignes ont une densité de 92 UH \pm 18.

La TDM apparaît être une méthode plus sensible que la tomographie pour évaluer la densité des nodules pulmonaires.

1981 - L. HEDLUND (70) étudie au laboratoire la densité pulmonaire par tomодensitométrie. Il démontre que cette méthode constitue une technique non invasive pour détecter la présence d'eau intra pulmonaire et est suffisamment fiable pour faire le diagnostic et la surveillance thérapeutique de ces rétentions d'eau.

Il suggère que la TDM peut être capable de distinguer l'exsudat du transudat ou encore le processus bénin du processus malin uniquement en se basant sur les valeurs d'atténuation.

Il conclut son étude par quatre interrogations :

1. Les calculs de densité sont-ils reproductibles chez le même sujet, entre des sujets différents et entre des écoles différentes ?
2. Les mesures de densité peuvent-elles être vérifiées par d'autres techniques ?
3. Les analyses de densité résolvent-elles significativement les problèmes diagnostic en augmentant la sensibilité de la détection précoce des maladies ?
4. Les mesures de densité permettent-elles de comprendre les bases physiologiques pulmonaires ?

1982 - P.R. GODDARD (57) étudie 53 patients atteints de broncho-pneumopathies obstructives chroniques (BPOC) et 19 sujets témoins. Il compare les résultats observés sur le TDM à ceux de la radiographie pulmonaire classique et des tests fonctionnels respiratoires.

Il en conclut que :

1. La CT est capable de faire le diagnostic d'emphysème quand il n'est pas fait par la radiographie pulmonaire.
2. La détection de l'emphysème est intéressante chez les patients qui ont des tests fonctionnels perturbés sans explication.
3. La CT est utile dans le bilan des pneumothorax récidivants.
4. La TDM est utile dans le bilan préchirurgical des bulles d'emphysème.
5. La TDM est utile car elle permet de reconnaître des lésions de BPOC dans des poumons explorés par une tout autre raison (exemple pour carcinome).
6. La CT est une méthode sensible de détection et de distribution de l'emphysème.

Les conclusions corrélaient bien avec les tests fonctionnels respiratoires, les conclusions de la radiologie classique et les résultats anatomo-pathologiques.

- CODDINGTON (25) s'intéresse à la validité de l'interprétation des images scannographiques et évalue la sensibilité de cette nouvelle technique d'imagerie.

Il compare les images CT du poumon normal et du poumon pathologique pendant la vie à celles obtenues après nécropsie sur pièce anatomique.

Il conclut que les images obtenues par la tomodensitométrie pendant la vie et celles obtenues après la mort sont superposables. En particulier, les structures pulmonaires, vaisseau, bronche, parenchyme pulmonaire, sont comparables à celles obtenues par d'autres techniques d'imagerie ou par les coupes de GOUGH. Il déduit que les plus petits vaisseaux visibles en CT ont un calibre de 1 mm.

Dans l'emphysème, les surfaces pulmonaires interprétées comme emphysemateuses sur les images de scanner sont confirmées par les coupes de GOUGH.

Dans les dilatations des bronches, les images de bronchocèle vues sur les images de scanner, sont toujours confirmées comme telles par les

coupes de GOUGH. Il en déduit que la dilatation bronchique visible en CT est supérieure ou égale à 3 mm.

- Louis KREEL (92) étudie les maladies interstitielles pulmonaires par tomographie corréalisée. Il conclut que la TDM est une méthode extrêmement sensible pour démontrer les lésions macroscopiques du poumon de façon plus nette et encore plus que ne le ferait la radiographie conventionnelle. Cependant, elle ne peut se substituer à l'histologie.

Il révèle que la distribution particulière des lésions en zone "corticale" et/ou zone "médullaire" peut servir de substratum à des études pathogéniques ultérieures.

- L.W. HEDLUND (68) décrit deux méthodes qui permettent l'extraction automatique des surfaces pulmonaires en vue de leur étude densitométrique.

La première méthode mesure la densité pulmonaire totale. Elle est utilisée lorsque les gradients de densité sont élevés comme c'est le cas pour les poumons et les tissus environnants. Elle intègre tous les pixels contenus dans la surface pulmonaire.

La deuxième méthode mesure les densités de surfaces définies du parenchyme pulmonaire. Elle sélectionne une rangée de valeurs, comprise dans l'échelle Hounsfield, en comptabilisant tous les pixels successifs contenus dans la zone d'intérêt. Ainsi il est possible de visualiser seulement le parenchyme pulmonaire sans les grosses structures broncho-vasculaires ou réciproquement.

Ces deux méthodes, testées sur des cobayes, montrent la fiabilité de la reconnaissance densitométrique du poumon normal et du poumon pathologique (ici oedémateux).

1983 - L.W. HEDLUND (71) résume les bases physiques qui interviennent dans le déterminisme du calcul de la densité pulmonaire par tomodynamométrie. Il cite les facteurs qui conditionnent la valeur de la densité : air, vaisseau et volume d'eau extra-cellulaire.

1984 - P. BERNADAC (9) parle de "révolution" dans l'étude des broncho-pneumopathies obstructives chroniques, notamment le poumon emphysemateux, par TDM.

Il décrit les images observées et fait une quantification de ces maladies.

Il en conclut que la tomодensitométrie révèle les images d'emphyse, éventuellement les lésions associées, et permet la quantification de la dystrophie et par ce biais peut en chiffrer l'évolution et en préciser le pronostic.

- P. BERNADAC (7) fait un état des broncho-pneumopathies obstructives chroniques en 1984. Il reconnaît que "la confrontation du radiologue aux BPOC génère plus d'états d'âmes que d'analyses rapides et brillantes. Les erreurs en plus ou en moins, les variations entre les lecteurs, ou pire chez un même lecteur, ont souvent provoqué une certaine perte de confiance dans l'aptitude du radiodiagnostic, - si ce n'est du radiodiagnosticien - à dépister, surveiller et quantifier les lésions.

... et vogue la galère sur cette mer de bulles et de sécrétions bronchiques jusqu'à l'arrivée de la tomодensitométrie.

Ce fut une révolution d'abord au niveau du concept même d'emphyse, dans la technique, dans l'efficacité. Le scanner réalise une véritable autopsie in vivo et nous renouons avec la méthode anatomoclinique qui voyait dans la mort la vie, mais avec cette remise en ordre dans le temps qui permet de voir dans la vie un spectacle jusqu'alors réservé aux chirurgiens et aux anatomopathologistes.

1985 - G.R. GENEREUX (48) fait une revue des traits anatomiques et densitométriques ainsi que leur application clinique des anomalies pulmonaires observées par CT.

Après un rappel anatomique et une division du poumon en zone "corticale" et "médullaire", il fait des mesures d'atténuation des densités du poumon droit à 3 niveaux (plan de la crosse aortique, de la carène et juste au-dessus de l'hémi-diaphragme).

Il s'intéresse aux structures d'atténuation de densité moyenne corticale antérieure et postérieure ainsi que médullaire ; la densité moyenne pulmonaire antérieure et postérieure, le total de la densité moyenne de chacune des coupes et de tout le poumon et les gradients antéro-postérieurs.

L'évidence est à l'effet que la médullaire est une zone "réservoir" capable de recevoir un débit sanguin accru sous des conditions appropriées. Il en démontre l'utilité pratique.

- J. COLLEN étudie 23 patients atteints de maladies interstitielle par CT. Il évalue les lésions observées et conclut que

les nodules sont prédominants dans la Silicose, la Sarcoidose, et l'extension lymphatique des processus malins. L'association de ces nodules et des septas épaissis inter lobulaire peut constituer un trait distinctif de ces affections.

Les opacités réticulaires sont prédominantes dans les alvéolites fibrosantes, les maladies rhumatoïdes pulmonaires et l'alvéolite allergique intrinsèque. Dans les deux premières maladies, la distribution périphérique des lésions les distingue de la troisième maladie dont les lésions ont une topographie centrale.

- G.P. GENEUX (49) fait une revue théorique et pratique des signes sémiologiques qui permettent de reconnaître les maladies pulmonaires diffuses en radiographie conventionnelle et en tomographie computerisée. Il corrèle ceux-ci à leur substratum pathologique et indique une approche pratique de leur diagnostic différentiel.

MATERIELS ET METHODES

	Nombre	g	l	Pourcentage (%)
Branches sèches	15	13	2	40,0
Branches vertes	12	5	5	32
Branches sèches	20	27	8	48,0

I - MATERIELS

I.1 - Patients

Cette étude est faite sur soixante deux (62) examens tomodynamométriques du thorax. Soixante (60) d'entre eux présentent une affection pulmonaire chronique diffuse. Les deux (02) autres sont examinés dans le cadre d'un bilan d'un pneumothorax spontané du sujet jeune, après que le poumon soit revenu à la paroi.

Deux groupes sont constitués (Tables 1 et 2)

I.1.1 - Le premier groupe comprend l'ensemble des malades présentant une bronchopneumopathie obstructive chronique. Les symptômes cliniques, les signes radiologiques, les résultats de l'exploration fonctionnelle respiratoire (E.F.R.), le service demandeur de l'examen, le sexe, l'âge et la profession sont reportés dans les tables 03 à 09.

Il s'agit au total de :

Table 1

	Nombre	Sexe		Age moyen (an)
		M	F	
Emphysème et/ou bronchite chronique	25	23	2	48,5
Dilatation des bronches	12	6	6	42
Broncho-pneumopathie obstructive chronique	37	29	8	43,5

Il faut préciser que les signes cliniques sont ceux mentionnés dans les dossiers. Il en est de même des résultats de l'E.F.R. Quant aux signes radiologiques (radiographie pulmonaire standard), ce sont ceux rencontrés dans les maladies obstructives chroniques tels qu'ils ont été décrits par G. SIMON, les auteurs anglo-canadiens, NAIDICH, etc., c'est-à-dire des données internationalement classiques.

Les tableaux ci-joints caractérisent les patients qui ont servi de base à notre étude.

La distension thoracique est appréciée sur le nombre des arcs costaux antérieurs (au-delà de 07 à partir de l'intersection de la partie la plus haute de la coupole antérieure et de l'arc costal lui-même comme défini par G. SIMON.

L'espace clair rétro sternal (E.C.R.S.) est mesuré au niveau de l'angle de Louis ; au-delà de 3 cm, l'espace est élargi.

L'appréciation de la vascularisation pulmonaire est représentée par les symboles / (augmentée), \ (diminuée) ou N (normal). Ces symboles ne tiennent compte ni de la gravité, ni de l'extension, ni de la distribution des lésions.

Le reconnaissance de bulles sur le cliché-standard et le scanner correspondant révèle au moins pour les petites bulles, le peu de sensibilité du cliché standard.

Le retentissement cardiaque droit est apprécié radiologiquement sur le débord de la pointe du coeur par rapport au diaphragme (ces signes traduisent un stade déjà évolué) et de la saillie de l'arc moyen gauche.

L'hypertension artérielle pulmonaire (H.T.A.P.) est estimée par la distance inter pédiculaire (D.I.P.) (signe de modifié par Pr SADOUL), le calibre de l'artère pulmonaire droite lors de son passage au devant de la bronche intermédiaire et la présence d'une image en lorgnette en faveur de l'artère. Mais on sait que le diagnostic d'H.T.A.P. par la radiologie traduit un état déjà avancé.

I.1.2 - Le deuxième groupe comprend l'ensemble des maladies présentant une atteinte interstitielle diffuse chronique (Fibrose interstitielle diffuse, pneumoconiose, maladie de BESNIER BOECK SCHUMAN surtout). Les symptômes cliniques, les signes radiologiques, les résultats de l'E.P.R., le service demandeur, le sexe, l'âge et la profession sont reportés dans les tables 10 à 13.

Il s'agit au total de :

Table 2

	Nombre	Sexe		Age moyen (an)
		M	F	
B.B.S.	7	3	4	52,3
F.I.B.	6	5	1	57
Maladies professionnelles	7	7	0	58,4
Miliaire	2	2	0	64
Atteintes interstitielles	25	20	5	57,6

Les symptômes cliniques et les signes fonctionnels sont ceux mentionnés dans les dossiers des malades.

Les signes radiologiques sont ceux de l'atteinte interstitielle. La présence de l'un d'entre eux, s'il est spécifique, suffit pour affirmer radiologiquement le syndrome interstitiel (symbole +). Comme pour le 1er groupe, ce signe ne tient compte ni de la sévérité clinique, ni de l'étendue volumétrique, ni de la distribution, ni de l'association éventuelle de ces signes.

II.2 - Appareillage

Le type d'appareil est celui disponible sur place au moment de l'étude. Il s'agit d'un TOMOSCAN 310.

Cependant, il faut savoir que la qualité de l'image et la fiabilité des mesures de densité dépendent des facteurs techniques qui permettent

son obtention (Cf Image I).

Nous voulons simplement ici rappeler ce qui nous paraît être nécessaire à connaître.

11.2.1 - Rappel

L'image scanographique reconstruite par rétro projection souffre d'un bruit de fond élevé et d'artéfacts particuliers sous forme de stries radiaires.

La méthode de reconstruction indirecte donne une image d'autant plus précise que le nombre de mesures matricielles est grand.

Mais ce procédé génère aussi un bruit de fond et des artéfacts qui nécessitent des fonctions de filtrage afin de lisser le signal originel et d'en rehausser les bords.

Les filtres à basse fréquence diminuent le bruit et lissent les contours. Ceux à haute fréquence rehaussent les contours et augmentent le bruit.

La résolution spatiale de l'image scanographique est inférieure au pouvoir de résolution spatiale de la radiographie conventionnelle. Ceci est lié au caractère discontinu de l'image numérique. A matrice constante, ce sont surtout les facteurs géométriques qui l'influencent.

L'uniformité de la matrice signifie que tous ses éléments doivent avoir exactement le même nombre Hounsfield pour un corps homogène. Les déviations par rapport à cette uniformité représentent les fluctuations statistiques du comptage photonique et représentent le bruit de fond. Il est déterminé par le calcul de la déviation standard pour de l'eau sur une surface de 100 pixels et s'exprime en unité Hounsfield.

La linéarité est la propriété correspondant à la proportionnalité stricte entre une variation du nombre Hounsfield et celle du coefficient linéaire d'atténuation. Pour les tissus mous, cette propriété est admise. Cependant des filtres et des voltages variables influent sur la linéarité.

La fidélité décrit la propriété qu'a un nombre Hounsfield d'être indépendant :

- . du voltage du tube
- . du filtre de radiation
- . du volume de l'objet.

lorsqu'il se produit un changement en densité (ou en composition atomique).

Il en résulte que ce paramètre est capital lorsque des décisions cliniques sont basées sur des mesures du nombre Hounsfield. Sa correction peut être obtenue par un durcissement du faisceau pour les matériaux de numéro atomique élevé.

Il faut savoir que le temps de balayage ne peut être raccourci qu'au dépens de la précision du comptage photonique. Autrement dit, une haute qualité d'image nécessite un temps de balayage plus long pour une reconstruction plus précise.

L'effet du volume partiel (Cf. II.3.3) est responsable d'une image imprécise au niveau des zones de transition entre les tissus de densité très différente. Le nombre Hounsfield résultant est une valeur moyenne donnée par la formule

$$\overline{UH} = UH (\text{lésion}) - UH (\text{normal}) \times \% \left(\begin{array}{l} \text{voxel occupé} \\ \text{par la lésion} \end{array} \right) + UH (\text{normal})$$

Cet effet est important dans les coupes épaisses, moindre dans les coupes fines millimétriques.

Les artéfacts, qu'ils soient de mouvement ou géométriques, accentuent le bruit de l'image et dégradent la valeur diagnostique de l'image, tant sur le plan visuel que numérique.

Le TOMOSCAN 310 possède les paramètres suivants :

II.2.2 - Imagerie

- Nombre de mesures élémentaires	214 272 en 2,6 sec. 345 600 en 4,2 sec. 691 200 en 8,4 sec.
- Qualité de l'image reconstituée :	
. valeur de la matrice	256 x 256
. dimension du mot	16 bit
. durée de restitution	3 sec.
- Image présentée par le périphérique d'édition :	
. valeur de la matrice	256 x 256
. nombre de niveaux de gris	16
. nombre de niveaux couleur	16
- Dimension de l'image projetée	51 cm
- Dimension du document obtenu (support)	film 20 x 25 ou 18 x 2
- Durée totale nécessaire à la détection - traitement - édition de l'image	16 sec.
- Résolution spatiale	0,6 mm

II.2.3 - Logiciel d'utilisation

- Agrandissement	Agrandissement géométrique et zoom électronique de reconstruction
- Zone d'intérêt	oui
- Profil de densité	oui
- Profil de densité	oui
- Soustraction et addition de tomogramme	oui
- Inversions :	
. droite-gauche	oui
. palier de gros	oui
- Histogrammes	oui
- Lissages	oui
- Addition de commentaires	oui
- Transfert images restituées sur bandes magnétiques	oui

EMPHYSEME &/OU BRONCHITE CHRONIQUE		CLINIQUE								18 Bis.
N° CAS	SERVICE	AGE (AN)	SEXE	PROFESSION	DYSPNEE	TOUX	EXPEC	I.V.D.	CIGARETTE PAQUET/ AN	
83 005		61	M	MILITAIRE	NP	NP	+	NP	50	
134	TD	51	M	FROMAGER					10C/1	
151	ACE	48	M	TRANSPORTEUR ROUTIER		+	-	-	3P/3	
159		53	M	AGRICULTEUR	4	+	+	-	45	
256	TD	57	M	ACIER (PARDIEN)	4	+	+	NP	60	
321	TD	54	M		NP	+	+	-	NP	
374	TD 1	56	M	MINEUR 22 ANS SIDERURG. 3 ANS	4	NP	+	+	NP	
444										
495	CHIRE	70	M	METALLURGISTE	+	-	-	-	60	
507	VH 2		M	CHAUFFEUR ROUTIER						
586		55	M	CONDUCTEUR P.L	4/5	+	+	+	40	
84 004	CHIRE	70	M	METALLURGISTE						
014	VF 1	73	F	NON PRECISE						
111		54	M	GERANT (ALIMENTA- TION).	4	+	+	+	45	
174		51	M	MANOEUVRE	+	-	-		30	
154	TD	24	F	SECRETAIRE STENO- DACTYLO.	+	-	-	NP	NP	
215	TD	39	M	ARRIERE MENTAL	2			-	30	
239	TD	29	M	FROMAGER	+	-	-	-	7	
282	TD	53	M	USINOR PONTONNIER	4	+	+	-	1/2P/1	
323		54	M	VERRIER (CRISTALLINE)						
325	TD	63	M	BUCHERON 10 ANS	3	+	+	-	30/40	
351	TD	40	M	CHAUFFEUR AUTOBUS	4	+	+	-	40	
460	TD	73	M	MILITAIRE EN RETRAITE	5	+	+	+	40	

TABEAU 3

EMPHYSEME et/ou BC		RADIOLOGIE STANDARD										
N° Cas	Service	Age (an)	Sexe	Profession	Distension	ECRS	Vaisseau P	Vaisseau C	Bulle	HVD	AP (RP)	AP (TDM)
83 005		61	M	Militaire	-	↗	↘	↗	-	+	11	15
134	TD	51	M	Fromager	+	↗	↘	↗	-	+	8,5	19
151	ACE	48	M	Routier	+	↗	↘	↗	+	-	NP	NP
159		53	M	Agriculteur	+	N	↘	↗	-	+	9,5	NP
256	TD	57	M	Acierie Fondrie	+	↗	↘	↗	-	+	12	NP
321	TD	54	M		+	↗	↘	↗	-	+	12	16
374	TD1	56	M	Mineur	+	↗		D/NG	+	-	10,5	15
444												
495	CHIRE	70	M	Metallurg.	+	↗	↘	↗	-	+	12	20
507	VH2			Chauff. rout.								
586		55	M	Conducteur	+	↗	↘	↗	+	-	10,5	17
84 004	CHIRE	70	M	Métallurg.								
014	VF1	73	F	NP								
104	TD	59	M	Retraité	+	N	↗	↗	-	-	10,5	20
111		54	M	Gérant	+	N	↘	N	+	-	10	NP
154	TD	24	F	Secrétaire	-	N	N	N	-	-	8,5	12
174		51	M	Manoeuvre	-		↘	GN/D	-	-	9	12
215	TD	39	M	CPN Laxou	+	↗	↘	↗	+	-	9	13
239	TD	29	M	Fromager	+	↗	↘	↗	+	-	10,5	6
282	TD	53	M	Pontonier Usinor	+	↗	↘	↗	-	-	9,5	12
323		54	M	Verrier	+	↗	↘	↗	-	-	9,5	NP
325	TD	63	M	Bucheron	+	↗	↘	↗		+	12	NP
351	TD	40	M	Chauffeur	+	↗	↘	↗	-	-	8,6	17
460	TD	73	M	Militaire	+				+	-	10,5	18

TABLEAU 4

EMPHYSEME et/ou BC	E F R													
	N° Cas	Service	Age	Sexe	Profession	CV	VR	CFT	VEMS	VEMS CV	DEM ₅₀ DEM ₂₅	Tco	PaCO ₂	PaO ₂
	83 005		61	H	Militaire	99	128	105	72	51			33,9	80
	134	TD	51	H	Fromager	115			87	52			32	69
	151	ACE	48	M	Routier	57	86	67	19	24			51	45,7
	159		53	M	Agriculteur	51			23	44	6 11		53	56
	256	TD	57	H	Acierie soigneur thermes	109	315	158	83	54		21	47	41
	321	TD	54	M		68			45	48		49	35	68
	374		56	H	Mineur	55	365	147	15	21	3 0	61	43	91
	444													
	495	CHIRE	70	M	Métallurg.	87	104	94	35	27			38	67
	507													
	586		55	M	Conducteur	65			40	44	1	55	37	67
	84 005		70	H	Métallurg.									
	014	VF1	73	F										
	104	TD	59	M	Fonct. retraité	98			39	41	10 15	68	48	63
	111		54	H	Gérant	45	368	154	33	58	11 20	53	63	46
	154	TD	24	F	Secrétaire	95	121	104	122	99			30,6	110,2
	174		51	H	Manoeuvre	101	100	100	100	70			39,6	53,1
	215	TD	39	H	CPN Laxou	124			89	73	36 18	62	32	60
	239	TD	29	M	Fromager	106	79	98	88	65		71	N	N
	282	TD	53	H	Pontonnier Usinor	85	5,8		27	40	6 7	49	37t	75t
	323		54	M	Verrier	59			39	62	12 17	40	N	65
	325	TD	63	M	Bucheron	65	144	91		38	5	51	38t	79t
	460	TD	73	M	Militaire	65	430	120	31	37	9 12	64	42	62
	351	TD	40	H	Chauffeur	63	538	136	28	36	9 13	28	48t	47t

TABLEAU 5

D.O.B.		CLINIQUE									
N° Cas	Service	Age	Sexe	Profession	Dyspnée	Toux	Expec.	Hemopt.	IVD	Ciga- rettes	
83 266	TD	37	M	ouvrier			-	-	NP	++	
346	TD	28	M	Etudiant	3	NP	NP	-	omi	NP	
347	TD	26	M	Gérant							
441	TD	56	F	Femme de ménage	+	+	+	0	+	NP	
542	TD	25	F	Agent CHU	3/4	+	NP	NP	NP	NP	
84 039		49	M	Chauffeur PL	5	NP	+	+	+	1p/j	
112	VF	14	F	Collégienne	+	+	Rare diff.	NP	NP	0	
203	Ext.	39	F								
222	TD	18	M	Non précisé	+	NP	NP	NP	+	0	
278	TD	70	F	Non précisé	4	NP	+	NP	-	0	
283	TD	41	F	Employé PTT	+	NP	+	+	-	NP	
404	TD	39	M	Cariste	4/5	Peu	+	NP	+	0	

TABLEAU 6

D.D.B	E F R												
N° Cas	Service	Age	Sexe	Profession	CV	YR	CPT	VEMS	VEMS CV	DEMSO DEMet	Tco	PaCO ₂	PaO ₂
83 266	TD	37	M	Ouvrier	84	89	85	73	65			36,8	60,3
346	TD	28	M	Etudiant	83			41	39			53	57
347	TD	26	M	Gérant	62			33				44t	60t
441	TD	56	F	Femme ménage	117			106	60			46,4	58,6
542	TD	25	F	Agent CHU	95	507	81	38	33			33,1	49
84 039		49	M	Chauffeur PL	72			48	68	15 12		42	35
112	VF	14	F	Collégienne	95	57	80	95	86			37,8	69,9
203	Ext.	39	F										
222	TD	18	M		21	↗		13	52	5 7		60t	50t
278	TD	70	F		76			44	50	9 8	47	59	33
283	TD	41	F	Employé bureau	75			50	64	14 7		34,3	76,6
404	TD	39	M	Cariste	37	483		18	42		59	61,1	42,2

TABLEAU 7

N° Cas	Service	Age	Sexe	Cig.	Profession	DYSPNEE	Toux non product.	Cyanose
82 328	Spillman	54	M	0/	Mécanicien SNCF (Oiseaux à la maison)	4	+	+
404	Spillman	56	M					
83 083	VH (ex)	71	M	0/ Immuno :	Retraité usine Trailor (Fabrique wagon) Eleveur oiseaux	+++	Expect ++	+
228	VH	57	M	NP	Mineur charbon. Soudeur arc : 20 ans Sidérurgie		+	
263		54	M	0	Cultivateur	+		
468	VH 2	30	M	10 cig./j 0,75	Employé bureau Sportif (Karaté)			
579								
84 066	Forbach	80	M		Mineur (30%)			
084	VH	61	M	NP 20 ans	Mineur fond : 3 ans Soigneur thermes (12 ans)		-	
086		58	M	0	Fondeur : 15 ans Cadmieux	2	+	
105	TD 1	53	F	0	sans	3	-	
127	TD 1	67	M	90 0 72	Gruyeriste : 35 ans Sableur	4	+	+
130								
137		44	M	0	1970 : Silicon 70% Ebardeur Mineur : 7 ans	4	+	+
187		59	M	40	Mineur charbon 17 ans	3	+	
264	VF	55	F		Non précisé	-	Discuté	
276	VF	54	F	20	Commerçante	3	-	
279	VF 2	64	F	0	Gouvernante	-	+	
339	VH 2	30	M	10 cig./j 0 75	Employé bureau	+	+	
432		20	M	NP	Sans (Arriéré mental)	2	+	
463	VF	70	F	20 cig./j	Retr. biscuiterie	+	+	+
498	Spillman	78	M		Turbinié			
517	VHR	70	M					
764	VH 1	20	M	6	Serveur	+	+	
818	VH 2	74	M		Non précisé			

N° Cas	Service	Age	Sexe	Cig.	Profession	Réti- cul.	Nodule	Réti- culo- nodul.	Kerles	Rayon- nel	Adn bil.
82 328	Spillman	54	M	0	Mécanicien SNCF Oiseaux à la maison			+			
404											
83 083	VH (RDC)	71	M	0	Retraité Usine Eleveur oiseaux			+		+	
228		54	M	NP	Mineurs charbon. Soudeur arc : 20 ans Sidérurgie		+		+		
263		54	M	0	Cultivateur				+		
468	VH 2	30	M	10cig/j 0 75	Employé bureau Sportif (Karaté)			+			
579											
84 066											
084	VH	61	M	NP	mineur fond : 5 ans Soigneur thermes (12 ans)		+				
086		58	M	0	Fondeur : 15 ans Cadmieu	Atteinte interst. 0					
105	TD	53	F	0	Sans	3	-				+
127	TD 1	67	M	90	Gruyeriste : 35 ans Sableur						
130											
137		44	M	0	1970 : Silicon 70% Ebardeur 7 ans mine	Atteinte interst. Opacité pseudo T					
184		59	M	40	Mineur charbon						
264	VF	55	F		NP			+			
276	VF	54	F	20	Commerçante						
279	VF 2	64	F	0	Gouvernante		+				
339	VH 2	30	M	10g/j 0 75	Employé bureau Sportif			+			
432		20	M	NP				+			+
463	VF	70	F		Retraité biscuit.			+			+
498											
517											
764	VH 1	20	M	6	Serveur	Atteinte interstit.					

TABLEAU 9

INTERSTITIUM					E F R							
N° Cas	Service	Age	Sexe	Profession	CV	VR	CPT	VEMS	$\frac{VEMS}{CV}$	Tco	PaCO ₂	PaO ₂
82 328	Spillman	80	M	Mécani. SNCF	33	107	61	37	74		35,7	46,1
404	Spillman	56	M									
83 083	V H	71	M		44	61	50	36	79		39	60
228												
263	Spillman	54	M	Cultivateur	70				30		39,7	71
468	VH 2	30	M	Employé bureau								
579	TD 2	48	F									
84 006	Forbach	80	M									
084	VH	61	M	Mine Kens Soigneur théér.	134	85	114	123	63		41	84,6
086		58	M	Fondeur	106			76	55,5	83	34,1	81,2
105	TD 1	53	F	Sans	125			107	93	60		31
127	TD 1	67	M	Gruyeriste Sableur								
130	VH 1		M	Mineur								
137	VH 1	44	M	Ebardeur	81			83	30		32	56
184	TD 3	59	M	Mineur (17 ans)								
264	VF	55	F	N P	99	91	96	109	78		31,7	68,5
276	VF	54	F	Commerçante	70	83	72	62	64		34	72
279	VF 2	64	F	Gouvernante	94	61	81	105	77		35,6	80
339	VH 2	54	M	Employé bureau	84	111	92	96	86		38	87
432	TD	20	M		62			68	96			
463	VF	70	F	Retr. Biscuit.	55	69	60	71	86		47,7	47,8
498	Spillman	78	M	Turbiniér	69	48	59	88	83		33,1	87,6
517	VH R	70	M									
764	VH 1	20	M	Serveur								
818	VH 2	74	M									

TABLEAU 10

11 - METHODES

11.1 - Historique du tomodensitomètre*

- XIXème siècle : Origine de l'informatique (BOOLE)
- 1917 : RADON montre qu'un objet multidimensionnel peut être reproduit à partir d'une quantité infime de ses projections
- 1930 : Découverte de la tomographie par rayons X (ZIEDEL DES PLANTES)
- 1938 : Technique de rétro projection optique
- 1940-45 : Machines à calculer (AITKEN → IBM)
- 1947 : Commercialisation du 1er ordinateur (BELL TELEPHONE)
- 1950 : Tube électronique
- 1956 : Application de la théorie de RADON à la radioastronomie (BRACEWELL**)
- 1961 : OLDENDORF mesure la densité radiologique par rayonnement gamma
A.M. CORMACK construit par ordinateur une image en coupe d'un volume donné en mesurant l'absorption du faisceau monochromatique colimaté
- 1967 : KUHL construit un scanographe pour l'imagerie isotopique
EDWARD travaille sur l'adaptation des méthodes de projection aux techniques informatiques
GODFROY NEWBOLD HOUNSFIELD invente le scanographe
- 1971 (4 oct.) : Premier examen TDM céphalique par J. AMBROSE sur l'I.M.I.* (Scanner Musical Instrument). Scanner dont la naissance est annoncée au 32ème Congrès annuel de l'Institut Anglais de Radiologie en Juin 1971
- 1979 : Prix NOBEL de Médecine fut décerné à CORMACK (Physicien) et à HOUNSFIELD (Ingénieur, électronicien et informaticien). Le 8 décembre, HOUNSFIELD prononça à Stockholm l'allocution d'usage sous le titre "Image médicale computerisée"

* Nous utilisons indifféremment les termes synonymes : scanner, scanneur, tomographie computerisée = CT.

11.2 - Techniques d'examen

Il n'y a pas de recette particulière. L'exploration thoracique doit être complète des apex aux bases. Les coupes sont faites en position d'équilibre de la respiration. A chaque coupe, l'analyse visuelle est faite à fenêtre serrée pour le médiastin et à fenêtres larges pour le parenchyme.

Le radiologiste doit être présent à tous les actes de l'examen pour déchiffrer le dossier du patient et préciser ce qu'il doit rechercher - adapter la technique d'examen à l'objectif - piloter chaque coupe au fur et à mesure des résultats obtenus.

En fait, l'opérateur n'a pas accès au soft et au logiciel de la machine, mais la compréhension des bases de l'informatique utilisée lui est non seulement utile, mais nécessaire pour "maximaliser" la définition et la fidélité de l'appareil utilisé.

11.2.1 - Épaisseur de coupe

L'image CT est une représentation bidimensionnelle d'un espace tridimensionnel. La troisième dimension représente l'épaisseur de coupe qui joue un rôle dans la qualité de l'image.

Le choix idéal devrait être celui qui assure la meilleure résolution spatiale, la meilleure résolution de contraste, l'absence de granularité, l'absence d'effet composite pour une région déterminée du corps. Mais comme toujours en technologie radiologique, il y a toujours un compromis entre non seulement les paramètres techniques suscités, mais aussi des paramètres organiques tels que la direction anatomique des organes dans l'espace et/ou leurs dimensions.

La détection d'une lésion par TDM dépend du gradient de densité qui existe entre cette lésion et le tissu environnant (Planche 1.1).

11.2.1.1 - Coupe épaisse

Parmi le groupe des affections diffuses du poumon, celles qui diminuent la densité pulmonaire se prêtent volontiers à la coupe épaisse (dans

cette étude 9 mm) avec une qualité d'image satisfaisante. En théorie, cette épaisseur est idéale pour visualiser les structures qui courent obliquement et/ou dans le plan de coupe (Planche I.2 et 3). Les vaisseaux et les bronches dont les axes sont obliques à la coupe seront inclus dans une plus longue distance dans une coupe épaisse que dans une coupe fine et seront donc reconnus comme tels. Le vaisseau normal, et à fortiori celui augmenté de calibre, présente un gradient de densité significatif avec le parenchyme voisin ; il sera donc visible.

Pour la bronche, le gradient de densité est tellement faible au-delà des bronches segmentaires qu'il n'autorise pas leur visualisation à l'état normal. En pathologie (DDB par exemple), le gradient de densité augmente et permet la visibilité des bronches anormales.

II.2.1.2 - Coupe fine (1 à 3 mm)

La coupe fine impose une collimation maximale du faisceau de rayons X. Cependant, cet étranglement ne se fait pas sans inconvénient. En effet, il y a une perte dans la précision du comptage photonique. La conséquence en est l'augmentation du bruit à moins d'augmenter l'exposition, autrement dit la dose reçue par le patient.

La planche I.2 et 3 montre bien quelle sera l'indication de la coupe fine. Comme il apparaît ; celle-ci permet de bien différencier les structures anatomiques et ce d'autant qu'il existerait un gradient de densité élevée : les atteintes interstitielles constituent donc un groupe privilégié.

II.2.2 - Espacement des coupes

En toute logique, cet espacement devrait être dicté par les besoins de l'analyse des anomalies observées sur la radiographie standard et de l'information recherchée (problème de dimensions, de fréquence, de densité...)

Dans cette étude qui concerne les atteintes diffuses, le premier point n'est pas retenable. Le deuxième point, et toujours pour la même raison, doit nous faire seulement quelques coupes (trois par exemple) à différents niveaux du thorax ; ceci d'autant que ayant à l'esprit l'adage "maximum d'efficacité pour un minimum de risque et de coût" ; pour conclure

PLANCHE I

1	4
2	5
3	

1.2.3.4. : d'après Naidich D.P. et coll. "Computed tomography of the thorax"
 5. : d'après Thurlbeck W.N. "Chronic obstructive lung disease"

1. Effet de volume partiel

80 % de voxel = tissu normal dont la densité est Ht
 20 % de voxel = tissu lésé dont la densité es Hl
 Si x est le pourcentage de voxel occupé par la lésion, alors
 la densité moyenne = $(100 - x)\% Ht + x\% Hl$
 $= Ht - x\% Ht + x\% Hl$
 $= (Hl - Ht) x\% + Ht$

2. Epaisseur de coupe

Les coupes épaisses permettent de voir les structures qui courent obliquement sur une plus longue distance et apparaissent tubulaires.
 Les coupes fines, au contraire, donnent un aspect arrondi des structures broncho-vasculaires.

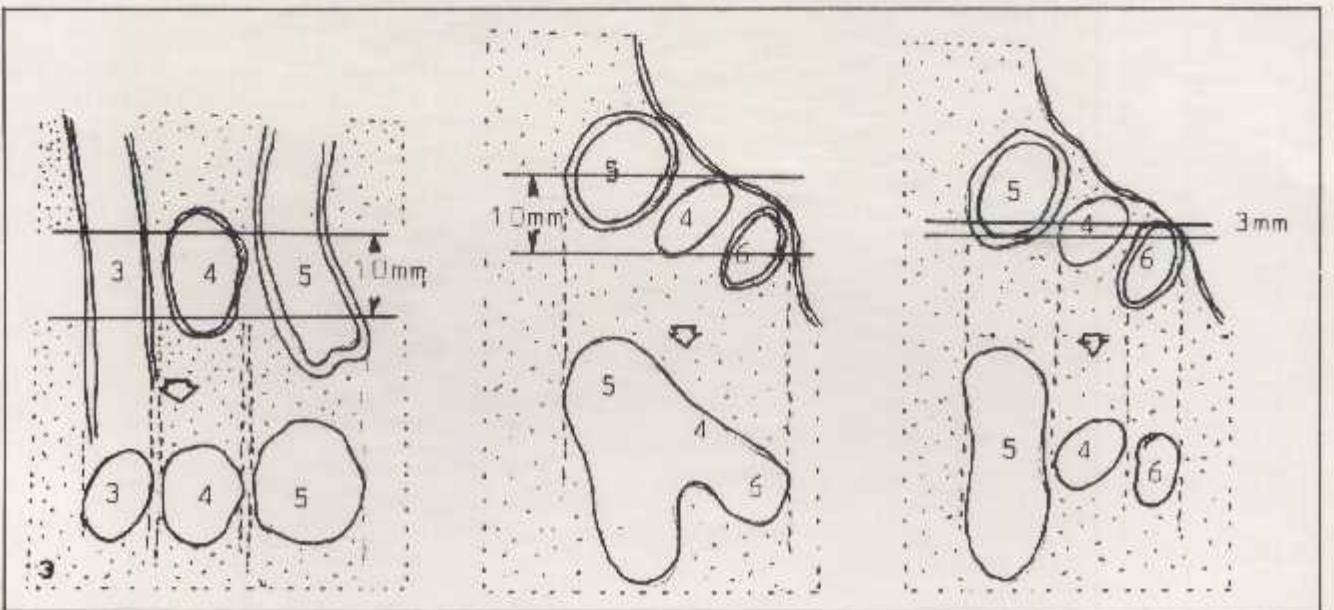
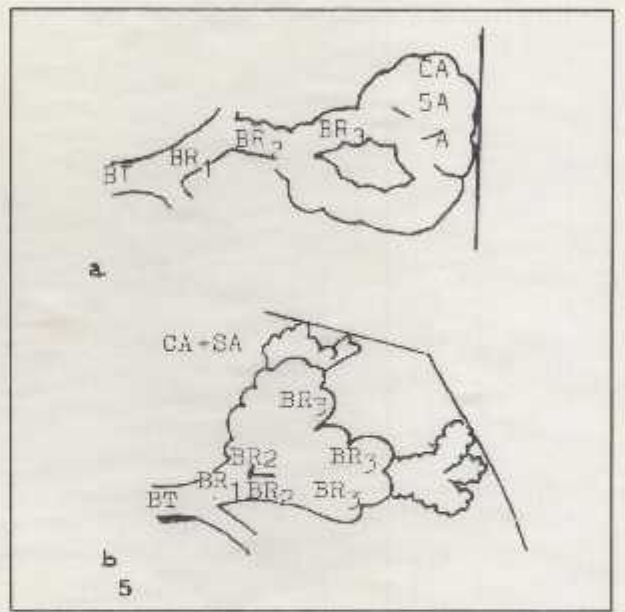
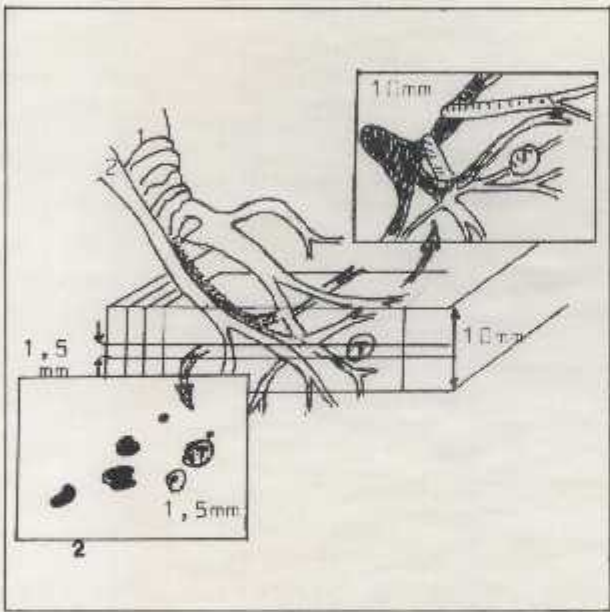
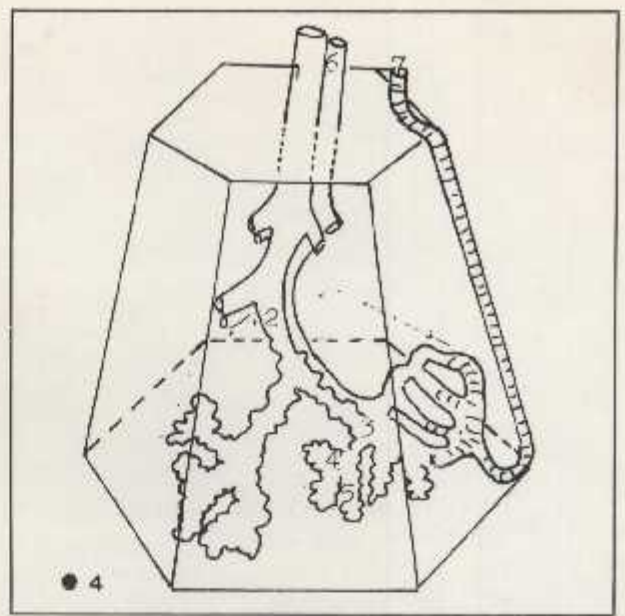
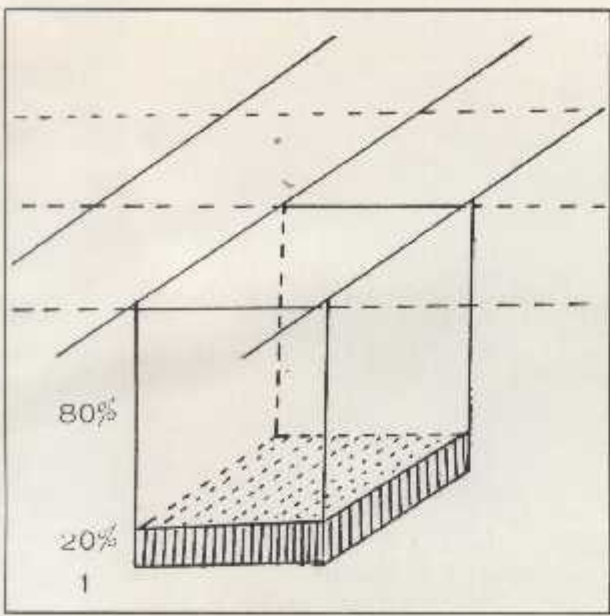
3. Idem 2. pour les structures médiastinales.

4. Lobule secondaire de Miller

- 1/ : bronchiole et artère centro-lobulaires qui cheminent dans le compartiment interstitielle intra-lobulaire.
- 2/ : bronchiole terminale (BT)
- 3/ : bronchiole respiratoire (BR)
- 4/ : canal alvéolaire (CA)
- 5/ : sac alvéolaire (SA)
- 6/ : alvéole (A)
- 7/ : compartiment interstitiel péri lobulaire renfermant veine et lymphatique.
- 8/ : zone d'échange alvéolo-capillaire

5. Schémas

- a/ Emphysème pan-lobulaire : l'acinus est plus ou moins atteint dans sa totalité.
- b/ Emphysème centro-lobulaire : la cavité aérique se trouve au centre de l'acinus.



statistiquement qu'il y a atteinte diffuse ou non.

D'ailleurs, même si la tentation de "saucissonner" tout le thorax pour ne rien "oublier" qui ne soit examiné, l'emporte, ceci ne sera pas réalisable en pratique. En effet, du fait du cycle respiratoire, la cinétique diaphragmatique n'est pas sinusoïdale et ne permet donc pas d'obtenir des coupes parfaitement jointives depuis l'apex jusqu'aux sinus costo-diaphragmatiques postérieurs.

Dans cette étude, l'intervalle a toujours été de 6 mm pour l'ensemble des examens.

II.2.3 - Temps de balayage

Un temps de balayage relativement court (4,8 sec. pour le programme choisi) est nécessaire pour l'exploration tomодensitométrique du thorax à cause des mouvements respiratoires et cardiaques. Mais plus celui-ci est court, plus la résolution spatiale diminue.

II.2.4 - Positionnement du patient

Des études densitométriques ont montré (nous même l'avons vérifié) qu'il existe des variations de densité des tissus pulmonaires selon la position dans l'espace. Mais cette notion n'a pas de conséquence fâcheuse sur cette étude parce que celle-ci concerne les maladies diffuses dont il faut mesurer la densité pulmonaire totale.

Tous les patients ont été examinés en position de décubitus dorsal, les bras au-dessus de la tête, sans voie veineuse. Le balayage se fait dans une phase indifférente d'équilibre du cycle respiratoire. Au tout début de l'étude, des tentatives d'examen en inspiration maximale et/ou expiration maximale ont montré leurs limites. En effet, les patients examinés sont pour la plupart de grands insuffisants respiratoires (ce qui motive souvent l'absence d'utilisation de produit de contraste). Il est difficile d'exiger l'apnée stricte (sans tremblement) pendant quelques minutes. Un compromis fut celui qui permet le plus de confort (moins de fatigue) au

malade, c'est-à-dire la position d'équilibre. Il suffit simplement d'ordonner "arrêt respiratoire" pendant le balayage ; "respirer" à la fin du balayage.

II.3 - Traitement des informations

Il se fait à deux niveaux.

II.3.1 - Analyse visuelle

Il n'existe pas de fenêtre unique pour étudier le thorax en tomodensitométrie. Le large spectre de densité tissulaire observée (de - 1000 H à + 1000 H) commande au moins 2 à 3 fenêtres différentes pour étudier séparément le parenchyme pulmonaire, le médiastin et la paroi thoracique. D'emblée, il faut dire que l'utilisation de la "double fenêtre" n'est pas pratique au niveau thoracique car elle masque l'aspect anatomique des interfaces de la paroi en particulier.

Après une vision d'ensemble à fenêtre large qui permet de voir à la fois le parenchyme pulmonaire, la paroi et le médiastin, un deuxième temps graphique est étudié avec une fenêtre (# 800UH) pour le parenchyme et 400 H pour la paroi et le médiastin.

L'étude du médiastin est utile à étudier dans ces affections pour rechercher une localisation médiastinale de la maladie (par exemple adénopathies du BBS) ou encore pour apprécier leur retentissement hémodynamique (mesure du calibre de l'artère pulmonaire droite). D'ailleurs ces mensurations peuvent être faites pour le ventricule droit, l'artère pulmonaire elle-même ou encore les veines pulmonaires inférieures à leur abouchement dans l'oreillette gauche, ce que nous n'avons pas fait.

II.3.2 - Analyse numérique

L'idée de quantifier la densité pulmonaire par CT commence aux U.S.A. Deux méthodes sont décrites ; celle de la densité pulmonaire moyenne sectorielle (M.L.D._s) et celle de la densité pulmonaire moyenne du poumon total (68) (M.L.D._w) (Planche II.1 et 4).

La méthode employée ici est celle du champ pulmonaire total par intégration du champ pulmonaire partiel de chaque coupe. Elle diffère de la description princeps par le fait qu'elle englobe l'ensemble des coupes des poumons et non pas seulement trois coupes à des étages différents.

Après avoir ouvert au maximum la fenêtre ($NW = 3.200$) pour récupérer le maximum d'information, le champ pulmonaire de chaque coupe est tracé manuellement à l'aide du stylo électronique, tout en évitant d'inclure dans la surface ainsi définie, des morceaux de côte et/ou les gros troncs vasculaires proximaux hilaires et/ou les structures médiastinales.

Pour chaque coupe ainsi délimitée, le computer donne la densité moyenne, la déviation standard, la surface pulmonaire de la coupe, son volume, ainsi qu'un histogramme de densité.

A l'aide d'un logiciel approprié, il est possible d'obtenir la surface relative de chaque colonne de l'histogramme (exprimée en %) dont la densité est comprise entre - 1000 et + 1000.

Toutes les surfaces relatives et les densités correspondantes sont relevées pour chaque coupe. La même opération est refaite pour l'ensemble des coupes, séparément pour le poumon droit et le poumon gauche.

Certains appareillages intègrent automatiquement l'ensemble des histogrammes de chaque poumon ; malheureusement notre appareillage (TOMOSCAN 310 PHILIPS) ne possède pas cet avantage, ce qui nous a obligé à subir les aléas d'une interface en faisant les intégrations sur un autre computer.

Les valeurs sont ainsi distribuées par rangée de 25 H (Planche II.5). Le résultat final étant une courbe qui représente en abscisse des divisions de 25 H et en ordonnées le nombre de pixels correspondant à chaque intervalle de 25 H (Planche XI.6). A l'évidence, le nombre de pixels peut être corrélé à la surface de la courbe, ou à son volume. Nous obtenons ainsi la possibilité de distribuer tout ou partie du volume d'un poumon en colonnes de 25 H.

II.3.3 - Effet de volume partiel (Planche I.1)

La détection d'une lésion par la tomодensitométrie dépend du gradient de densité entre cette lésion et le tissu environnant normal. Plus la différence de densité est grande, moins il faut de tissu pathologique dans la coupe pour créer un gradient sensible du nombre Housfield entre la lésion et le tissu normal.

Ainsi, la reconnaissance densitométrique des éléments de haute densité est facile. Mais du fait de cet effet de volume partiel, cet élément sera quelque peu "noyé" dans une coupe épaisse du fait de la "pollution", alors qu'une coupe fine millimétrique en réduisant considérablement celle-ci, affine sa reconnaissance.

IMAGES

I - PRINCIPE D'OBTENTION DE L'IMAGE CT

Elle se base sur le calcul de la valeur d'atténuation du faisceau de rayons X par des détecteurs qui en donnent une forme analogique. L'ordinateur le convertit par fonction logarithmique en données digitales. Celles-ci sont le substratum de l'image. Sa représentation est matricielle, c'est-à-dire qu'à chaque point de la coupe scanographique de l'objet correspond un élément (pixel) de la matrice. Celui-là est caractérisé par un coefficient d'absorption linéaire. Cette étape numérique peut être recueillie sur une imprimante à papier où chaque nombre indiqué correspond à une valeur CT d'un pixel. Ce procédé est délaissé au profit de l'image en échelle de gris sur un tube cathodique permettant l'expression de 8 paliers de luminance du noir au blanc qui sont décomposés en 16 nuances sur l'écran.

La qualité de l'image dépend des compromis possibles suivants :

- . bruit de fond
- . temps de balayage
- . résolution de contraste
- . résolution spatiale
- . uniformité
- . linéarité
- . artéfact éventuel
- . effet composite

et des caractéristiques de la matrice.

L'image la plus précise est obtenue en :

- . augmentant le nombre de points matriciels
- . diminuant les dimensions des éléments
- . augmentant le nombre de mesures à l'intérieur de la matrice.

L'image en échelle de gris est traitée à volonté par le radiologiste par le jeu de fenêtre et de niveau.

II - IMAGE DU POUMON NORMAL

Le haut contraste naturel créé par l'air intra pulmonaire joue un rôle favorable dans l'évaluation du parenchyme pulmonaire par la tomodynamométrie. Le premier pas dans l'approche diagnostique des affections pulmonaires diffuses est la reconnaissance du type de l'atteinte. A cet égard, la TDM se crée un rôle de première importance dans la détection et la reconnaissance des anomalies pulmonaires parce qu'elle offre des images libres de superposition (au moins sur les coupes fines) mais aussi des coupes transversales du thorax.

II.1 - Images CT du parenchyme pulmonaire normal

(Planche II.3.5.6)

L'aspect du poumon normal en CT est décrit par KREEL en 1979 (). Le parenchyme pulmonaire se présente comme "a grey background" avec un aspect finement réticulaire de lignes enchevêtrées (Fig. 4).

L'aspect des structures vasculaires dépend de leur orientation par rapport à la coupe. Dans le plan des hiles, elles forment des traînées linéaires continues qui peuvent être suivies plus ou moins vers la périphérie. Chez un sujet sain, il est possible de reconnaître des branches de sixième ou septième ordre. Aux sommets et aux bases, les vaisseaux qui courent perpendiculairement au plan de coupe apparaissent "nodulaires". Ils sont régulièrement espacés de 9 mm, ce qui correspond aux dimensions d'un acinus. Ce dernier est suspendu par une branchiole terminale et l'artère satellite. C'est donc cette dernière qui apparaît sous l'aspect d'un "nodule".

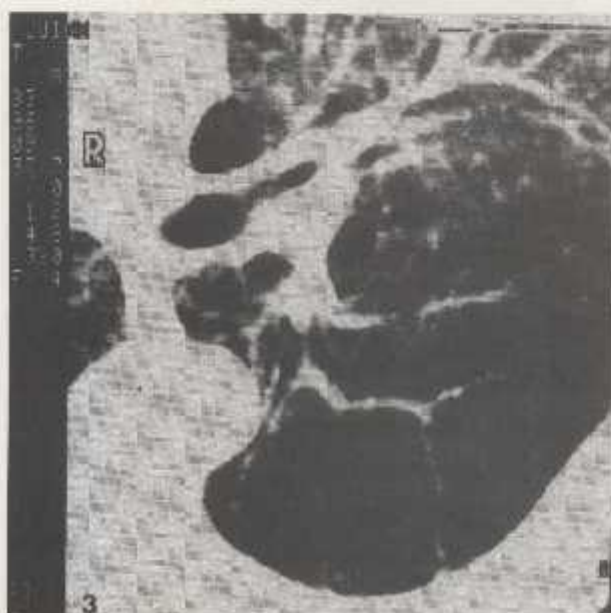
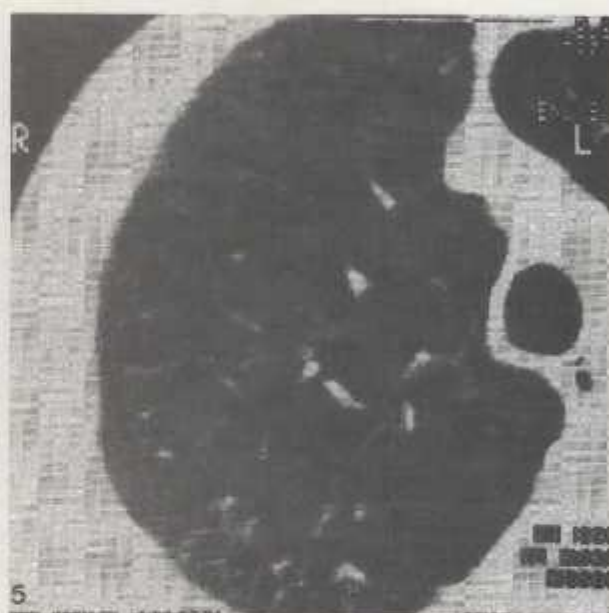
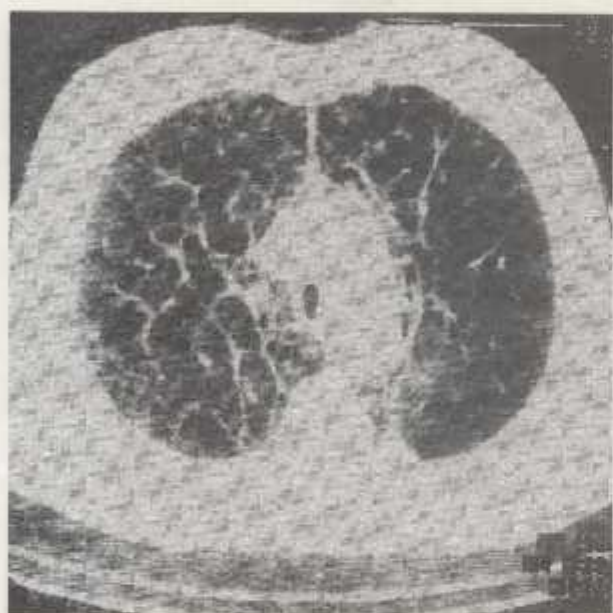
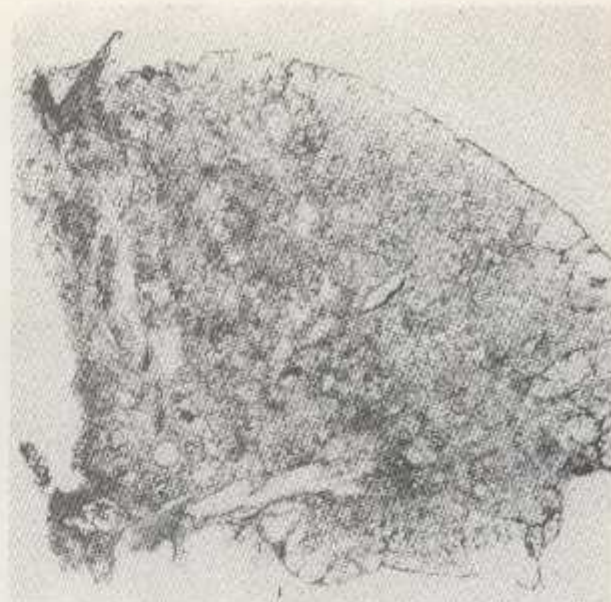
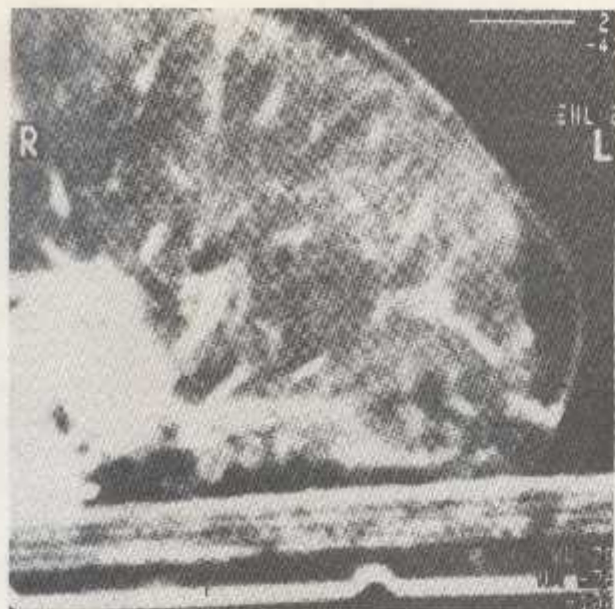
Ainsi il n'est pas exagéré de dire qu'avec cette nouvelle méthode d'imagerie, le radiologiste se rapproche de plus en plus de la vision macroscopique de l'anatomopathologiste. Cette approche est utile pour typer les aspects pathologiques observés.

II.2 - Corrélation entre les images CT et les coupes GOUGH

La définition de l'emphysème comme donnée par le CIBA GUEST SYMPOSIUM est accepté universellement. Elle donne la

1	4
2	5
3	6

1. Méthode de densité moyenne sectorielle (Planche II.1)
Des zones d'intérêt sont choisies et délimitées par le stylo électronique. Leur surface (et/ou leur volume) est choisie arbitrairement.
2. Méthode de densité moyenne selon une section linéaire. (Planche II.2)
A la ligne tracée entre deux points du champ pulmonaire par le stylo électronique correspond un histogramme de densité. Chaque point de la ligne correspond à un niveau de cet histogramme. Il est par conséquent aisé de repérer un élément hyperdense ou à l'inverse hypodense. Dans ce dernier cas, le niveau sur l'histogramme s'identifie à l'abscisse.
3. Aspect du poumon normal en tomographie computerisée (CT) (Planche II.3)
Coupe passant par la bronche lobaire supérieure droite ↑. Les bronches segmentaires antérieures et postérieures sont bien visibles ▲ ainsi que les plans scissuraux (zone avasculaire). Lorsque la scissure est tangente au plan de coupe, elle apparaît comme un fin liséré dense.
4. Méthode de densité moyenne totale (Planche II.4)
La zone d'intérêt est représentée par l'ensemble de la coupe que l'on souligne manuellement. Il existe des logiciels qui permettent de faire ce tracé automatiquement. Pour l'étude du parenchyme pulmonaire, les gros vaisseaux hilaires sont volontairement écartés de la zone utile ainsi que les structures médiastinales. Certains programmes permettent de visualiser le parenchyme sans les vaisseaux ou réciproquement.
5. Aspect du poumon normal en CT (Planche II.5)
Coupe passant par l'aorte horizontale.
On y reconnaît la bronche segmentaire apicale droite ↑ ; à proximité, l'artère satellite. ↑
6. Aspect du poumon normal en CT (Planche II.6)
Coupe passant par les bases pulmonaires.
Quelques bronches segmentaires de la pyramide basale sont visibles : bronches segmentaires postéro-basales droite et gauche ↑ et bronche segmentaire antéro-basale gauche. ↑
▲ Artère satellite.
■ Scissure.



responsabilité du diagnostic à l'Anatomo-pathologiste. Le Radiologiste seul peut évoquer la maladie du vivant du malade, encore faut-il que ce qu'il décrit corresponde à une réalité anatomique, ce qui n'était pas toujours le cas en radiologie conventionnelle.

CODDINGTON (1982) s'intéresse à ce problème et étudie la validité de l'interprétation des images scanographiques des poumons pathologiques et notamment le poumon emphysémateux. Pour ce faire, il compare les images CT du poumon normal et pathologique pendant la vie à celles obtenues après nécropsie sur pièces anatomiques et coupes de GOUGH. Il en conclut que les surfaces pulmonaires interprétées comme emphysémateuses sur les images de scanner, le sont aussi sur les coupes de GOUGH.

Dans l'étude présente, le problème ne se pose pas en terme de sensibilité de cette nouvelle méthode d'imagerie. Néanmoins, à propos d'un cas où la comparaison fut possible entre les images CT des poumons pendant la vie à celles fixées sur les coupes de GOUGH après nécropsie ; la similitude des résultats ainsi que la correspondance topographique sont confirmées (Planche III.1.4).

III - IMAGES CT DU PARENCHYME PULMONAIRE DANS LES B.P.O.C.

Les broncho-pneumopathies obstructives chroniques constituent un groupe pathologique caractérisé par une même anomalie fonctionnelle : l'augmentation de la résistance au débit aérique bronchique.

L'emphysème pulmonaire,

la bronchite chronique,

la dilatation des bronches,

l'atteinte des petites voies aériennes, la maladie des cils vibratiles

l'asthme

en représentent l'essentiel

III.1 - Emphysème

Le CIBA GUEST SYMOSIUM en donne la terminologie, les définitions et les classifications, de l'emphysème pulmonaire, qui sont toujours d'actualité (Planche I.4.5).

Les méthodes d'imagerie conventionnelle permettaient au radiologue d'être le seul à pouvoir affirmer le diagnostic d'emphysème du vivant du malade sans utiliser de moyens invasifs. Les techniques modernes, telles la tomodensitométrie, affinent encore plus cette capacité du radiologue en lui permettant de voir plus et plus précocement, c'est-à-dire de voir là où la radiographie conventionnelle n'en a pas révélé l'existence.

III.1.1 - Aspects parenchymateux

L'analyse des modifications du parenchyme de la paroi thoracique et du médiastin permet de retrouver d'une part les grands aspects classiques anatomo-pathologiques de l'emphysème et, d'autre part, les deux grands aspects cliniques caricaturaux : le sujet amaigri à grand thorax, le "pink puffer", présentant une légère prévalence de l'emphysème pan lobulaire, et le sujet obèse cyanotique souvent bronchiteux chronique et/ou hypertendu artériel pulmonaire. Le "blue bloater" présentant (s'il est emphysémateux) une légère prévalence de l'emphysème centro lobulaire. Le shunt droit gauche est habituel.

III.1.1.1 - Emphysème pan lobulaire (Planche III.2.3.5.6)

L'examen anatomo-pathologique montre que la lésion initiale débute au niveau du canal alvéolaire et des sacs alvéolaires dans l'ensemble de l'acinus. A l'examen CT, ce type présente les anomalies suivantes :

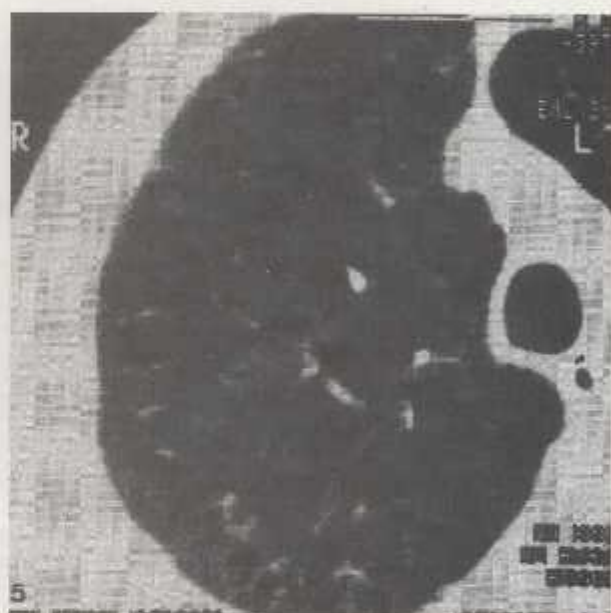
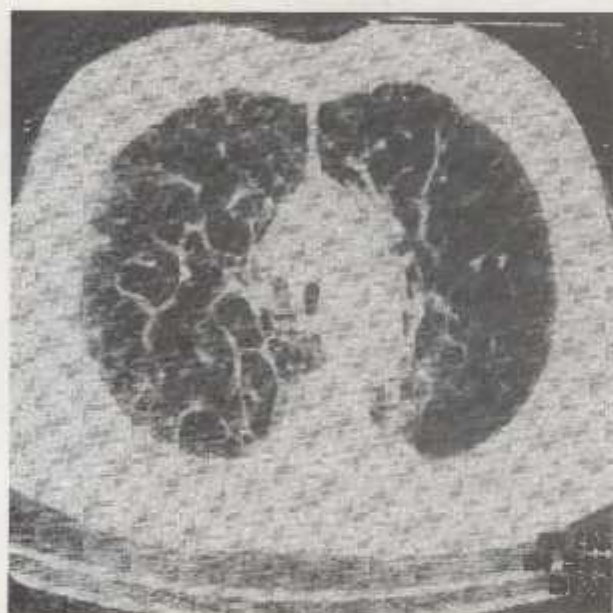
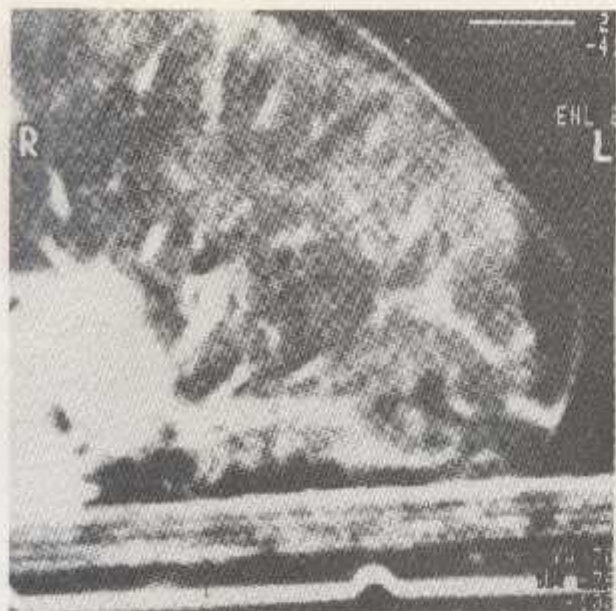
Des surfaces de faible atténuation (hypodenses), à limites mal définies, avasculaires et/ou hypovasculaires, localisées le plus souvent à la périphérie pulmonaire, détectées visuellement. Leur superficie est variable. Il en est de même de leur répartition dans une même coupe ou dans des coupes différentes. Elles peuvent être uni- ou bilatérales.

Des altérations de la configuration de l'architecture vasculaire pulmonaire. La vascularisation apparaît de type simplifiée avec une réduction du nombre de leur division. Les vaisseaux paraissent "s'évanouir" à la limite et/ou au sein des plages hypodenses réalisant un aspect en "tourbillon de neige".

PLANCHE III

1	4
2	5
3	6

1. Coupe d'une pièce anatomique en CT (Planche III.1)
Le poumon est retiré du thorax après nécropsie ; ligatures du pédicule artériel hilare ; intubation et insufflation à pression modérée. Le poumon est alors "coupé" en CT : l'image révèle des lésions d'emphysème.*
2. Emile C. (n° de scanner 84127) - 67 ans - Fromager / sableur
Insuffisant respiratoire.
Emphysème pan-lobulaire bilatéral.
Altération parenchymateuse : l'architecture pulmonaire est complètement remaniée ; zones hypodenses plus ou moins larges disséminées dans les deux champs pulmonaires.
Noter l'aspect de la trachée en lame de sabre.↑
3. Luigi B. (n° de scanner 83444) - 70 ans - Militaire en retraite.
Grand insuffisant respiratoire.
Au sein de la plage hypodense persistent des travées qui atteignent perpendiculairement la plèvre viscérale : septa ?
veine ?
4. Coupe de Gough (idem 1.)
Les surfaces emphysémateuses* sont retrouvées sur la coupe de Gough et ont la même distribution topographique et volumétrique.
5. Idem 3.
Autre aspect d'emphysème pan-lobulaire.
6. Idem 3.
Emphysème pan-lobulaire.
Altérations vasculaires : pauvreté, gracilité↑, distorsion↑↑, interruption et/ou sténose↑



Les vaisseaux n'arrivent plus à proximité de la périphérie dans les zones atteintes. Ils sont rares ou absents.

Dans ce type, il n'y a pas d'effet shunt. Les vaisseaux proximaux apparaissent normaux. Il en est de même du calibre des artères pulmonaires droite et gauche.

Ces altérations sont d'autant mieux visibles que les structures vasculaires courent dans l'épaisseur de la coupe, ce qui correspond grossièrement aux coupes qui passent par les plans hilaires.

III.1.1.2 - Emphysème centro lobulaire (Planche IV.2)

La portion centrale du lobule est lésée et il existe des altérations des bronchioles respiratoires.

Au centre de chaque lobule existe une cavité aérique, souvent parcourue ou bordée par des branches dénudées des artérioles pulmonaires intra lobulaires. A la périphérie de cette cavité aérique, des alvéoles plus ou moins intactes subsistent. L'évolution se fait par extension à l'ensemble du poumon et à l'ensemble du lobule.

L'image scanographique peut permettre de reconnaître cet aspect dans les cas typiques. Les anomalies observées consistent en :

Des surfaces hypodenses entourant l'artère pulmonaire centro lobulaire, à limite peu nette, de superficie nettement inférieure au cas précédent, n'atteignent pas la périphérie du lobule. Cette clarté présente une configuration grossièrement polyhédrique, ce qui permet de le différencier de structures bronchiques visibles de façon pathologique, lesquelles présentent une paroi bien définie, dense et sont bien arrondies. Entre les lésions du parenchyme sain existent

Des altérations de la configuration vasculaire.

L'état vasculaire n'est pas pauvre. Les vaisseaux existent. L'oeil peut en reconnaître des divisions du sixième ordre comme pour le poumon

normal, mais c'est leur orientation qui peut varier à un stade avancé, réalisant un aspect d'encorbellement et de distorsion des vaisseaux autour des surfaces hypodenses. Ceci témoigne de la distension aérique. Les vaisseaux proximaux ne sont pas diminués et l'artère pulmonaire droite présente un calibre normal ou augmenté (lors des HTAP).

III.1.1.3 - La Bulle (Planche III)

Il s'agit d'une cavité aérique sous pression dont le diamètre est au moins égal à 1 cm (CIBA QUEST SYMPOSIUM). Sa reconnaissance à l'examen CT est évidente (Planche IV.5). C'est une zone acrique, avasculaire, finement cerclée, de taille variable, refoulant les structures de voisinage lorsqu'elle est volumineuse (Planche IV.3) de topographie variable, mais le plus souvent sous pleurale.

Parfois ces bulles sont sous tendues par de fines réticulations (Planche IV.6) dessinant un aspect en "toile d'araignée". Il semble que ces réticulations traduisent des lésions fibreuses séquellaires. Ailleurs, c'est une structure vasculaire qui enjambe cette cavité aérique depuis la paroi jusqu'au hile. Il est fort vraisemblable qu'il s'agisse d'une veine pulmonaire d'autant plus qu'il est possible parfois d'observer les afférences et que son calibre augmente de la périphérie vers le centre.

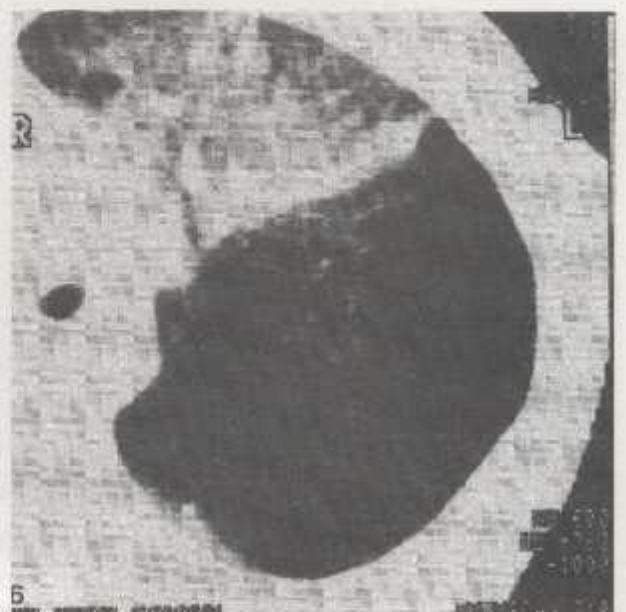
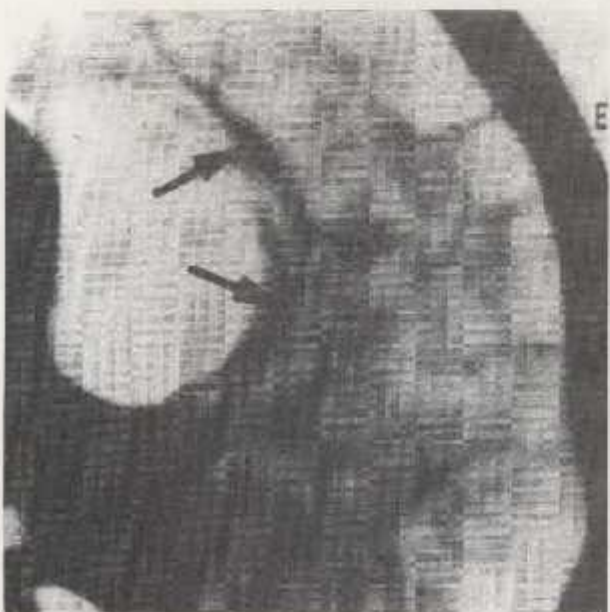
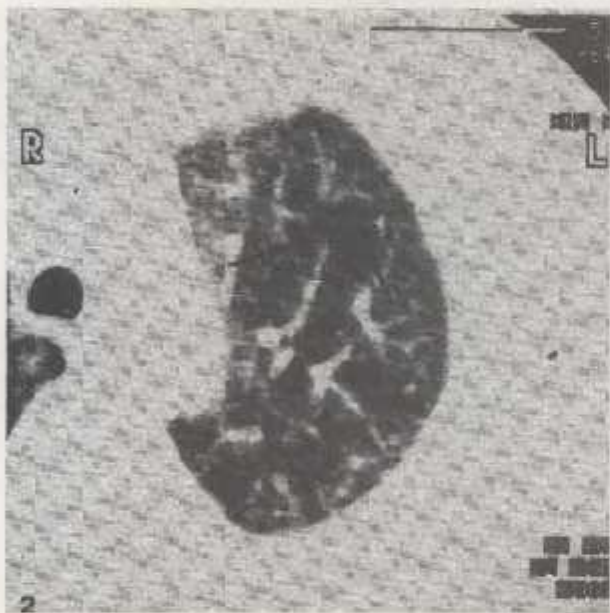
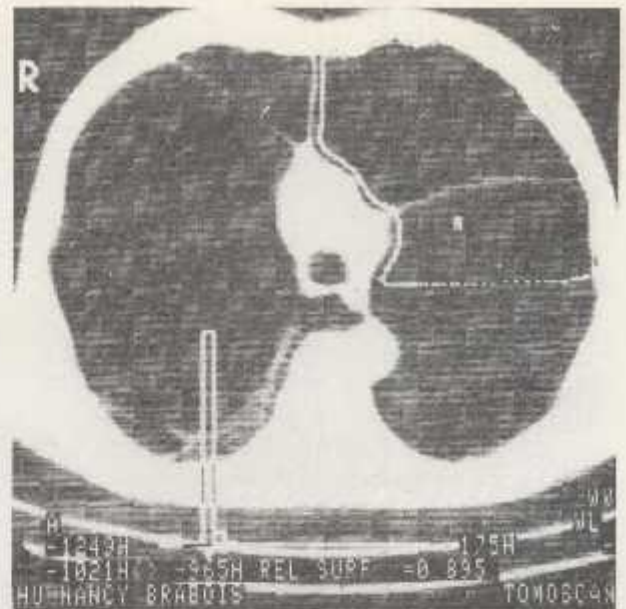
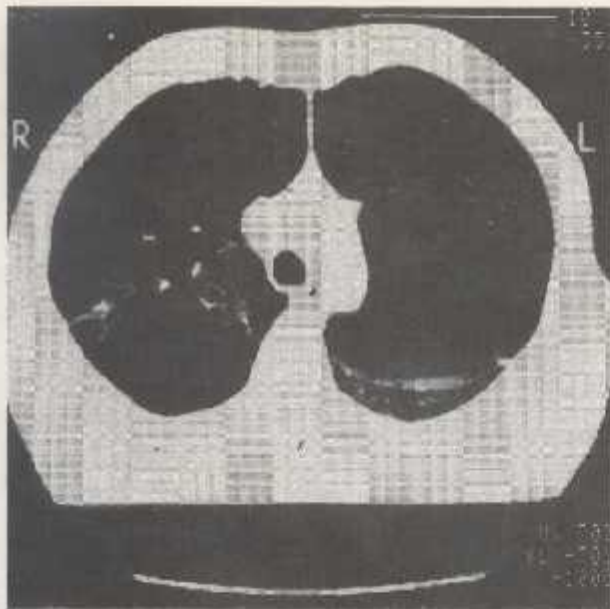
L'aspect du poumon avoisinant est bien étudié par la TDM. Dans les bulles volumineuses, il est possible de voir, mieux que ne le montre la radiographie conventionnelle, le tassement du parenchyme sain, ce qui permet de bien délimiter la bulle en dedans. Par contre, sa limite périphérique n'est pas toujours évidente d'autant qu'il est pratiquement impossible de discerner la plèvre de la paroi de la bulle. Se pose ici le problème de la reconnaissance de la bulle d'un pneumothorax surtout si ce dernier est récidivant. La TDM ne permet donc pas de trancher dans tous les cas.

Mais la clinique et l'état du reste du parenchyme ne laisse en général aucun doute. Ce diagnostic différentiel est capital : le drainage d'une bulle étant à l'évidence inopérant et pouvant être catastrophique.

PLANCHE IV

1	4
2	5
3	6

1. Imale G. V. (n° scanner 84215) - 39 ans
Insuffisance respiratoire.
Emphysème sévère : aspect en mailles de filet.
2. Oscar B. (n° scanner 84155) - 62 ans
Insuffisance respiratoire à l'effort.
Emphysème centro-lobulaire.
Altérations parenchymateuses : zones hypo-denses plus petites laissant entre elles des espaces à peu près sains.
Altérations vasculaires : dans ce type d'emphysème, l'artère centro-lobulaire est intacte et entourée par la lésion emphysemateuse ↑.
3. Emphysème bulleux : aspect d'encorbellement des structures vasculaires. ↓
Noter le siège sous-pleural (ici médiastinal).
4. Jacques I. (n° scanner 83151) - 48 ans
Grand insuffisant respiratoire.
Emphysème sévère : il n'existe plus de parenchyme pulmonaire sur plusieurs coupes (depuis l'apex jusqu'au plan hilair) ; seules persistent les scissures ▲.
Noter l'étroitesse du médiastin.
5. Joseph C. (n° scanner 85918) - 70 ans
Insuffisant respiratoire.
La bulle : c'est une cavité aérique d'au moins un centimètre de diamètre, finement cerclée, sous pression et expansive.
Cette bulle est de type central *
6. Denise L. (n° scanner 84239) - 30 ans
Insuffisance respiratoire sévère.
Emphysème bulleux : la bulle est souvent traversée par des lignes denses qui rejoignent perpendiculairement la plèvre viscérale ▲ (septa ? veine ?).



L'aspect des bulles compliquées est également apprécié par l'examen TDM.

- Pneumothorax

En fait, la TDM n'est pas utile au diagnostic de pneumothorax. La radiologie conventionnelle suffit le plus souvent. Mais après le retour à la paroi, à l'étape du bilan et de la prise de décision, la TDM devient indispensable.

- Bulle chirurgicale

Dans le bilan des bulles chirurgicales, la TDM est présente avant et après l'intervention à deux niveaux, visuel et numérique (Cf. Observation N° 2). En pré opératoire, la TDM permet de voir le nombre, les dimensions, voire l'origine des bulles. Elle permet aussi d'apprécier l'état du parenchyme sous-jacent aussi bien visuellement que numériquement, voire de poser ou recuser l'intervention.

En post opératoire, la TDM apprécie le résultat de l'intervention en montrant la "réexpansion" du parenchyme pulmonaire rétracté ainsi que l'existence ou non de bulle résiduelle et/ou de pneumothorax.

- La bulle "malade"

Ce cas est très rare. Quand il se présente, la TDM permet de voir très facilement le niveau hydro-aérique, ce qui peut soulever un problème de diagnostic différentiel. En fait, la clinique et la paroi capillaire permettent généralement de trancher.

III.1.1.4 - Autres variétés d'emphysèmes

III.1.1.4.1 - Emphysème para septal

Très fréquent, le plus souvent pleural, il est souvent associé avec une bulle isolée intra pulmonaire et se rencontre souvent chez le sujet jeune présentant des pneumothorax spontanés à répétition. Dans de très rares cas, cet emphysème réalise de multiples bulles disséminées à travers le poumon de topographie para septal avec du parenchyme normal entre les lésions. Celles-ci se présentent comme des zones hypodenses, avasculaires, finement cejlées, arrondies ou ovalaires, "sésile" à la plèvre, de dimension variable mais le plus souvent de petite taille pouvant

être isolée (Planche V.1) ou au contraire multiples réalisant un aspect en couronne de kyste clair (Planche V.4). Ce dernier aspect simule, à s'y méprendre, des bronchectasies kystiques. Le doute sera levé par l'absence d'autres images d'atteinte bronchectosante dans les autres territoires pulmonaires et surtout par la non visualisation de l'artère satellite à la bronche appendue à la cavité aérique. Ici il n'existe pas de distorsion vasculaire ou de redistribution régionale du flux sanguin. Les vaisseaux sont suivis jusqu'en périphérie et les gros troncs proximaux ne sont pas augmentés de calibres.

Ce type d'emphysème échappe souvent à la radiographie conventionnelle d'autant plus que les bulles sont de petite dimension et que le sujet est obèse ou présente une pathologie pleurale associée. La tomodensitométrie trouve là un avantage certain en permettant la visualisation précoce de discrètes bulles d'emphysème sous pleurales.

III.1142 - Emphysème para cicatriciel (Planche V.2)

Il n'a rien à voir avec l'emphysème diffus. Il siège en périphérie des lésions séquentielles du parenchyme pulmonaire ; en général apical et post tuberculeux, sa visibilité est évidente car il contraste avec l'hyperdensité de la cicatrice. C'est une zone aérique, avasculaire, d'aspect irrégulier faisant corps avec la lésion cicatricielle et a priori stable dans le temps.

III.1.2 - Les aspects de la paroi thoracique, du médiastin et du diaphragme

III.1.2.1 - Paroi

Les performances de l'examen scanographique pour la paroi et le médiastin sont connues (8-23-99). Dans le cas précis qui nous intéresse, la TDM montre parfaitement bien ce que déjà LAENNEC décrivait : "les poumons font saillie en dehors du thorax". En effet, il est fréquent de voir les poumons se mouler dans l'espace intercostal comme s'il voulait faire saillie (Planche V.5). Cet aspect est la traduction de l'hyperinflation due à l'emphysème.

La paroi thoracique est analysable grâce à l'utilisation de plusieurs fenêtres. On observe la réduction de l'épaisseur de la paroi et l'absence de la graisse extra-pleurale chez l'emphysémateux type Simon. Les feuillets pleuraux ne sont plus discernables même dans les régions où leur visibilité est optimale.

Un autre intérêt de la TDM est de permettre les mensurations des diamètres antéro-postérieurs et transversaux de ces thorax à différents étages de la cage thoracique. Il en découle un intérêt considérable pour l'étude longitudinale ce qui permet de donner une appréciation objective de la gravité de l'obstruction.

III.1.2.2 - Médiastin

Il est mieux étudié en TDM qu'en radiologie classique. Chez le "Pink Puffer", il est rétréci, ce qui témoigne à la fois du degré d'hyperinflation que de l'absence de tissu cellulo-graisseux (Planche V.3). Les organes anatomiques semblent "confluer". Il n'existe plus d'espace "libre" entre eux.

La TDM montre les organes anatomiques du médiastin ainsi que leur rapport de façon comparable aux coupes anatomiques. Les mesures de grande précision qu'offre le scanner permettent d'étudier le retentissement hémodynamique de l'emphysème aussi bien sur les artères pulmonaires que sur les cavités droites, voire gauches.

III.1.2.3 - Diaphragme

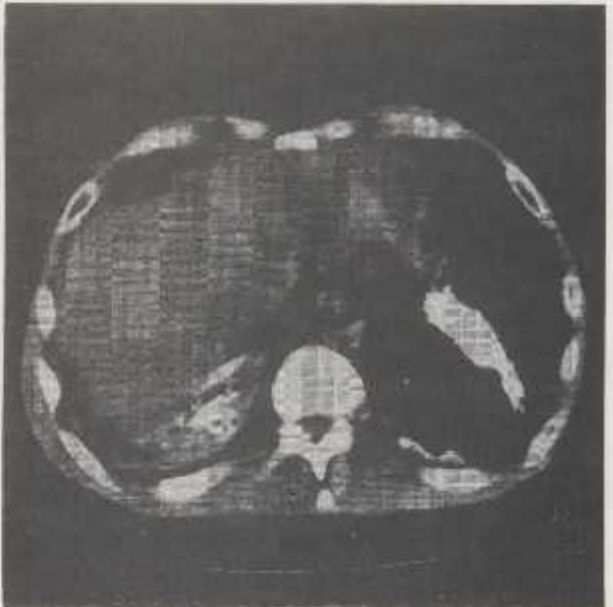
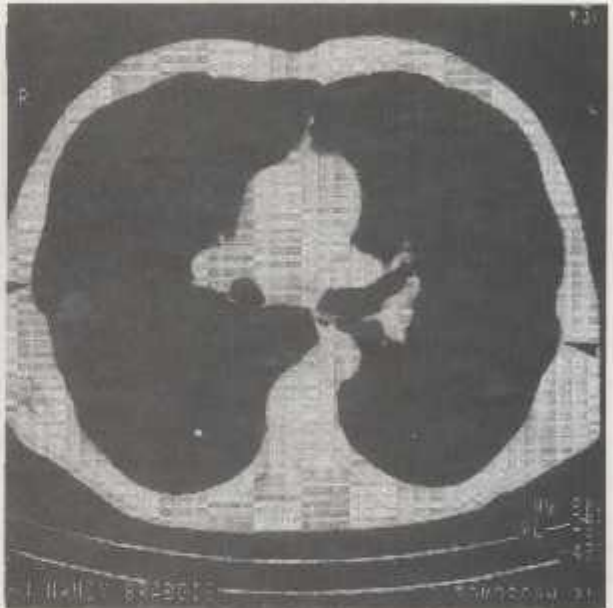
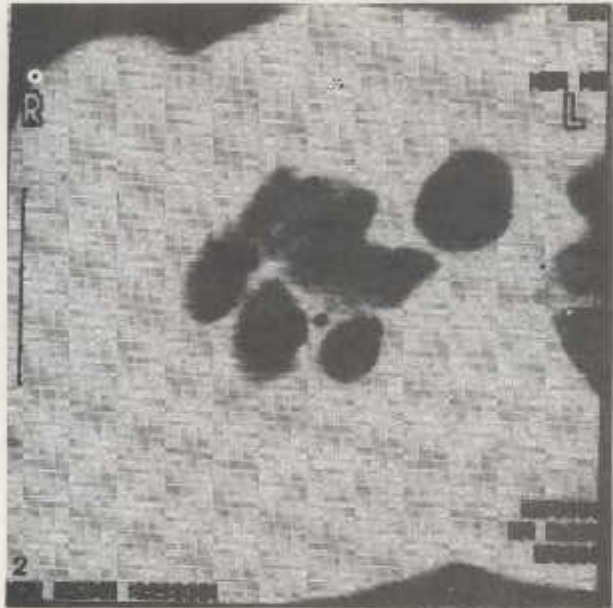
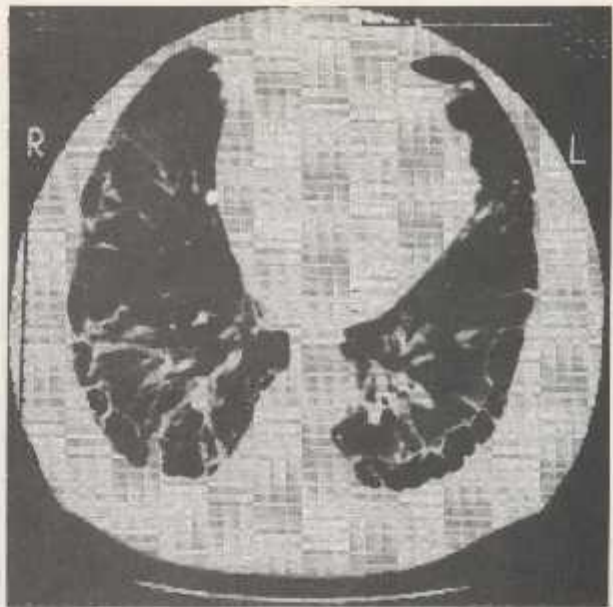
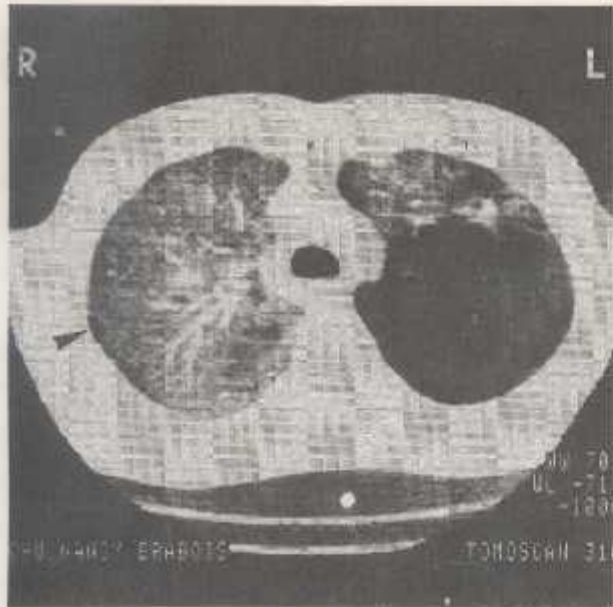
Le diaphragme normal, de par sa forme, se prête mal à l'examen TDM en dehors de ses piliers (Planche V.6) qui sont visibles dans 72 % et identifiables dans 92 % des cas.

Dans les distensions emphysémateuses, son abaissement et son aplatissement, voire son inversion, pourraient éventuellement être reconnus par scanographie, notamment à gauche en montrant la visualisation des culs-de-sac postérieurs alors que le foie est pratiquement entièrement balayé. Cependant, nous croyons que les modifications diaphragmatiques dans ce type d'affection restent la propriété de l'examen conventionnel.

PLANCHE V

1	4
2	5
3	6

1. Denise L. (n° scanner 84239) - 30 ans
 Insuffisance respiratoire.
 Emphysème para-septal à droite ▲ (bulle isolé de type sous-pleural).
 Emphysème bulleux à gauche.
2. Alain M. (n° scanner 83468) - 70 ans - Métallurgie
 Gros fumeur (60 paquets/an). Insuffisant respiratoire.
 Emphysème para-cicatriciel : l'emphysème habituellement apical se localise autour de vieilles séquelles tuberculeuses*.
3. Henri O. (n° scanner 83256) - 58 ans
 Insuffisance respiratoire sévère.
 Aspect du médiastin dans l'emphysème pan-lobulaire : le médiastin est étroit et a perdu l'aspect normal du tissu cellulo-graisseux. Les structures anatomiques sont bien moulées par les poumons voisins. Il n'existe plus d'espace "libre".
4. Emile C. (n° scanner 84127) - 67 ans - Fromager puis sableur
 Emphysème para-septal bilatéral : aspect en "collier de kystes clairs".
5. Idem 3
 Aspect de la paroi dans l'emphysème pan-lobulaire : le poumon fait "hernie" dans l'espace inter-costal ▲.
 Cette description rejoint celle de laënnec "...les poumons font saillie hors du thorax". Ceci traduit l'hyperinflation.
6. Bernard H. (n° scanner 84228) - 55 ans
 Le diaphragme est mal exploré par la tomodynamométrie. Seuls ses piliers sont bien analysables ▲.
 Présence de calcifications pleurales.



III.1.3 - Emphysème et pneumothorax
(Planche XIV.5.6)

III.1.3.1 - Le pneumothorax spontané idiopathique

Le pneumothorax spontané idiopathique survient le plus souvent chez le "jeune conscrit" classique. Il est dû à la perforation de petites bulles dans la cavité pleurale par effraction de la plèvre viscérale.

La TDM affirme d'abord le caractère idiopathique en éliminant toute affection pleurale, parenchymateuse, voire médiastinale, responsable de ce pneumothorax. Elle fait ensuite le bilan lésionnel et morphologique des poumons homo et contro-latéral.

Il s'agit souvent de discrètes bulles sous pleurales, invisibles sur la radiographie pulmonaire conventionnelle. Parfois, il s'agit de blebs c'est-à-dire d'une cavité aérique intra pleurale (Planche XIV.5.6).

Les éventuelles brides pleurales et/ou les épanchements liquidiens sont également démontrés. Enfin, la TDM permet de dire si le poumon est revenu parfaitement à la paroi.

Cependant, la question qui se pose est moins de savoir l'origine du pneumothorax que celle de savoir si la TDM permet de prévoir les récurrences. J.P. SENAC retient quatre critères de risque :

- . le caractère bombant, sous tension de la dystrophie bulleuse,
- . le volume des bulles. Au delà de 3 cm le pronostic de rupture "efficace", avec fuite d'air importante et suffisante pour décoller la plèvre, s'élève,
- . le nombre des bulles de type menaçant élève le risque,
- . la topographie, la bilatéralité et la dispersion sont des éléments péjoratifs.

Une autre application de la TDM est sa place éventuelle dans l'étude épidémiologique de ces accidents. Contrairement à ce que pensent l'auteur sus cité, quant à la distinction entre blebs et bulle, nous pensons que la TDM est capable de discerner une dissection pleurale où s'enclave un petit volume d'air sous réserve que la formation de l'image soit favorable (Cf. Observation N°5).

III.1.3.2 - Le pneumothorax secondaire

Le pneumothorax secondaire vient compliquer ou révéler une affection pulmonaire sous-jacente. La TDM révèle la lésion causale et en fait le bilan précis. Elle peut prévoir la gravité ou non d'un nouvel épisode de pneumothorax en révélant l'absence ou non de bride pleurale. Elle peut enfin apporter des arguments pour le choix thérapeutique ; pleurectomie ou abstention en cas d'absence de plan de clivage.

III.2 - Bronchite chronique

III.2.1 - Définition

La définition de la bronchite chronique est clinique. Sa reconnaissance ne se pose donc pas en terme radiologique ni en terme fonctionnel.

Cependant, des études du vivant et après la mort du malade sur pièce anatomique ont montré l'association fréquente de la bronchite chronique et de l'emphysème.

Aussi, cette définition clinique ne rend pas compte de cette association. Il paraît donc légitime de la compléter par une description anatomique des lésions en terme radiologique.

Avec la nouvelle méthode d'imagerie que constitue le scanner, il apparaît que les signes que L. REED et W.M. THURLBECK avaient décrits sur des bases anatomopathologiques et radiographiques standards soient plus aisément analysables.

III.2.2 - Aspects scanographiques observés

A la lumière de notre expérience par l'analyse visuelle et numérique de plusieurs dossiers de bronchiteux chroniques, les signes scanographiques suivants ont été rencontrés avec une grande fréquence :

. Haute visibilité des bronches vues en coupe, à la paroi discrètement épaissie mais dont la lumière n'est pas dilatée. Pour affirmer cette

dernière assertion, il suffit de comparer la lumière bronchique au calibre de l'artère satellite.

. Une visibilité anormale des structures vasculaires qui peuvent être suivies sur plusieurs centimètres, sur plusieurs coupes successives, mais apparaissant s'arrêter plus à distance de la périphérie que normalement. De plus, ces vaisseaux paraissent quelque peu irrégulier.

. Le parenchyme pulmonaire n'a plus l'aspect habituel. IL paraît "sale" ; un "voile dense" occupant toute la surface pulmonaire de la coupe ou seulement par plages forme l'arrière fond de celle-ci. Cette image réalise l'aspect en verre dépoli observé en CT.

. Au sein de cette "hyperdensité" relative, existent de minuscules images hypodenses, rondes à bord faiblement souligné et pouvant correspondre à des bronchioles et/ou des alvéoles vues en coupes.

Ces signes, lorsqu'ils s'associent à la définition clinique, peuvent être considérés comme des témoins de la bronchite chronique.

La tomodynamométrie apporte par rapport à la définition clinique la possibilité de montrer les associations ou non des différents syndromes (bronchite chronique et/ou emphysème et/ou DDB ...) lors du même examen.

III.3 - Bronchectasies

III.3.1 - Rappel

La tomodynamométrie visualise l'arbre bronchique normal pratiquement jusqu'aux bronches terminales. Le problème est de reconnaître la systématisation bronchique.

Ceci est facile lorsque les segmentaires s'orientent dans un plan axial ou de faible angulation : segmentaire linguale, lobaire moyenne, bronche de Nelson, etc. ou bien, si sectionnées perpendiculairement à leur grand axe elles sont par leur proximité du hile facilement repérable : segmentaire lobaire supérieur, pédicule de la pyramide basale, etc.

En effet, l'aspect CT des bronches varie selon que le faisceau de rayons X les aborde tangentiellement, l'aspect est alors une bande claire cernée par deux bandes denses, ou perpendiculairement, la bronche apparaît alors comme un anneau opaque à centre clair.

Un autre facteur qui conditionne la visibilité des bronches est constituée par l'épaisseur de coupe. En effet, si la coupe épaisse permet de reconnaître les branches segmentaires au 1er degré, la coupe fine en haute résolution, permet d'en reconnaître davantage (PROTON) ; mais surtout d'individualiser des divisions sous segmentaires. Cette capacité d'approche d'une cartographie bronchique au scanner est très intéressante parce qu'elle permet de localiser précisément les lésions dans le poumon, ce qui est très intéressant si un traitement chirurgical est envisagé.

La pathologie bronchique - dont nous parlons plus avant - peut améliorer la visibilité tomодensitométrique lorsqu'il existe une infiltration et un épaississement des parois, une dilatation de la lumière par exemple, mais aussi en rendre le repérage plus difficile si ce n'est impossible lorsque la lumière aérienne bronchique n'existe plus, remplacée par des sécrétions ou du pus.

Les bronchectasies se définissent comme une dilatation permanente et irréversible de la lumière bronchique. L'atteinte est focale ou diffuse.

REID classe ces atteintes en trois groupes :

- Les bronchectasies cylindriques : les bronches sont dilatées avec des parois épaisses et parallèles.
- Les bronchectasies variqueuses ou moniliformes : la lumière est élargie, mais les parois bronchiques épaisses sont irrégulières simulant des varicosités veineuses.
- Les bronchectasies kystiques ou sacculaires : la lumière bronchique augmente progressivement de calibre du centre vers la périphérie. La bronche prend un aspect de goutte.

Leurs manifestations radiologiques ont été bien décrites par GUDJBERG (65) en radiologie conventionnelle. Celle-ci permet d'en reconnaî-

80 à 90 % des cas de dilatation des bronches. Mais elle est incapable d'affirmer la distribution et leur gravité.

La bronchographie a été jusqu'à ces dernières années, le procédé de choix pour montrer la présence, la distribution et la sévérité des bronchectasies. Toutefois, cette technique n'est pas sans risque (réaction allergique, détérioration transitoire du rapport ventilation/perfusion chez des malades souvent insuffisants respiratoires, inconfort pour le malade).

L'avènement de la TDM constitue à l'heure actuelle la méthode non invasive de choix pour explorer les dilatations des bronches. NAIDICH (118) suggéra que cette technique permet de révéler l'existence, l'extension anatomique de la sévérité des bronchectasies.

Les conclusions radioanatomiques effectuées (équipe NAHOUM) ont permis de chiffrer la sensibilité et la spécificité de la tomodensitométrie à de hauts niveaux.

III.3.2 - Sémiologie scanographique

Le premier pas est celui de la reconnaissance des dilatations bronchiques. Les conclusions radioanatomiques effectuées (équipe NAHOUM) ont permis de chiffrer la sensibilité et la spécificité du scanner à de hauts niveaux. Des équipes américaines : NAIDICH et Co, MULLER et Co mettent en relief la fiabilité de la reconnaissance des DDB, même si pour le dernier auteur il existerait des faux positifs.

Le deuxième pas est celui de leur typage. En effet, différentes variétés peuvent s'observer chez le même patient. Leur différenciation scanographique permet quelquefois de décrire des aspects caractéristiques. Les signes sémiologiques en CT sont à quelque nuance près ceux de la radiographie conventionnelle. Toutefois, le scanner les met mieux en évidence.

III.3.2.1 - Signe spécifique : la dilatation permanente de la lumière bronchique
(Planche VI.1.2.3.4.5)

C'est le critère principal de la définition des bronchectasies. La dilatation est évidente sur l'image en sonnette où la disparité de calibre au profit de la bronche avec l'artère homologue est manifeste. Lorsque la bronche court dans le plan de la coupe, la comparaison avec l'artère satellite n'est pas toujours possible. Néanmoins, l'affirmation de la nature pathologique de la bronche ne pose aucun doute.

La spécificité de ce signe permet de caractériser différents types de DDB.

III.3211 - Bronchectasies cylindriques
.....
(Planche VI.4)

Vue en coupe, la lumière bronchique dilatée est limitée par une paroi épaissie dont le contour interne est régulier. Cet aspect est le plus souvent observé au sommet et aux bases pulmonaires où les bronches se présentent plus ou moins perpendiculairement à la coupe, et préférentiellement dans la région médullaire du poumon. Mais elles peuvent se voir dans n'importe quelle portion du parenchyme pulmonaire.

Vue selon son grand axe, la lumière bronchique apparaît comme une bande hypodense plus ou moins épaisse, mais toujours plus large que normalement, cernée par deux bandes denses régulières et parallèles représentant la paroi bronchique. Cet aspect est volontiers visible sur les coupes passant par les plans hilaires.

III.3212 - Bronchectasies variqueuses
.....
ou moniliformes
.....
(Planche VI. 2 et 5)

En coupe, la lumière bronchique est limitée par une paroi épaissie, mais dont le contour interne est anfractueux. Sur son grand axe, la lumière bronchique moniliforme évoque des varicosités veineuses.

III.3213 - Bronchectasies kystiques

 ou sacculaires

 (Planche VI.3)

Ici la dilatation est progressive depuis les hiles jusqu'en périphérie où elle constitue de véritables sacs sous pleuraux lorsqu'ils sont vus en coupe.

Dans la portion "médullaire" du poumon, elles sont difficiles à différencier de dilatation cylindrique sauf quand il s'y associe un niveau hydro-aérique (NAIDICH) qui est pathognomonique des dilatations kystiques. Ce niveau résulte de l'air normalement présent dans la bronche dilatée et des sécrétions qui s'y déposent. Dans la périphérie pulmonaire, elles constituent de grosses cavités kystiques avec ou sans niveau hydro-aérique. Cette topographie sous pleurale s'explique par la rétraction du parenchyme d'aval qui voit ainsi la bronche dilatée se trouver très habituellement en contact de la plèvre viscérale.

Quelquefois, les cavités kystiques se groupent en grappe de raisin qui, lorsqu'elles sont pleines de liquide sont difficiles à discerner d'un processus tumoral, si ce n'est le contexte clinique et la présence d'autre image de dilatation bronchique dans d'autres territoires. Ailleurs, lorsque la bronche dilatée court dans le plan de la coupe, la lumière anfractueuse prend un aspect en collier de kyste clair caractéristique de bronchectasie kystique.

III.3.2.2 - Signes non spécifiques

III.3221 - Epaississement pariétal

 (Planche VI 1.2.3.4.5)

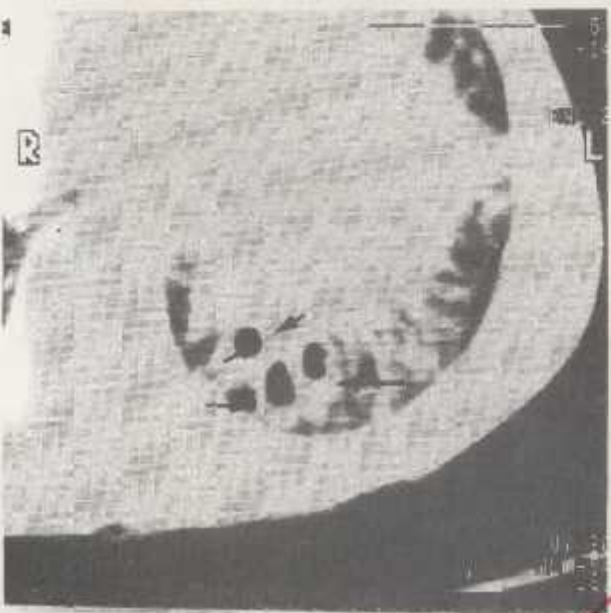
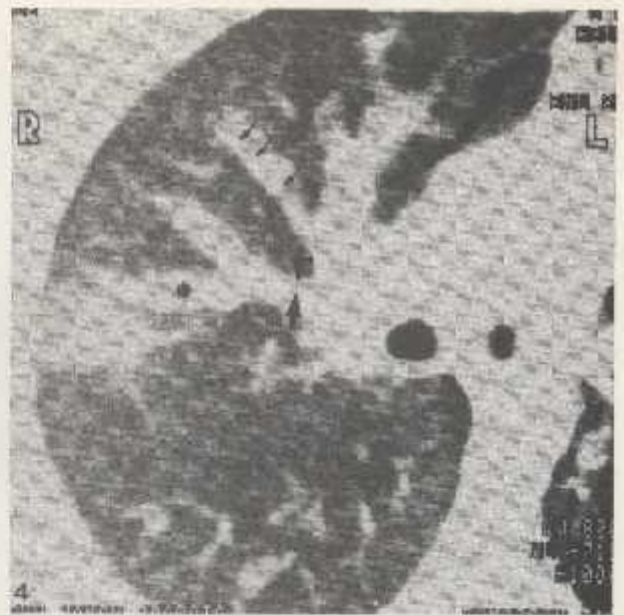
L'épaississement pariétal manque de spécificité. Il est le témoin d'un syndrome bronchique que d'une atteinte du réseau interstitiel. Deux types d'images sont observés :

- Les images en anneau à centre clair : cet anneau dense plus ou moins épais est la traduction de la paroi bronchique épaissie et/ou du tissu interstitiel environnant, vue en coupe. Cet aspect s'observe lorsque

PLANCHE VI

1	4
2	5
3	6

1. Gérard R. (n° scanner 84039) - 50 ans
 Insuffisance respiratoire. Toux productive.
 Dilatation des bronches :
 - un signe spécifique, la dilatation permanente de la lumière bronchique par comparaison à l'artère satellite.
 - plusieurs signes non spécifiques qui témoignent du syndrome bronchique : épaississement pariétal ↓ ...
2. Didier B. (n° scanner 83346) - 28 ans - Etudiant
 Insuffisant respiratoire.
 Dilatation des bronches de type moniliforme :
 - la lumière bronchique est dilatée* ,
 - les parois épaissies ne sont pas régulières ↑ .
 L'arrière fond hypodense traduit la présence d'emphysème chez ce jeune homme atteint de maladie des cils vibratiles.
3. Mireille P. (n° scanner 84112) - 14 ans - Lycéenne
 Dilatation des bronches de type kystique :
 - la lumière bronchique est dilatée* ,
 - les parois sont épaissies ↓ ,
 - il existe un niveau hydro-aérique → .
4. Marie-Odile B. (n° scanner 83542) - 24 ans
 Grande insuffisance respiratoire.
 Dilatation des bronches de type cylindrique :
 - la lumière bronchique est dilatée* ,
 - les parois sont épaissies, parallèles et leur contour interne est régulier ↓↓ .
5. Idem 1.
 Dilatation des bronches de type moniliforme* et cylindrique★.
6. (n° scanner 83441) - 56 ans
 Dilatation des bronches, accumulation des sécrétions (signe non spécifique) : aspect de bronchocèle en "V" renversé à sommet hilair*. Quelquefois, l'impaction est difficile voire impossible à différencier d'un nodule, si ce n'est la présence d'autres lésions bronchectasiantes sur la même coupe ou des coupes différentes .



la bronche court perpendiculairement au plan de coupe. Il est souvent rencontré dans les parties supéro-internes et inféro-internes des poumons.

Adjacent à cet anneau, une image dense, bien ronde, mais de calibre moindre que celui du centre clair représente la vue axiale de l'artère satellite.

Les images en rail : il s'agit de bandes denses plus ou moins épaisses, parallèles et/ou divergentes et anfractueuses, délimitant entre elles une bande hypodense. Cet aspect se voit lorsque les bronches dilatées courent dans le plan de la coupe, c'est-à-dire le plus souvent les plans hilaires des champs pulmonaires.

III.3222 - L'accumulation anormale
des sécrétions
(Planche VI.6)

Les bronches dilatées pleines de sécrétion se traduisent par des "nodules" et/ou des opacités tubulées. Dans le premier cas, les bronches courent verticalement et leur aspect "nodulaire" est à distance de la périphérie pulmonaire sauf s'il existe une rétraction parenchymateuse d'aval. Le "nodule" quelque peu irrégulier, jamais très rond permet de le différencier d'une structure vasculaire vue en coupe.

Les opacités tubulaires ont des aspects divers, en "Y" en "V" à pointe hélicète.

Quelquefois, l'aspect est celui d'un collier de kyste dense. Parfois elles se présentent comme une opacité tumorale. L'approche diagnostique est faite en analysant la distribution de ces "pseudo masses" et en reconnaissant d'autres lésions bronchiques dans d'autres zones pulmonaires.

III.3223 - Les troubles de la
ventilation

Ils traduisent le retentissement des lésions bronchiques et bronchiolaires en aval sur la ventilation. Les inpactions mucoïdes peuvent



entraîner un collapsus ou un piégeage. Le collapsus se traduit par une hyperdensité de la région ventilée par la bronche obstruée lorsque l'air est totalement résorbé, ainsi qu'un balancement médiastinal qui est précocement détecté par TDM. L'aspect de l'atelectasie au scanner a été bien décrit par ailleurs (120).

Le piégeage se traduit par une hypodensité systématisée qui tranche nettement du reste du parenchyme lorsque le territoire piégé est au contact d'une scissure. L'hypodensité peut donner le change avec un aspect d'emphysème. L'analyse des structures vasculaires et des autres items classiques lèvent le doute.

III.3224 - Atteinte alvéolaire

Quelquefois, il est possible d'observer un aspect granité dense, chaque grain minuscule est au contact d'une tout aussi minuscule formation aérienne ronde qui serait la traduction d'une visibilité anormale des petites voies aériennes périphériques dilatées. Souvent cette granulation dense tend à la confluence par piégeage rappelant le syndrome alvéolaire.

Cet aspect est transitoire et coïncide avec les périodes de surinfection.

Quelquefois nous sommes en présence d'une BDB atelectasique (Planche VII.1).

III.3225 - Trouble de perfusion

La TDM permet de bien apprécier le retentissement hémodynamique de l'obstruction bronchique, notamment en permettant une bonne visibilité des structures vasculaires intra parenchymateuses de 8° ordre (129) et une facilité de mesure précise du diamètre des artères pulmonaires par rapport au calibre normal et d'en déduire l'évolution du retentissement dans le temps. Cet aspect de la question n'a pas été fait ici.

Par contre, dans les territoires peu ou non ventilés, la TDM analyse très mal l'hypovascularisation secondaire.

III.3.3 - Rôle et place de la CT dans l'exploration des DDB

Nous avons été amenés à explorer des bronchectasies chez de grands insuffisants respiratoires souvent de cause mal précisée et chez lesquels la bronchographie était contre-indiquée.

Toutefois, la moitié d'entre eux a bénéficié d'un examen bronchographique antérieur qui révélait l'existence de dilatation bronchique en d'autre temps.

N° patient	Compte rendu bronchographique *	Compte rendu scanographique *
83 266	Irrégularité de la bronche segmentaire supérieure et linguale Décembre 1982	Présence de DDB discrète lobaire supérieure gauche et linguale mais surtout pyramide basale gauche avec épaississement pleural en regard Début de DDB dans le lobe inférieur droit (1982)
83 542	Lipiodol droit : DDB lobaire supérieur droit lobaire moyen Nelson Reste du lobe inférieur normal	DDB cylindrique lobaire supérieur droite et lobaire moyenne Atteinte du lobe inférieur droit sous forme de bronches à parois épaissies et à lumière discrètement dilatée Inpaction mucoïde Aspect de DDB atelectasique lobaire supérieur gauche
84 112	Lipiodol droit normal Lipiodol gauche : DDB de la pyramide basale et linguale	DDB kystique (présence de niveau hydro-aérique) lobaire inférieur gauche Discrète atteinte de la linguale Atteinte du lobe inférieur droit
83 441	DDB de lobe supérieur droit Août 1983	DDB diffuse aux deux poumons 1983

* Ces comptes rendus ne sont pas concomitants et n'ont pas pour souci de corréler les deux techniques. Ils permettent cependant de tirer quelques conclusions.

La CT a révélé l'existence de DDB là où la bronchographie les a mises en évidence. Elle en a aussi montré ailleurs, mais ceci pourrait être une traduction de l'extension de la maladie depuis l'examen bronchographique.

La CT a permis également de reconnaître les variétés de dilatation bronchique.

La CT a montré des lésions associées que n'a pas montrées la bronchographie, à savoir des images d'emphysème, des images d'atelectasie, des épaissements pleuraux et la présence ou non de graisse extra pleurale. Ce dernier point est extrêmement important pour le chirurgien dans la mesure où une décision chirurgicale est posée puisqu'il signifie qu'il existe un plan de clivage.

Toutefois la CT ne permet pas de suivre l'anatomie des bronches normales voisines des bronches dilatées comme le fait la bronchographie.

Ces remarques rejoignent les conclusions des travaux de NAIDICH (116) et permettent de dire que la CT permet de reconnaître les bronchectasies, d'en préciser leur topographie, leur étendue, leur gravité et même le type lésionnel. Cependant MULLER (117) affirme que la CT connaît des faux négatifs dans ce domaine.

Quelle est la place de la CT dans le bilan des DDB ? C'est la seule technique non invasive ou non dont dispose le radiologue pour faire le bilan des bronchectasies des grands sujets souffrants respiratoires.

Elle peut également occuper la première place même dans le bilan des sujets non insuffisants respiratoires (par exemple hémotysiques) si l'on tient compte du coût de santé : en effet, une exploration bronchographique nécessite normalement une semaine d'intervalle pour explorer les deux poumons. La TDM permet de faire cette exploration en 30 mn sans aucun inconfort pour le malade.

Néanmoins, il est encore prudent de pratiquer une bronchographie si une intervention chirurgicale est envisagée.

IV - LES ATTEINTES DU TISSU INTERSTITIEL

Parmi les autres atteintes diffuses chroniques du poumon, l'atteinte du tissu interstitiel constitue le deuxième grand chapitre de la pathologie pulmonaire. Disons d'emblée que leur étude a de tout temps constitué un problème sérieux pour le radiologiste. Les difficultés commencent par la précocité de la reconnaissance du syndrome interstitiel et se poursuivent par la découverte de la cause.

En 1979, Benjamin FELSON (35) parle de nouveau regard pour la reconnaissance des affections pulmonaires diffuses. Il remarque que l'incertitude diagnostique est due à un problème de terminologie. Il n'existe pas de langage commun aux radiologues pour décrire la même affection.

Un autre problème est d'ordre sémantique et concerne le terme "interstitiel" lui-même. En effet, histologiquement la lésion interstitielle ne reste pas confinée à ce secteur. Le plus souvent, elle s'étend à l'espace alvéolaire et/ou aux structures broncho-vasculaires. L'image radiographique résultante fait que l'imagerie médicale "transforme une erreur de conception en une erreur de fait" (35).

Ces remarques préliminaires imposent donc un rappel de l'anatomie normale du tissu interstitiel.

IV.1 - RAPPEL ANATOMIQUE (Planche I.4)

Le tissu interstitiel représente un réseau de soutien pour l'ensemble des structures du poumon. Cette charpente du tissu conjonctif, composée de fibres élastiques et collagènes, s'étend du pédicule pulmonaire jusqu'à la plèvre viscérale. Elle comporte plusieurs secteurs en continuité étroite les uns avec les autres :

- . le secteur interstitiel intra lobulaire,
- . le secteur interstitiel extra lobulaire.

- . L'interstition intra lobulaire est essentiellement représentée par les fibrilles collagènes qui s'entrelacent avec le réseau de capillaires alvéolaires.
- . L'interstition extra lobulaire répond au tissu conjonctif disposé autour des axes broncho-vasculaires depuis le pédicule hilair jusqu'aux bronchioles terminales et au compartiment conjonctif disposé à la périphérie des lobules secondaires de Miller (septa inter lobulaire, interstition sous pleural).

Il existe donc une continuité parfaite entre les différents compartiments de tissu interstitiel.

Cependant, si le radiologiste voit l'interstition per et extra lobulaire pathologique avec des aspects pathologiques spécifiques, toute atteinte par l'interstition intra lobulaire se traduit par des aspects pathologiques non spécifiques le plupart du temps de type "comblement alvéolaire.

IV.2 - Rappel pathogénique

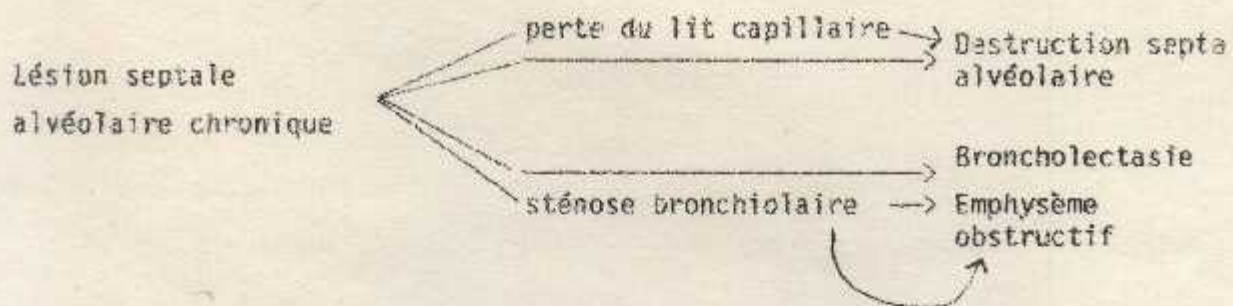
Ce chapitre nous paraît nécessaire à évoquer ici, afin que l'imagier médical comprenne parfaitement la formation et la réalité des images observées, notamment au stade terminal des maladies interstitielles pour ne pas confondre par exemple des cavités kystiques en rayon de miel avec des images de DDB kystiques ou des lésions emphysémateuses.

L'atteinte du compartiment interstitiel peut être due à une infiltration d'inflammation ou de cellules néoplasiques ou comme la conséquence de l'accumulation de liquide (oedème cardiogénique) ou de matériel protéinique.

L'atteinte de l'interstition pariéto-alvéolaire entraîne un rétrécissement de la lumière alvéolaire.

Les lésions terminales de l'atteinte interstitielle intra lobulaire résultent des sténoses et/ou des oblitérations bronchiolaires créant des espaces kystiques et de l'emphysème obstructif.

L'association de ces lésions rend compte de l'aspect en rayon de miel.



IV.3 - Sémiologie élémentaire en TDM du syndrome interstitiel

Comme il a été mentionné précédemment (voir chapitre II.2.1), la détection d'une lésion par TDM dépend du gradient de densité entre elle et le tissu environnant. La lésion interstitielle élémentaire qui, contrairement au reste du parenchyme est hyperdense, crée donc un gradient de densité élevé. Elle sera donc visible.

En coupe épaisse, ce gradient de densité est faible car "noyé" par l'effet de volume partiel. Elle ne sera visible que tardivement. Pour la détecter le plus précocement possible, il est nécessaire de choisir des coupes fines (1 à 2 mm) et si possible en haute résolution. L'effet de volume partiel est très diminué, voire annulé, ce qui permet une sensibilité élevée du gradient de densité : la lésion élémentaire est alors visible à un stade précoce sans commune mesure avec les examens classiques qui à ce stade sont étiquetés comme normaux.

Il existe quatre images élémentaires apparaissant séparément ou simultanément dans l'atteinte interstitielle.

IV.3.1 - Les signes spécifiques

Ils sont en petit nombre et classiquement d'apparition tardive en radiologie conventionnelle. Ce sont :

- . les lignes septales
- . les aspects de réticulation
- . les aspects de réticulo-nodulation.

IV.3.1.1 - Les opacités linéaires (Planche VII.6)

Leur substratum est constitué par l'épaississement des septa péri lobulaires : grands et petits septa de Weibel. Ces septa apparaissent soit comme des lignes de Kerley, telles qu'elles ont été décrites en radiologie classique : petites opacités linéaires de 1 cm maximum de longueur atteignant perpendiculairement la plèvre viscérale qui est très généralement épaissie lorsque les septa péri lobulaires sont atteints.

S'il s'agit d'un grand septa de Weibel qui n'est en fait que l'alignement de toute une série de septa péri lobulaire, l'opacité linéaire est beaucoup plus longue, hélipète et généralement plus large.

L'atteinte des septa péri broncho vasculaire est plus difficile à dépister dans la mesure où elle se traduit par un apparent épaississement des parois bronchiques et parfois un aspect flou des limites vasculaires. Mais avec quelque habitude, l'aide de la radiologie classique et de la clinique, cela ne pose pas grand problème : les envahissements néoplasiques péri broncho-vasculaires en particulier sont très faciles à affirmer dans un contexte néoplasique évident.

IV.3.1.2 - Type réticulaire (Planche VII.6)

Lorsque plusieurs septa se projettent épaissis les uns sur les autres, apparaît une formation réticulaire dense en "grillage" qui est spécifique de l'atteinte septale.

IV.3.1.3 - Type réticulo nodulaire (Planche VII.3)

Aux deux réseaux grillagé et réticulé, peuvent apparaître comme sur la radiologie standard des opacités nodulaires qui sont généralement la traduction d'un effet d'entrecroisement. Cet aspect est équivalent du point de vue corrélatif à un aspect réticulaire.

IV.3.2 - Les signes non spécifiques

IV.3.2.1 - Type nodulaire (Planche VII.3.5)

Cet aspect s'observe lorsque des lésions généralement granulomateuses surviennent au sein de l'interstition aussi bien septale qu'intra lobulaire. L'ennui est que la différenciation avec une lésion alvéolaire est pratiquement impossible.

Les corrélations radioanatomiques ont prouvé que la plupart des métastases nodulaires se développent dans l'air alvéolaire et se traduisent par un aspect de miliaire en rapport avec un comblement alvéolaire.

Il est d'ailleurs très rare, lorsqu'il existe une atteinte interstitielle, de ne pas trouver les différents éléments décrits comme témoin de l'atteinte interstitielle.

IV.3.2.2 - Aspect en "verre dépoli" (Planche VII.2)

Les aspects en "verre dépoli" correspondent aussi bien qu'en radiologie standard à une atteinte intra lobulaire, pariéto alvéolaire qu'à des aspects de comblement alvéolaire.

En TDM, cet aspect se traduit par un "voile" dense globalement ou par plage, uniforme, sur lequel se projettent des opacités micro nodulaire disséminés (Planche VII.2).

PLANCHE VII

1	4
2	5
3	6

1. Marie-Odile B. (n° scanner 83542) - 24 ans
 Dilatation des bronches : bronchectasie atelectasique.
 Le lobe supérieur gauche collabé est bien limité par la scissure. Il forme un triangle dense à base antéro-interne et à sommet postérieur.
 Les hypodensités visibles ↑ correspondent aux bronchectasies.

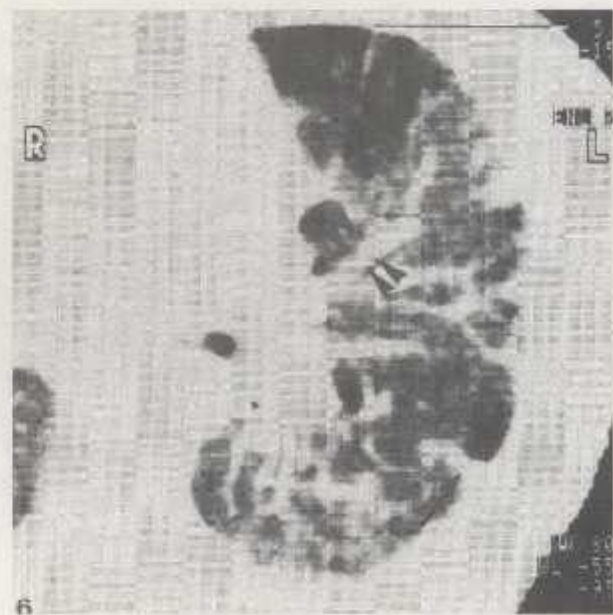
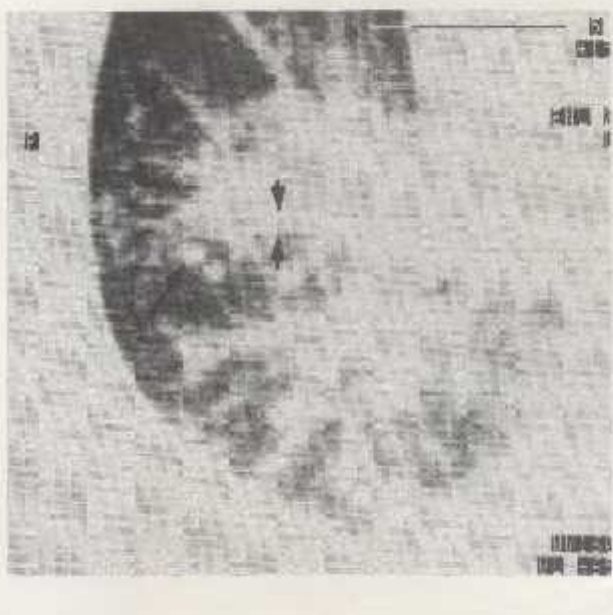
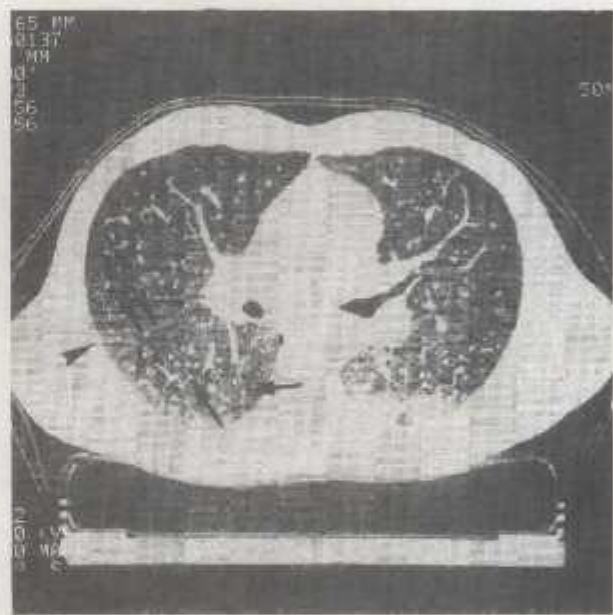
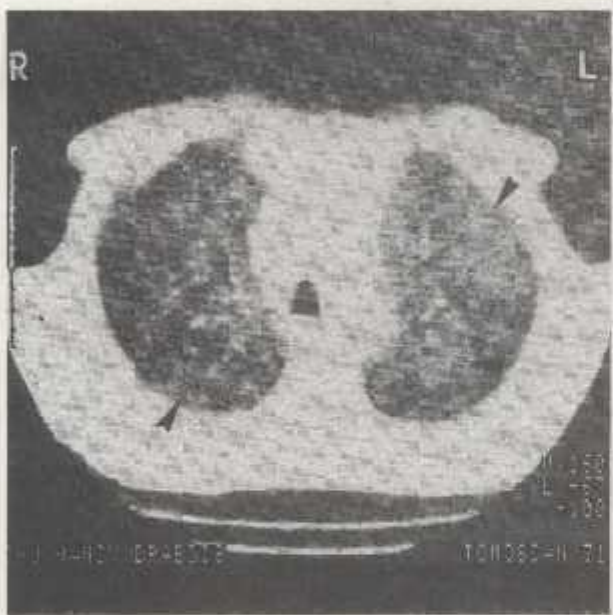
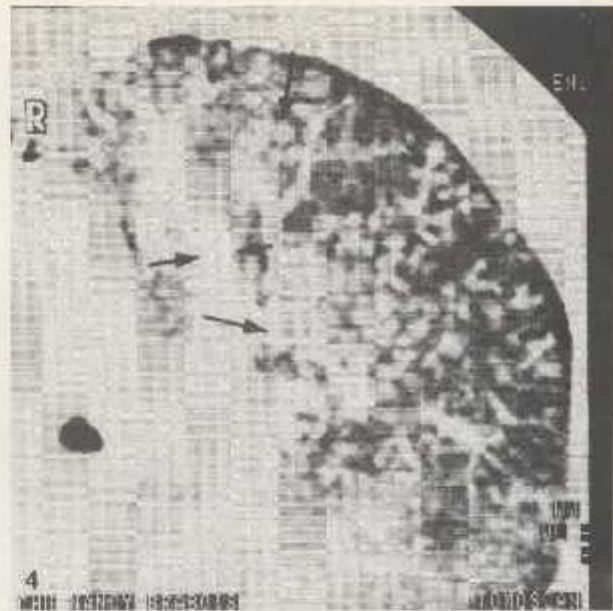
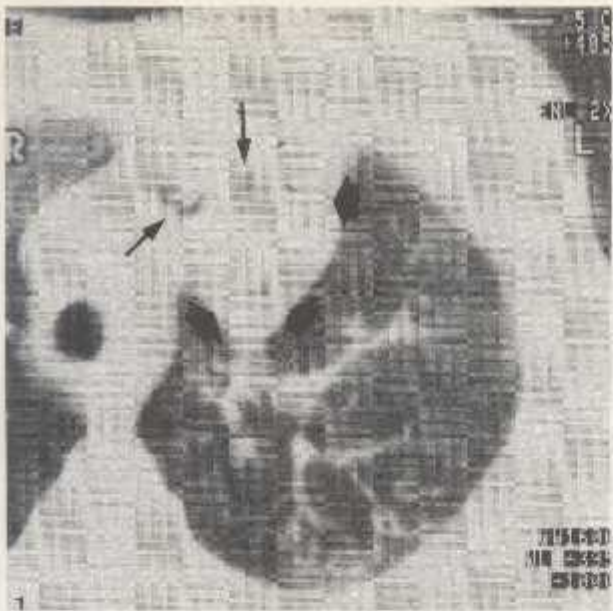
2. Robert P. (n° scanner 84217) - 70 ans
 Aspect en "verre dépoli" : "voile" dense sur le fond duquel sont crépissées les densifications punctiformes.▲

3. René A. (n° scanner 82404) - 56 ans
 Atteinte interstitielle :
 - densification nodulaire ↑ (signe non spécifique),
 - épaissement du tissu interstitiel broncho-vasculaire ↓.

4. Pierre B. (n° scanner 83347), frère de Didier B., planche VI.5
 26 ans
 Maladie des cils vibratiles :
 - opacités acinaires disséminées : chaque élément dense présente un aspect polycyclique et/ou oblongue évoquant un sac alvéolaire plein et son canal ↓↓,
 - dilatation bronchique cylindrique ↘,
 - épaissement du compartiment broncho-vasculaire ↓.

5. Jean-Paul B. (n° scanner 860137) - 43 ans
 Silicotique - Tuberculose
 Atteinte interstitielle : aspect miliaire, innombrables densifications micronodulaires, bien nettes, homogènes, calcifiées et régulièrement réparties ↑.
 En arrière et à droite, une ligne dense, oblique, non perpendiculaire à la plèvre viscérale, peut simuler une ligne septale. Ici, il s'agit vraisemblablement d'une scissure accessoire entre le fowler et le reste du lobe inférieur droit.
 En arrière et à gauche, il existe une densification de type comblement alvéolaire avec des micronodules calcifiés en son sein.
 La scissure est visible sous forme d'un liseré dense.

6. Eliane E. (n° scanner 83579) - 48 ans
 Atteinte interstitielle : type linéaire, épaissement des septas inter-lobulaires ↓ et intra-lobulaire ↘.



Cet aspect traduit une modification du rapport tissu/air de parenchyme pulmonaire secondaire à l'épaississement plus ou moins important et plus ou moins étendu de l'interstitium pariéto alvéolaire.

IV.3.2.3 - Type mixte

Lorsqu'ils s'associent entre eux de manière variable ou de façon préférentielle, ils permettraient, dans ce dernier cas, de caractériser différents groupes d'affections, ce qui rétrécirait d'autant le large spectre des hypothèses diagnostics.

En outre, dans la majorité des affections infiltratives diffuses chroniques du poumon, l'atteinte interstitielle ne reste pas confinée à son compartiment naturel, des études histologiques l'ont confirmée, mais déborde souvent pour atteindre l'alvéole.

IV.3.2.4 - Aspect du diaphragme et des vaisseaux

Nous retrouvons évidemment au scanner les autres éléments bien connus de syndrome interstitiel : ascension de diaphragme en rapport avec les troubles de la compliance et aspect particulier, fragmenté flou des vaisseaux artériels pulmonaires. Il faut ici souligner que toute atteinte bronchique chronique inflammatoire est systématiquement associée à des lésions de l'interstitium péri broncho vasculaire, ce qui simplifie le problème.

IV.4 - Images observées dans quelques affections diffuses chroniques (Expérience personnelle)

IV.4.1 - La maladie de BESNIER BOECK SCHUMAN (B.B.S.)

C'est la plus commune des maladies granulomateuses non caséuses.
C'est une affection multiviscérale.

IV.4.1.1 - Atteinte ganglionnaire (Planche VIII.1)

Les adénopathies hilaires, bilatérales, grossièrement symétriques ne posent pas de problème dans leur topographie médiastinale pure. Bien plus, le tomodensitomètre permet de les voir là où la radiographie conventionnelle les ignore, notamment dans le médiastin antérieur. Pendant longtemps, cette localisation des adénopathies récusait le diagnostic de sarcoïdose (22).

Les adénopathies rétro bronchiques et sous carinaires, sont également relativement bien observées avec une très grande sensibilité dans leur localisation rétro bronchique lobaire supérieure droite et derrière le tronc bronchique intermédiaire.

La difficulté de leur reconnaissance pourrait survenir lorsqu'elles sont de siège inter bronchique et qui peuvent donner le change, surtout lorsqu'elles ne sont pas volumineuses, avec un vaisseau vu en coupe. L'aspect morphologique (pas idéalement rond), l'absence de clarté adjacente témoin de la bronche satellite, les dimensions le plus souvent supérieures à celui d'un vaisseau du même ordre vu en coupe devraient lever le doute.

IV.4.1.2 - Atteinte parenchymateuse (Planche VIII.2)

L'image CT est celle d'une atteinte interstitielle avec des lésions micronodulaires et nodulaires disséminées dans les deux champs pulmonaires.

Souvent ces micronodules apparaissent sur un "voile" dense réalisant l'aspect en "verre dépoli", témoin de l'épaississement pariéto-alvéolaire.

Il est possible de voir au sein de ces opacités acinaires un bronchogramme aérique.

Des images hypodenses, avasculaires, sans limite bien définie, représentent soit un état avancé de l'affection pré "rayon de miel" avec ses cavités kystiques, soit une association de dégénérescence emphysémateuse bulleuse. Ces lésions se distribuent préférentiellement dans les régions sous pleurales.

Parfois, ce sont d'innombrables minuscules images rondes, hypodenses, très finement cerclées qui sont visibles (Planche VIII.2). Elles pourraient correspondre à de petites voies aériennes dilatées. Cet état s'expliquerait par la présence de dépôts granulomateux péri bronchiolaire localisés dans le stade 1 et 2 de la maladie, ce qui créerait une obstruction et une distension des petites voies aériennes distales (138-162).

Ailleurs, c'est une dilatation bronchique évidente qui s'observe au sein de l'atteinte interstitielle. Quand elle se voit, cette lésion constitue une complication de la sarcoïdose (138).

IV.4.1.3 - Atteinte pleurale (Planche VIII.5)

Des épaissements pleuraux focalisés plus ou moins gros correspondent vraisemblablement, vu le contexte, à des dépôts granulomateux.

Les scissures inter lobaires sont apparues épaissies chez trois patients sans que la plèvre pariétale soit atteinte. Il est possible aussi de voir des invaginations pleurales apparaissant comme une ligne dense parallèle à la plèvre viscérale.

IV.4.1.4 - Atteinte polyviscérale (Planches VIII.6)

La maladie de B.B.S. est une affection polyviscérale. Son stade et son pronostic en dépendent. La TDM peut en faire la classification comme le montre l'observation suivante :

Chez une de nos patients, la TDM a permis de montrer une importante splénomégalie, et des adénopathies coelio-mésentériques.

1	4
2	5
3	6

1. Marie-Josée P. (n° scanner 84105) - 54 ans
 Maladie de Besnier Boeck Schumann (B.B.S.) :
 adénopathies bilatérales grossièrement symétriques ↑ .
 Noter la présence d'une invagination pleurale ▲ ▲

2. Marthe L. (n° scanner 84279) - 64 ans - Maladie de B.B.S.
 Atteintes parenchymateuses :
 - semis de densifications micronodulaires de la taille d'un grain de mil, à contour bien défini, homogènes et régulièrement réparties ▲ ;
 - multiples micro-images hypodenses ↑ visibles. Leur distribution est diffuse mais à prédominance "corticale" et antérieure (en haut). Il s'agit très vraisemblablement de petites voies aériennes dilatées.

3. Gilberte B. (n° scanner 84264) - 55 ans
 Maladie de B.B.S. : atteinte parenchymateuse et dépôt granulo-mateux sous-pleural ▲ .

4. Robert P. (n° scanner 84517) - 70 ans
 Maladie de B.B.S. : adénopathies dans le médiastin antérieur ●, postérieur ▲ et rétrobronchique ●● .
 Ganglion calcifié dans la loge de Barety.

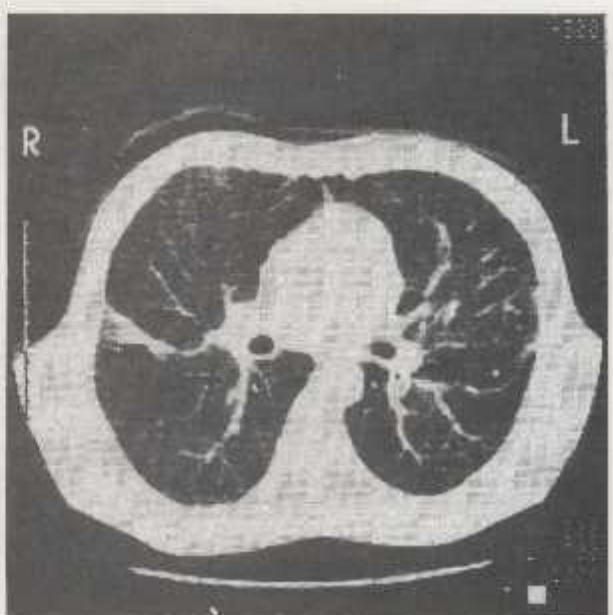
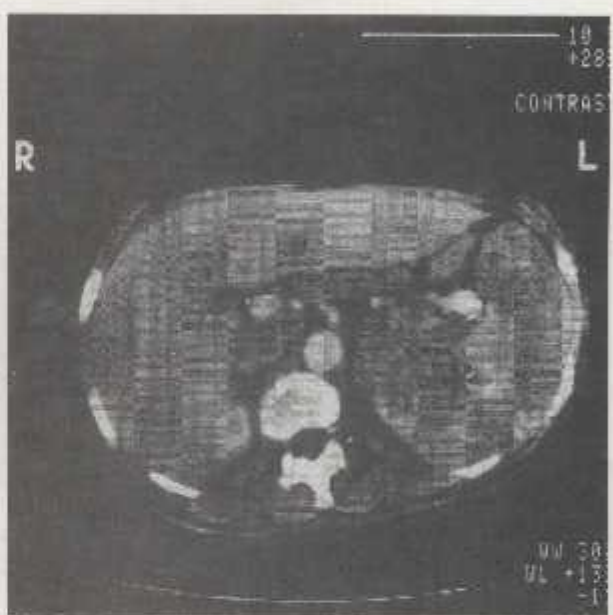
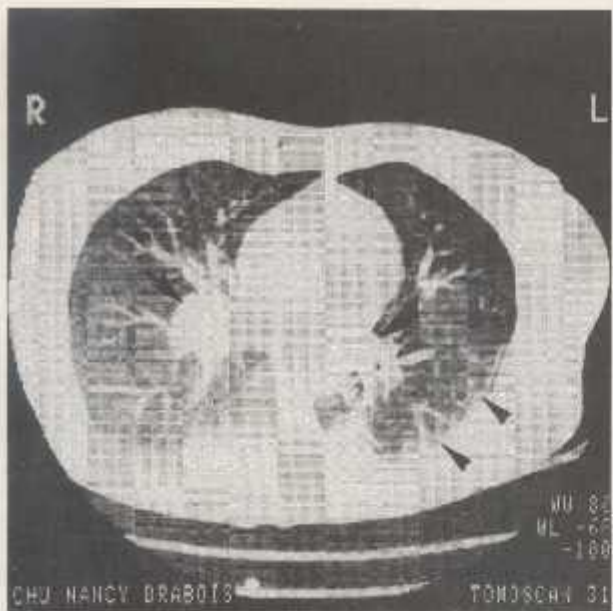
5. Alain M. (n° scanner 83468) - 30 ans
 Maladie de B.B.S. : épaissement scissural ▲ .

6. Idem 2.
 La maladie de B.B.S. est une affection polyviscérale ; splénomégalie hétérogène * , ganglions cœlio-mésentériques ↓ mieux vus sur les coupes suivantes.
 Cette possibilité qu'offre la I.D.M. d'explorer pendant le même temps l'étage sus et sous diaphragmatique permet d'en faire la classification et de suivre l'évolution.

IV.4.1.4 - Affection polyviscérale (Planches VIII à X)

La maladie de B.B.S. est une affection polyviscérale. Son stade et son pronostic en dépendent. L'I.D.M. peut en faire la classification comme le montre l'observation suivante :

C'est une de nos séries. La I.D.M. a permis de montrer une splénomégalie et des adénopathies cœlio-mésentériques.



Cette capacité du scanner d'explorer dans le même temps, l'étage sus et sous diaphragmatique, constitue un apport non négligeable pour apprécier l'extension de la maladie et son évolution.

IV.4.2 - Fibrose interstitielle diffuse

Elle réalise un épaississement scléreux systématisé des parois alvéolaires qui intéresse les deux poumons de façon diffuse, mais non nécessairement homogène.

L. REID classe l'atteinte pariéto alvéolaire en cinq stades :

- . Au stade 1 : les lésions sont strictement limitées aux parois alvéolaires, épaissies par la prolifération des fibres de réticuline. Les alvéoles sont vides.

- . Au stade 2 : les parois alvéolaires sont épaissies. Les lumières alvéolaires contiennent un exsudat plus ou moins cellulaire et même des membranes hyalines. L'architecture du poumon est encore respectée.

- . Au stade 3 : l'architecture du poumon commence à s'effacer, mais les bronchioles sont encore reconnaissables.

- . Au stade 4 : l'architecture pulmonaire normale est remplacée par du tissu fibreux.

- . Au stade 5 : le poumon est converti en une multitude de cavités kystiques dont le diamètre varie entre 1 mm et 10 mm. Ces kystes sont d'origine alvéolaire ou bronchiolaire.

Les quelques patients que nous avons examinés étaient dans un état avéré. Les coupes de scanner montrent une architecture pulmonaire complètement remaniée avec un aspect de cavités aériennes kystiques ou micro-kystiques au rayon de miel caractéristique (Planche IX.2.4). L'impression visuelle montre un poumon densifié globalement et apparaissant relativement de volume diminué.

Comme dans d'autres types d'atteinte interstitielle, des petites voies aériennes sont visibles, parfois même au sein d'un territoire hypo-

ventilé. Un trait négatif important est l'absence d'épaississement pleural.

L'analyse du médiastin révèle une artère pulmonaire droite augmentée de calibre qui reflète le degré d'hypertension artérielle pulmonaire.

Certains auteurs (L. KREEL, 92) ont montré que le CT révèle dans cette affection des images que la radiographie conventionnelle méconnaît. Mais plus important, c'est qu'elle démontre que les lésions siègent uniformément dans la région sous pleurale avec une prédominance postérieure et basale.

Cette distribution périphérique de l'affection disparaît dans les derniers stades de la maladie.

IV.4.3 - Les maladies de l'environnement professionnel

Les pneumoconioses sont des affections broncho-pulmonaires liées à l'accumulation de poussières minérales ou végétales inhalées sur les lieux de travail.

Il faut distinguer :

- des pneumoconioses de surcharge, où les poussières agissent par accumulation,

- des pneumoconioses sclérogènes, où les poussières ont une action nocive propre, créant des lésions anatomiques graves de sclérose extensive. L'exemple le plus frappant est la silicose.

IV.4.3.1 - La silicose

C'est la plus importante des pneumoconioses et de toutes les maladies professionnelles.

Sa définition est : "fibrose pulmonaire provoquée par l'inhalation de bioxyde de silicium (silice libre SiO_2). La constitution de la lésion silicotique se fait de la façon suivante :

La poussière inhalée atteint l'espace alvéolaire. Une partie sera

phagocytée par les cellules à poussière (cellules de la paroi alvéolaire). Ces cellules sont ensuite recouvertes par une prolifération de cellules alvéolaires, incorporant alors la cellule à poussière dans l'interstitium.

Il se produit ensuite l'apparition de fibres réticulaires, puis collagènes constituant le nodule. Au fur et à mesure de l'exposition aux poussières, ce nodule augmente de taille par incorporation progressive.

Le parenchyme pulmonaire voisin se rétracte donnant alors au nodule un contour irrégulier.

L'interstitium pulmonaire voisin chargée en cellules à poussière s'épaissit d'abord dans la paroi alvéolaire puis dans l'espace sous pleural (Planche IX.5).

Ces aspects anormaux en rapport avec une atteinte interstitielle apparaissent beaucoup plus tôt que sur le cliché thoracique standard. En effet, de nombreux sujets, soumis au risque, présentent sur les documents scanographiques des signes d'atteinte interstitielle alors que la radiographie pulmonaire systématique est encore "normale".

Cette mise en évidence précoce des signes élémentaires de l'atteinte interstitielle trouve leur explication dans le gradient de densité qui existe entre la densification interstitielle et l'hypodensité du reste du parenchyme (Cf II.3.3).

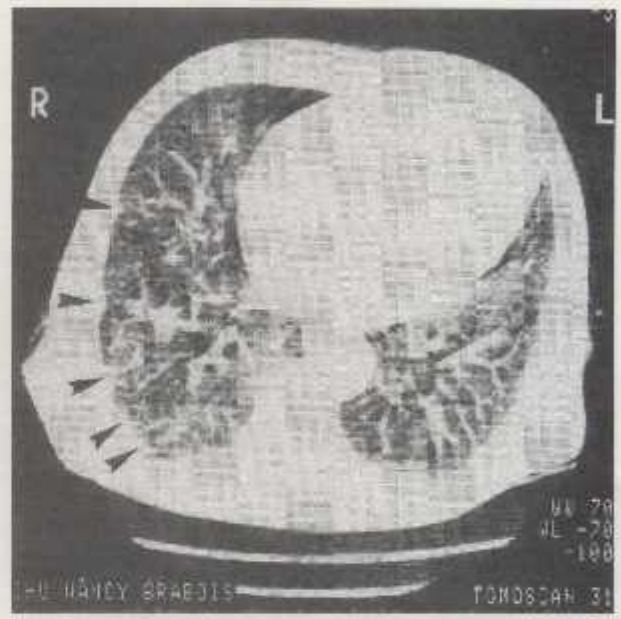
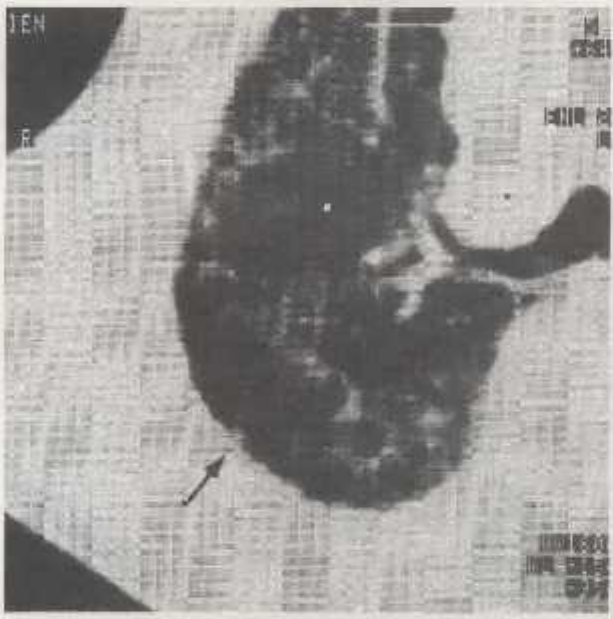
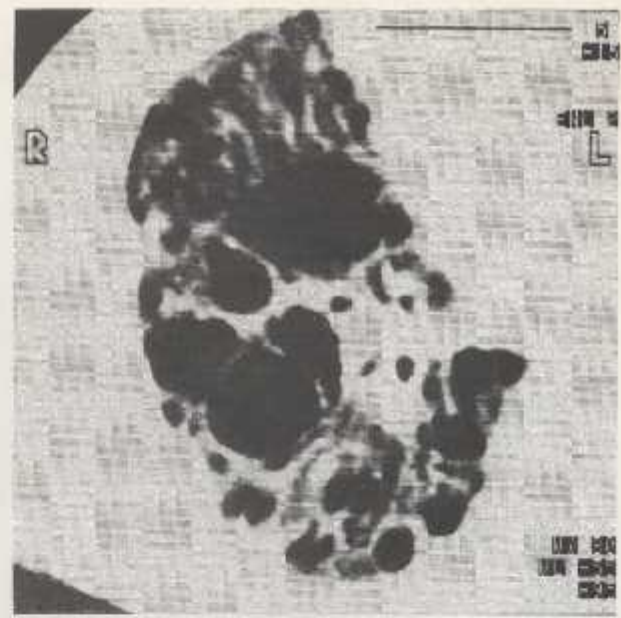
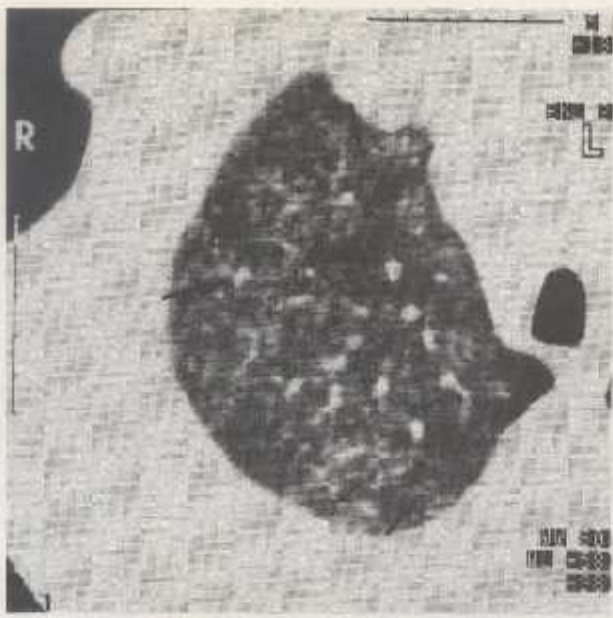
Le bureau international du travail devrait à la lumière d'étude prospective à faire, recueillir dans sa "banque" des images scanographiques standards de classification des lésions élémentaires de ces maladies professionnelles comme cela fut fait pour la radiographie conventionnelle.

Lorsque cette étape sera franchie, il est alors légal de soustraire assez précocement les sujets présentant une anomalie interstitielle au risque professionnel et donc, pourquoi pas, arrêter l'évolution inexorable de la maladie. Et pour reprendre l'expression du Professeur BERNADAC, "... l'imagerie médicale a la capacité de tirer la sonnette d'alarme à la porte de sujets cliniquement et souvent fonctionnellement normaux".

PLANCHE IX

1	4
2	5
3	6

1. Robert P. (n° scanner 84517) - 70 ans
Aspect en "verre dépoli".
2. Maximilien H. (n° scanner 83083) - 72 ans
Atteinte interstitielle au stade ultime :
- rayon de miel : multiples cavités kystiques disséminées *,
- épaissement pleural ↓.
3. Mouloud B. (n° scanner 84137) - 44 ans - Mineur
Atteinte interstitielle.
Maladie professionnelle : silicose ; masses pseudo-tumorales ★
bilatérales dans les plans hilaires avec des calcifications à
leur périphérie ▲.
4. Eliane E. (n° scanner 83579) - 48 ans
Atteinte interstitielle au stade ultime.
Rayon de miel : les cavités kystiques sont plus volumineuses *
(aspect en gruyère).
5. François B. (n° scanner 84066) - 80 ans - Mineur
Atteinte interstitielle.
Maladie professionnelle : silicose ; festons pleuraux ▲.
6. Bernard H. (n° scanner 84228) - 55 ans
Atteinte interstitielle
Maladie professionnelle : asbestose ; calcifications
pleurales.
Hydropneumothorax.



Cinq malades silicotiques avérés, ont été explorés par TDM. Les lésions étaient déjà avancées. L'image scanographique montre une densification globale associée à des lésions de type nodulaire ou réticulo nodulaires.

L'apparition de masses pseudo-tumorales témoigne des stades avancés et compliqués de la silicose (Planche IX.3). Ces masses sont souvent bilatérales localisées aux lobes supérieurs à proximité des grandes scissures et présentent quelques petites calcifications à leur pourtour.

Chez tous les patients, un aspect de bronchopathie est observé, bronches à paroi épaissie.

L'épaississement pariétal traduit l'atteinte du tissu conjonctif entourant les vecteurs bronchiques et réalise le classique "enrobage bronchique".

Les vaisseaux pulmonaires sont grêles et raréfiés.

Des lésions emphysémateuses sont fréquemment observées.

L'atteinte ganglionnaire est quasi constante. Il s'agit d'adénopathie volumineuse souvent calcifiée. Cette atteinte résulte du drainage vers les ganglions hilaires et médiastinaux des particules de silice et de produit de dégradation des macrophages après leur passage dans les lymphatiques.

IV.4.3.2 - La sidéruse

La même précocité des aspects pathologiques est observé. Au tout début, il s'agit souvent d'un aspect en "verre dépoli" qui attire l'attention et qui traduit l'atteinte de comportement alvéolo capillaire.

S'y associent fréquemment de petites images hypodenses punctiformes qui témoignent d'une atteinte bronchiole concomitante et représentent très probablement une dilatation des petites voies aériennes.

L'aspect radiologique miliaire peut être observé. Il s'agit de semis d'opacités nodulaires intra pulmonaires. Les nodules peuvent être de petits ou de grands diamètres.

80

Le syndrome miliaire radiologique s'observe à la fois dans les syndromes interstitiels et dans les syndromes alvéolaires.

Dans la sidérose, par exemple, la visibilité de très fins nodules semble en partie due au métal lui-même. Il ne s'agit pas d'opacité équivalente eau et les limites de visibilité en fonction de la taille, sont bien inférieures.

IV.4.3.3 - Asbestose

L'amiante est responsable d'atteinte pleuro pulmonaire bénigne (plaques pleurales hyalines, calcifications, épanchements pleuraux récidivants, fibrose interstitielle diffuse) et d'atteinte maligne (mésothéliome pleural). Son diagnostic positif est fait sur un faisceau d'arguments :

- l'interrogatoire découvre une exposition évidente à l'amiante.
- l'examen de l'expectoration et du lavage bronchiolo-alvéolaire découvre des corps asbestosiques en nombre significatif,
- les examens radiologiques thoraciques sont compatibles. Parmi ceux-ci l'examen TDM a une place de choix parce qu'elle reconnaît aisément les lésions sus citées et notamment les calcifications pleurales. Elle en donne leur topographie exacte et les révèle là où la radiologie conventionnelle reste muette (gouttière costo-vertébrale rétro cardiaque) (Planche IX.6).








Leur analyse morphologique est aisée. La bilatéralité de l'atteinte est facilement démontrée lorsqu'elle existe. Les petits épanchements pleuraux sont aussi facilement démontrés.

Un autre intérêt de la TDM et non des moindres, est celui de la surveillance de cette affection. En effet, la gravité de la maladie peut s'apprécier visuellement par la rétraction hémithoracique et numériquement par la déviation des densités pulmonaires vers des valeurs plus hautes. L'épaississement de la plèvre, son irrégularité, son aspect mamelonné, irrégulier, extensif avec épanchement pleural peuvent témoigner d'une dégénérescence maligne.

PLANCHE X

1	4
2	5
3	6

EXPLORATION DE L'ATTEINTE INTERSTITIELLE EN COUPES FINES D'1 MM

1. Jean-Paul B. (n° scanner 860137) - 43 ans - Tuberculose et silicose.
Coupe passant par les sommets pulmonaires.
- Semis de micronodules calcifiés.
- Festons pleuraux.
- Ligne septale inter-lobulaire épaissie.
2. Idem 1.
Coupe passant par la bronche lobaire supérieure droite.
Scissure .
3. Idem 1.
Coupe passant par le tronc bronchique intermédiaire.
Scissure 
Scissure accessoire .
4. Idem 1.
Agrandissement du poumon droit du 1.
Festons pleuraux 
Ligne septale inter-lobulaire épaissie: .
5. Idem 1.
Coupe passant par la bronche lobaire supérieure gauche.
Densification postérieure non homogène.
6. Idem 1.
Coupe passant par la pyramide basale (agrandissement).
Les images rondes hypodenses  au sein de la condensation correspondent à des bronches non dilatées : leur calibre est identique à celui de l'artère satellite. .

L'intérêt de la connaissance du syndrome interstitiel d'origine professionnelle est très grand en Algérie non seulement du fait du développement industriel du pays, mais surtout motivé par le retour des travailleurs Algériens d'Europe qui sont parfois porteurs de pneumoconiose lorsqu'ils ont été exposé à un risque (mineur, meuleur, calorifugeur ...).

DENSITOMETRIE

I - PREAMBULE

L'évaluation des densités radiologiques pulmonaires a retenu l'attention des radiologistes depuis longtemps (MARCHAL dans les années 1950).

Plusieurs méthodes permettent d'évaluer quantitativement les variations de la fonction et la densité pulmonaire. Ce sont les "Fluorodensitometry et videodensitometry (30, 97, 128) ; "Compton Scatter" (28) ; la densité radiographique (29).

Mais si toutes ces techniques sont capables de mesurer les variations de la densité pulmonaire, elles ne permettent pas de montrer la cause de ces variations et encore moins de montrer la part relative des poumons, de la plèvre et de la paroi thoracique. Elles ne constituent pas une méthode tomographique, ce ne sont pas des méthodes d'imagerie.

C'est l'avènement de la tomodensitométrie en 1972 qui va ouvrir une nouvelle ère d'approche qualitative et quantitative des affections pulmonaires diffuses et/ou localisées.

I.1 - Calcul du nombre Hounsfield par la TDM

Le principe de calcul de l'unité Hounsfield est basé sur l'hypothèse suivante : il existe une relation entre le coefficient linéaire, d'atténuation (nbre CI) du faisceau de rayons X et la densité physique des tissus.

Le coefficient d'atténuation est donné par la formule suivante :

$$\mu = \frac{1}{e} \text{Log} \frac{I_i}{I_e}$$

I_i = intensité du rayon incident

I_e = intensité du faisceau émergent

e = épaisseur du corps traversé

μ = coefficient d'atténuation

Hounsfield a choisi comme référence le coefficient de l'eau pure - A 22° C, le $\mu_{\text{eau}} = 0,10 \text{ cm}^{-1}$. Les coefficients d'absorption sont alors relativisés par rapport à cette référence puis amplifiés dans une échelle de nombre beaucoup plus étendue. La valeur trouvée constitue le nombre CT

$$\text{Nbre CT} = k (\mu_t - \mu_{\text{H}_2\text{O}})$$

k = constante d'amplification

μ_t = coefficient d'atténuation tissulaire

$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ = coefficient d'atténuation eau

L'intérêt de cette échelle est qu'elle va permettre de différencier les tissus dont les densités sont proches (voir fig.). Mais c'est la valeur relative du nombre CT qui doit être prise en compte et non leurs valeurs absolues.

1.2 - Facteurs qui conditionnent le nombre CT

Lorsqu'un faisceau de rayons X traverse l'organisme, l'intensité incidente est atténuée. Une partie de son énergie est absorbée par les tissus par absorption photo-électrique et une partie par effet Compton.

L'atténuation linéaire du rayonnement X est égale à la somme de l'énergie produite par absorption photo-électrique et une partie par effet Compton.

1.2.1 - Facteurs physiques

Cette atténuation linéaire est fonction de conditions physiques :

- . du numéro atomique
- . de la densité atomique

- . de l'énergie photonique du rayonnement incident
- . de la filtration du faisceau de Rayons X à la sortie du tube
- . du type d'appareil.

I.2.2 - Facteurs anatomo-physiologiques

- HEDLUND (1981 et 1983) montre que le nombre CT est aussi fonction :
- . de la phase du cycle respiratoire du sujet
 - . de la position dans le "gantring"
 - . de son état anatomique
 - . de l'épaisseur de coupe : plus elle est fine, plus le coefficient d'atténuation est uniforme.

Mais ce qui conditionne le plus le nombre CT, c'est comme l'a souligné HEDLUND :

- . le volume gazeux pulmonaire
- . le volume sanguin pulmonaire
- . l'eau extra cellulaire
- . les anomalies pulmonaires pré-existantes.

Le nombre CT mesure donc un état pulmonaire donné.

Ces dernières notions montrent toute la portée et l'intérêt de l'évaluation de la densité pulmonaire dans l'approche quantitative des maladies pulmonaires.

II - DENSITOMETRIE DU POU MON NORMAL ET DU POU MON PATHOLOGIQUE REVUE DE LA LITTERATURE

C'est O. WEGENER (175) qui le premier, juillet 1978, s'est intéressé à la densitométrie pulmonaire évaluée par TDM. D'autres auteurs, ROSENBLUM (147), HEDLUND (70,71) ROBINSON (145) et KREEL (89), GODDARD (57), MURRAY, GILMAN (50), GENEREUX (48), se sont également intéressés à la densité pulmonaire du poumon normal et pathologique.

II - 1 - DESITOMETRIE DU POUMON NORMAL.

Deux méthodes sont utilisées pour le calcul densitométrique :

- la méthode sectorielle : MLD_s (Mean Lung density method sectoriel)
- la méthode du poumon total : MLD_w (Mean Lung density method Whole Lung)

Il en ressort que :

- la densité pulmonaire du sujet jeune est supérieure à celle du sujet âgé,

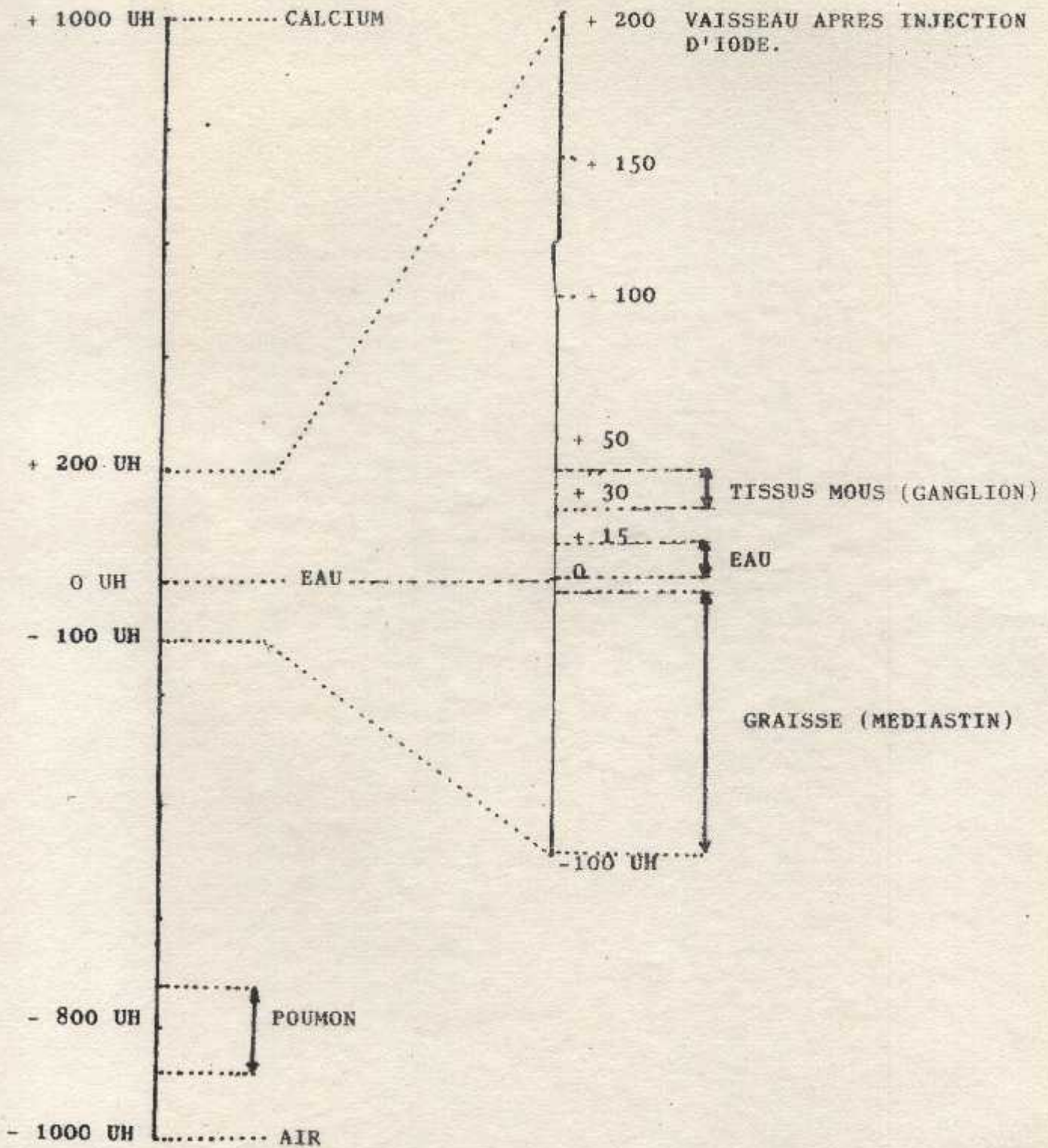
- la densité pulmonaire est plus élevée dans les régions déclives (zone postérieure chez un sujet couché sur le dos) que dans les régions non déclives. Si le sujet est couché sur le ventre, le gradient existe toujours au profit des zones déclives, dans ce cas, les zones antérieures du poumon. La différentielle est de 100 UH environ. Elle est réduite en inspiration.

On démontre bien que le nombre Hounsfield dépend à la fois du volume sanguin pulmonaire et du volume aérique :

- la densité pulmonaire est plus élevée durant l'expiration ; elle diminue en inspiration ;

- la densité pulmonaire est différente selon qu'elle est prise dans la zone corticale du poumon (1 cm sous pleural) et la zone centrale,

- il n'existe pas de différence significative entre les densités pulmonaires du poumon droit et du poumon gauche.



OPACITES RELATIVES DE DIFFERENTES STRUCTURES.

Le tableau suivant résume les valeurs du nombre Hounsfield du poumon normal relevées dans la littérature.

	1978	1979	1980	1982	1983	1984	1985
O.H. WEGENER et col.	-840 UH (July)						
ROSEMBLUM			-745 UH \pm 53				
GODDARD				-404,2 EMI \pm 13,2 -820 -860 UH			
MURRAY					-748 \pm 31,9		
HAYHURST M.D.						-700 -900 UH	
GENEREUX							-821 \pm 35
ROBINSON P.J.		806 UH \pm 51					
Personnelle							-800 \pm 75

II.2 - Densitométrie du poumon PATHOLOGIQUE.

L'application principes de la mesure des densités aux poumons pathologiques a été faite par WEGENER en 1978. D'autres auteurs se sont intéressés à cette question, notamment HAYHURST en Août 1984, qui montre que les patients avec emphysème ont une anomalie de leur densité pulmonaire qui peut être détectée sur la fréquence de distribution des nombres CT en unité EMI qui, autrement, n'auront pas pu être étiquetés comme emphysémateux durant la vie. Il ajoute que théoriquement il sera possible de localiser l'emphysème à l'intérieur de chaque coupe par "highlighting", la position de chaque pixel dont le nombre EMI s'étend au delà de - 450 UH.

Tout récemment, GENEUREUX arrive aux mêmes conclusions : "L'impression visuelle est objectivement confirmée par la mesure du coefficient d'atténuation" ; la TDM est hautement sensible pour confirmer la présence de maladie pulmonaire diffuse.

Le tableau suivant résume les valeurs rencontrées dans la littérature pour certaines pathologies.

	B P O C		ATTEINTE INTERSTITIELLE	
	Emphysème	Bronchite chronique	B B S	Congestion pulmonaire
WEGNER July 1978	Courbe se déplace vers les densités basses		Courbe se déplace vers les densités hautes	350 à 150 EU ∇ -700 à -300 H
GODDARD 1982	-430 ± 30 EMI 860 H			
MURRAY June 1983			-610,9 ± 57,8	
HAYHURSTI Aout 1984	-900 à -1000 H			
PERSONNELLE 1985	-897 ± 35	-819 ± 43	670 ± 77 630 UH ± 951	
GENEUREUX JUIN 1985	AB : -907 H In : -879 H	- 838 H		

III - DENSITOMETRIE DU POUMON NORMAL ET DU POUMON PATHOLOGIQUE EXPERIENCE PERSONNELLE (Planche XI.1)

Pour notre travail, nous avons mesuré la densité pulmonaire moyenne du poumon total en intégrant la densité pulmonaire moyenne de chaque coupe.

L'étalonnage de l'appareil qui devrait théoriquement être réalisé avant chaque examen a été fait épisodiquement (une ou deux fois). La densité de l'eau varie de + 5 à + 15, celle de l'air = - 1000 UH.

Les résultats densitométriques sont donnés selon trois modalités :

- densité moyenne d'un volume
- densité moyenne le long d'une section linéaire de volume
- une densité analysée en histogramme des pixels ordonnée dans chaque coupe en fonction de leur densité et intégrés à l'ensemble des coupes effectuées.

Ces deux dernières modalités sont extrêmement intéressantes à étudier parce qu'elles permettent une étude morphologique, contrairement à la première où elle permet l'étude d'une valeur algébrique dont on connaît sa non représentativité lorsqu'elle est prise en valeur absolue (102).

III.1 - Densitométrie du poumon normal

Avec l'appareil utilisé (TOMOSCAN 310), les résultats obtenus sont :

	Poumon droit	Poumon gauche
84 077	-768 - 933 UH	- 722 - 066 UH
84 082	-815 - 545 UH	- 801 - 636 UH

III.2 - Densitométrie du poumon pathologique

Une soixantaine de patients ont été examinés par TDM. Une évaluation densitométrique a été faite pour les deux poumons dans la grande majorité des cas. Dans un petit nombre de cas, un seul poumon a été quantifié.

Les affections explorées se divisent comme suit :

- Broncho-pneumopathies obstructives chroniques :
 - . emphysème et/ou bronchite chronique : 25 cas
 - . DDB : 12 cas
- Maladies interstitielles
 - . BBS : 7 cas
 - . fibrose interstitielle idiopathique : 6 cas
 - . maladies professionnelles : 7 cas
 - . maladies allergiques : 3 cas
 - . miliaire : 2 cas

Quels sont les résultats obtenus ? :

III.2.1 - Dans les B.P.O.C.

III.2.1.1 - Selon la densité d'un volume pulmonaire

III.2111 - Pour l'emphysème

Le tableau récapitulatif des mesures de densité (Planche XI.1) montrent que les grands emphysèmes se situent dans un spectre de bandes allant de - 930 UH à - 862 UH, c'est-à-dire une densité moyenne de - 897 UH \pm 35.

III.2112 - Bronchite chronique et emphysème modéré

L'autre partie des emphysémateux dont les lésions sont plus modérées et/ou associées à celles de la bronchite chronique se situe dans le spectre de raie - 862 UH à - 775 UH, c'est-à-dire une densité moyenne de - 819 UH \pm 43.

Il est à signaler que dans cet intervalle se situent aussi des densités moyennes de poumon supposé normal (examiné après un premier épisode de pneumothorax).

N° CAS	POUMON DROIT			POUMON GAUCHE		
	Emphysème	Emphysème et/ou BC	DOB	Emphysème	Emphysème et/ou BC	BBB
°83 005*83 266		727	759		790	
134 346		842	889		864	873
151 347	928		807	913		
159 441		817	627		839	648
256 542	887		832	824		813
321 84 112	887		728	872		
325 203			758			746
374 222	867		774			840
444 278	876		790	886		780
495 283	882		793	880		796
507 404			807			816
586	861			881		
84 005		778			778	
014		785				
104		820				
111	890			851		
130		751				
174		768			763	
154		778			767	
215	845			828		
239				820		
282		802			815	
323		840				
325		808			816	
460		819			840	

° Emphysème et/ou BC

* DOB

TABLEAU 1

III.2113 - Pour les bronchectasies

Un troisième groupe est représenté par les densités de dilatation des bronches dont les valeurs se situent entre - 825 UH et - 725 UH (densité moyenne = - 775 UH \pm 50).

Commentaires :

Plusieurs remarques sont à faire :

La première est que la densitométrie bien conduite du poumon grand emphysémateux est hautement sensible. Mais cet avantage est relatif, car le degré de lésions parle de lui-même sur l'image CT, voire sur l'image conventionnelle. Cependant la TDM permet d'en apprécier mieux la distribution des lésions, leur étendue et surtout d'en suivre quantitativement l'évolution.

Il faut rapporter toutefois l'exemple d'un emphysème majeur (Planche IX.4) où les valeurs de densités dépassent les limites citées (densité moyenne - 845 UH pour le poumon droit et - 828 UH pour le poumon gauche). Nous attribuons ceci au fait qu'il s'agissait d'un patient arriéré mental qui ne respectait pas les consignes données (notamment l'absence d'apnée pendant le passage de rayons et l'absence d'immobilité parfaite), ce qui génère des artéfacts qui ne sont pas forcément visibles sur l'image, mais qui peuvent modifier la valeur du nombre Hounsfield comme c'est le cas ici.

Un autre exemple qui met en défaut nos résultats concerne le cas d'une dilatation de bronche évidente visuellement, dont les valeurs de densité moyenne sont relevées. De toute façon, la zone des densités moyennes est assez large (autour de - 627 UH pour le poumon droit et - 648 UH pour le poumon gauche).

Ces chiffres traduisent un certain degré de densification pulmonaire.

L'examen du dossier clinique et fonctionnel révèle que le patient, ancien tuberculeux, présente une hypertension majeure au repos (64 mmHg)

chiffrée ainsi que des résistances veineuses pulmonaires très élevées, chiffrées par cathétérisme droit.

Les poumons sont donc engorgés de liquide. Ceci est donc corroboré par la densitométrie pulmonaire mesurée chez cette patiente et traduit ici beaucoup plus l'engorgement pulmonaire par la stase circulatoire droite résultant de l'hypertension pulmonaire.

Ce résultat est particulièrement intéressant. Il est compatible avec les données de la littérature (45,47,69). Il signifie que la quantification pulmonaire par TDM complète et enrichit l'examen visuel, notamment en révélant que cet engorgement se fait en faveur de la région centrale du poumon et permet donc de mieux se rendre compte de l'état morphologique et fonctionnel des poumons.

A l'inverse, le seul cas de DDB dont la densité moyenne est au-delà des limites des DM (- 880 UH) est un patient qui présente une maladie des cils vibratiles avec de grosses lésions emphysémateuses (Planche VI.2).

La deuxième remarque concerne les larges limites de \overline{DM} qui renferment les discrets emphysèmes, les bronchites chroniques, les DDB légères et le poumon normal.

Elle signifie que la densitométrie n'est pas suffisamment discriminante pour différencier à l'intérieur du groupe des B.P.O.C., les différentes affections entre elles lorsqu'elles sont modérées et ne prend toute sa valeur que corrélée à l'image.

Ceci traduit les limites de la méthode telle qu'elle a été menée dans cette étude. Cependant, elle n'est pas sans intérêt car, à ce stade de l'atteinte, elle permet de disposer de document numérique, donc rationnel, de base pour pouvoir ultérieurement les comparer à d'autres mesures si une étude longitudinale est réalisée.

III.2.1.2 - Selon la densité moyenne le long d'une section linéaire

Il faut dire que cette méthode n'a pas été utilisée de façon systématique. Néanmoins, elle peut rendre de grands services dans la reconnaissance des espaces strictement aériques et de leur localisation. Elle permet

par exemple de différencier une zone avasculaire du plan scissural d'une zone emphysémateuse.

III.2.1.3 - Selon l'histogramme des densités

En abscisse, nous avons porté la densité en unité Hounsfield par rangée de 25 UH. L'origine est représentée par - 1.000 UH. En ordonnée, nous avons porté les surfaces (ou volumes) relatives.

Les courbes obtenues montrent :

III.2131 - Poumon normal (Planche XI.3)

La courbe a grossièrement la forme d'une "crête de coq" :

- le premier grand pic est à distance moyenne de l'ordonnée (- 875 UH)
- entre - 1000 UH et - 900 UH, la "tête" de la courbe est basse et monte très progressivement
- à partir de - 725 UH la "queue" de la courbe est plate et s'identifie à l'abscisse
- entre - 875 UH et - 725 UH, la courbe présente un nombre de pics décroissants variables.

III.2132 - Poumon emphysémateux (Planche XII.6 en trait plein)

La courbe est différente de la précédente :

- entre - 1000 UH et - 900 UH, la "tête" de la courbe est très haute et peut renfermer un ou plusieurs pics
- à partir de - 700 UH, la "queue" s'identifie à l'abscisse
- entre - 875 UH et - 725 UH, la forme de la courbe rappelle celle du poumon normal mais dont les pics sont déplacés légèrement à droite. Ce déplacement peut rendre compte de la compression du parenchyme pulmonaire par les bulles.

III.2133 - Poumon de DDB et bronchite chronique

Dans les DDB graves, la courbe présente toujours la même physiologie, mais la tête présente un pic à - 900 UH d'amplitude plus ou moins grande. La portion intermédiaire est légèrement décalée vers la droite.

La "queue" devient plate en deçà de - 700 UH.

Lorsque l'atteinte est modérée, la courbe est difficile à différencier d'une courbe non pathologique. Il faut dire cependant que l'histogramme de densité ne possède aucune spécificité et est ininterprétable sans l'image et la clinique.

III.2.2 - Dans les atteintes interstitielles

III.2.2.1 - Selon la densité d'un volume pulmonaire

Le tableau 2 (Planche XI.1) montre que l'atteinte interstitielle se distingue densitométriquement de façon nette des B.P.O.C. Elle se situe dans un spectre de raie allant de - 725 UH à - 535 UH pour la majorité des cas. Plus la valeur densitométrique est haute, plus sévère est l'atteinte interstitielle à l'examen visuel.

Quatre valeurs sont inférieures à cette limite. Dans deux d'entre elles une explication est plausible :

- Dans un cas, il s'agissait d'une BBS au stade 1 avec atteinte ganglionnaire pure sans atteinte parenchymateuse (\overline{DM} est pour le poumon droit - 774 UH et pour le poumon gauche - 779 UH). Ces chiffres rentrent dans le spectre des valeurs densitométriques du poumon normal.

- Dans un autre cas, il s'agissait d'un sujet silicotique à IPP 70 % en 1970 (7 ans de mines) qui présente des masses pseudo tumorales et une distension thoracique importante avec une bulle géante de la base du poumon gauche (\overline{DM} du poumon droit - 760 UH - \overline{DM} du poumon gauche - 784 UH). L'explication de ces résultats peut vouloir dire que c'est la distension thoracique qui prédomine sur l'atteinte interstitielle.

POUMON DROIT					POUMON GAUCHE			
N° CAS	FID	BBS	Maladie environnement	Maladie allergique	FID	BBS	Maladie environnement	Maladie allergique
83 083				575				604
468		711				725		
579	627				620			
84 066			744				755	
084			709				686	
086							632	
105		774				779		
127				717				711
137			760				784	
264		669				687		
276		709				726		
279		751				771		
339		636				633		
432	598				662			
498					592			
764	734				733			
818	571				601			
82 328	675				537			
84 461	621				554			
83 228			796					

TABLEAU 2 : ATTEINTE INTERSTITIELLE

- Le troisième cas présente des \overline{DM} pour le poumon droit - 751 UH et pour le poumon gauche - 771 UH). Il s'agit d'une atteinte sarcoïdique ganglions parenchymateux diagnostiquée en 1982. Les résultats densitométriques actuels peuvent vouloir dire qu'il y a eu régression des lésions (hypothèse sans preuve).

- Le quatrième cas, silicotique (DM poumon droit - 744 UH - DM poumon gauche - 755 UH). Pas d'explication cohérente.

III.2.2.2 - Selon la densité moyenne le long d'une section linéaire

Cette méthode n'a guère été utilisée ici.

III.2.2.3 - Selon l'histogramme des densités

La morphologie de la courbe diffère nettement de celle des B.P.O.C. Elle est déplacée profondément vers les hautes densités.

L'analyse de la courbe montre là aussi trois portions :

- Une première portion caractérisée entre - 1000 UH et - 875 UH. Elle signifie qu'il n'existe pas de distension aérienne thoracique et/ou que le rapport $\frac{\text{air}}{\text{Tissu pulm. + sang capillaire}}$ diminue par augmentation du dénominateur.

- Une deuxième portion avec peu de pic de moyenne amplitude se localisant entre - 875 UH et - 725 UH, son interprétation est difficile. Toutefois, la confrontation des résultats numériques avec l'image permet de déduire que le pic le plus proche de - 875 UH traduit l'existence de discrète lésion emphysémateuse.

- Une troisième portion constituée de plusieurs pics d'amplitude variable, mais la courbe ne s'identifie plus à l'abscisse comme dans les B.P.O.C. Elle s'en éloigne nettement, traduisant par là la densification des poumons secondaires à l'atteinte interstitielle.

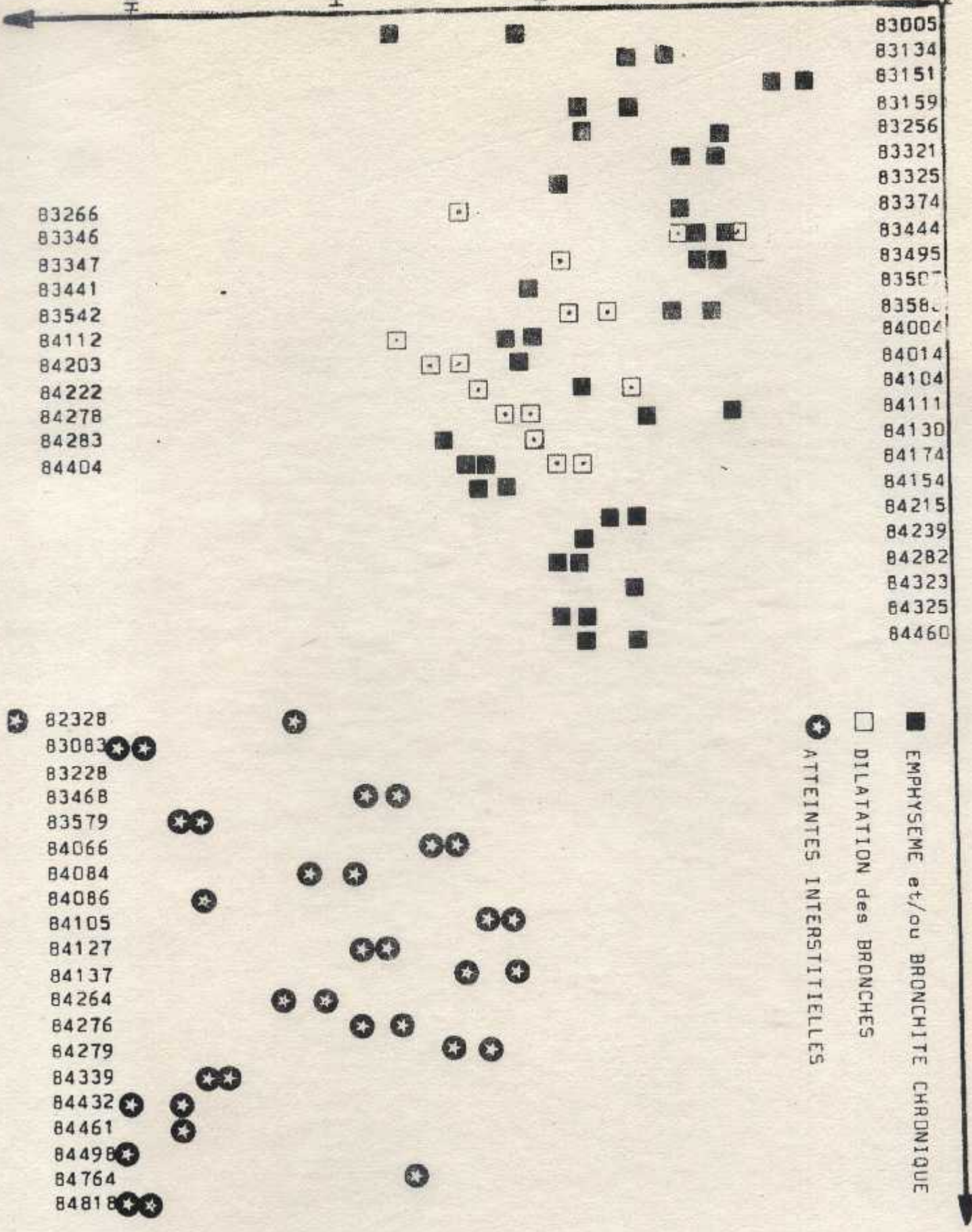
-600UH -700UH -800UH -900UH -1000UH

83266
83346
83347
83441
83542
84112
84203
84222
84278
84283
84404

83005
83134
83151
83159
83256
83321
83325
83374
83444
83495
83507
83580
84004
84014
84104
84111
84130
84174
84154
84215
84239
84282
84323
84325
84460

82328
83083
83228
83468
83579
84066
84084
84086
84105
84127
84137
84264
84276
84279
84339
84432
84461
84498
84764
84818

■ EMPHYSEME et/ou BRONCHITE CHRONIQUE
□ DILATATION des BRONCHES
★ ATTEINTES INTERSTITIELLES



OBSERVATIONS

OBSERVATION N° 1 (Planche XI.4.5.6)

Emile C... (n° scanner 84 127), né le 5.10.1917, gruyériste de profession (pendant 35 ans), puis salbleur, est suivi par le service des insuffisants respiratoires de la Tour Drouet au CHU Brabois, pour bronchite chronique associée à de l'emphysème centro-lobulaire vraisemblable.

Dans les antécédents, nous notons une bullectomie de Fowler droit 1972.

A l'entrée, il était dans un tableau d'hypoxie, d'hypocapnie avec une majoration récente de la dyspnée. Le Tco est effondré.

La radiographie pulmonaire (RP) montre des images aréolaires multiples. L'examen est demandé dans le cadre de bilan et pour éventuellement rechercher une atteinte interstitielle non vue sur la RP. Il est fait plusieurs jours après son admission. Il montre :

- sur le plan visuel : les images TDM attirent plus volontiers l'attention sur l'atteinte bulleuse de topographie sous pleurale étendue aux deux champs pulmonaires.

Sur quelques coupes, il semble bien qu'il y ait quelques stigmates d'atteinte interstitielle, mais dont la gravité apparaît a priori passer au second plan par rapport à l'atteinte emphysémateuse.

Analyse numérique

La courbe est doublement pathologique. Elle est suffisamment déplacée vers les hautes densités pour signer une densification pulmonaire secondaire à l'atteinte interstitielle professionnelle. La "queue" qui s'écarte nettement de l'abscisse est un bon critère.

Elle rend compte de l'atteinte emphysémateuse sous pleurale par l'existence d'une population entre - 1000 UH et - 875 UH. Cependant le diagramme traduit une atteinte moins grave que ne laisserait supposer l'oeil humain.

Commentaires

Cette observation démontre l'intérêt diagnostique de la quantification pulmonaire par TDM en pratique médicale courante.

En effet, ce patient qui était classé parmi le groupe des B.P.O.C. se voit appartenir aussi au groupe des maladies interstitielles grâce à la densitométrie.

L'intérêt pratique, quant aux suites de la prise en charge de ce patient, est évident.

PLANCHE XI

1	4
2	5
3	6

1. Tableau récapitulatif des densités.

Le diagramme montre que deux populations sont nettement individualisées l'une par rapport à l'autre : celle des B.P.D.C. et celle des interstitielles.

Dans le premier groupe, les D.D.B. et la bronchite chronique se rangent dans le spectre -750 U.H. à -825 U.H.. Le seul cas qui se situe à -880 U.H., porteur de la maladie des cils vibratiles présente une atteinte emphysémateuse grave (image planche VI.2).

2. Pascal A. (n° scanner 84077) - 30 ans

Poumons normaux.

Le poumon droit présente une variante de la normale (scissure azygos \uparrow).

3. Courbe du poumon droit normale. Elle sert d'étalonnage : le premier grand pic est à distance moyenne de l'ordonnée (-875 U.H.).

Entre -1000 U.H. et -900 U.H., la courbe est relativement "plate".

A partir de -725 U.H., la "queue" de la courbe est plate et s'identifie à l'abscisse. Le petit pic à -600 U.H. traduit très vraisemblablement la densification azygos.

Entre -850 U.H. et -725 U.H., la courbe présente un nombre de pics décroissants variable.

Bilan diagnostique

4. Observation n° 1 - Emile C. (n° scanner 84127) - 67 ans

Analyse visuelle : emphysème sous-pleural étendu aux deux poumons semblant prédominer à l'oeil.

5. Idem 4.

Tableau récapitulatif des densités par rangée de 25 U.H.

6. Idem 4.

Courbe du poumon droit :

- la courbe représente un état pathologique : elle est suffisamment déplacée vers les hautes densités pour signer une densification pulmonaire (ici, atteinte interstitielle professionnelle : fromager / sableur) ;
- de -1000 U.H. à -875 U.H., la population emphysémateuse n'est pas aussi importante que l'oeil humain pourrait le supposer ;
- la "queue" de la courbe est franchement pathologique : elle s'écarte nettement de l'abscisse.

OBSERVATION N° 2 (Planche XII.1.2.3.4.5.6)

Marcel V... (n° scanner 83 495 et 84 004), né le 6.8.1913, Travailleur dans la métallurgie, gros fumeur (40 paquets/an), hospitalisé à plusieurs reprises pour insuffisance respiratoire.

Dans les antécédents, nous notons un asthme depuis l'âge de 30 ans et une bronchite chronique il y a 2 ans.

En 1975, une grosse bulle du poumon est découverte. L'indication chirurgicale est posée. Le patient la refuse.

En 1983, à l'occasion d'une nouvelle hospitalisation pour aggravation des symptômes, la radiographie pulmonaire montre deux bulles géantes bilatérales et postérieures. L'indication chirurgicale est de nouveau posée. Elle est acceptée par le patient.

Un bilan TDM est alors demandé. Il est fait avant et après intervention. Il montre :

- sur le plan visuel : deux bulles géantes bilatérales et postérieures, ainsi qu'une autre plus petite, "oblongue" car tassée.
Le parenchyme est à distance de la paroi postérieure.
Les structures vasculaires ont une direction oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant à l'exception d'un vaisseau inférieur du poumon gauche dont la direction est horizontale.
Sur la coupe suivante, nous notons l'existence de grosses veines pulmonaires supérieures, droite et gauche qui traduisent le retentissement de la compression bulleuse sur la circulation de retour.

En post-opératoire : les bulles géantes ont disparu. La petite bulle gauche est toujours là et sa localisation antéro-latérale par rapport à l'aorte thoracique descendante devient rétro-aortique.

Le parenchyme sain s'est "re-expansé" et arrive au contact de la paroi postérieure.

Les structures vasculaires déjà identifiées ont pris une direction oblique de dedans en dehors et d'avant en arrière, ce qui témoigne de l'expansion pulmonaire.

Sur le plan numérique : les courbes du poumon gauche d'avant et après intervention sont très significatives.

La courbe pré-opératoire (en trait plein) révèle l'existence d'une énorme population émphysémateuse entre - 1000 UH et - 900 UH.

La "queue" de la courbe est plate à partir de - 700 UH et s'identifie à l'abscisse.

La courbe post-opératoire (en pointillé) est amputée de sa "tête" ; seul persiste un petit pic à - 950 UH témoin des bulles résiduelles. Elle s'est déplacée légèrement à droite pour se placer dans un spectre de raie du poumon normal. Elle rappelle d'ailleurs la courbe de celui-ci.

Commentaires

Cette observation illustre la place de la quantification pulmonaire par TDM dans le bilan chirurgical de bulles.

Elle suggère que la densitométrie peut prévoir le volume pulmonaire à opérer et également ce que sera le poumon restant. Ce dernier point est particulièrement intéressant et signifie que la TDM est capable de prévoir la "fonctionnalité" et la "re-expansibilité" du poumon tassé, ce qu'aucune autre technique à l'heure actuelle ne permet d'envisager.

PLANCHE XII

1	4	
2	5	<u>Bilan densitométrique des bulles d'emphysème chirurgical.</u>
3	6	Observation n° 2 - Marcel V. (n° scanner 83495)

A. Bilan pré-opératoire.

1. Coupe passant par la caréna.

Analyse visuelle :

- emphysème bulleux bilatéral,
- bulles géantes bilatérales,
- noter la présence d'une bulle plus petite "oblongue" car tassée*,
- le parenchyme est à distance de la paroi postérieure,
- noter que la direction des structures vasculaires identifiées par ↓ est oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant à l'exception du vaisseau inférieur du poumon gauche dont la direction est horizontale.

2. Coupe passant par le tronc bronchique intermédiaire.

Analyse visuelle :

- gros hiles vasculaires, remarquer que l'augmentation de calibre des veines pulmonaires supérieures droite ↑ et gauche ▲ témoin d'une stase dans la circulation de retour créée par la compression bulleuse.

3. Tableau des densités du poumon gauche par rangée de 25 U.H. (examen de 1984)

B. Bilan post-opératoire (n° scanner 84004)

4. Même niveau de coupe qu'en 1.

Analyse visuelle :

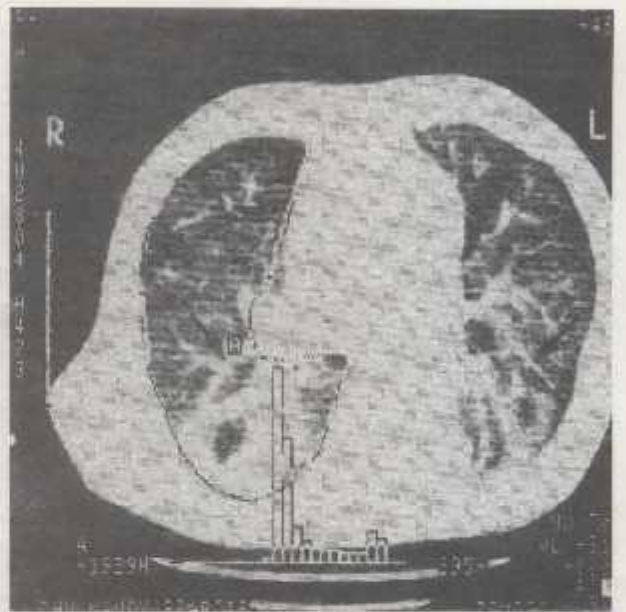
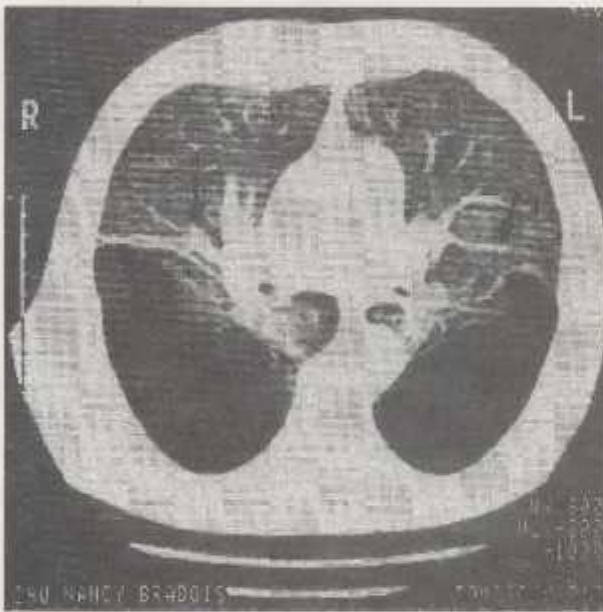
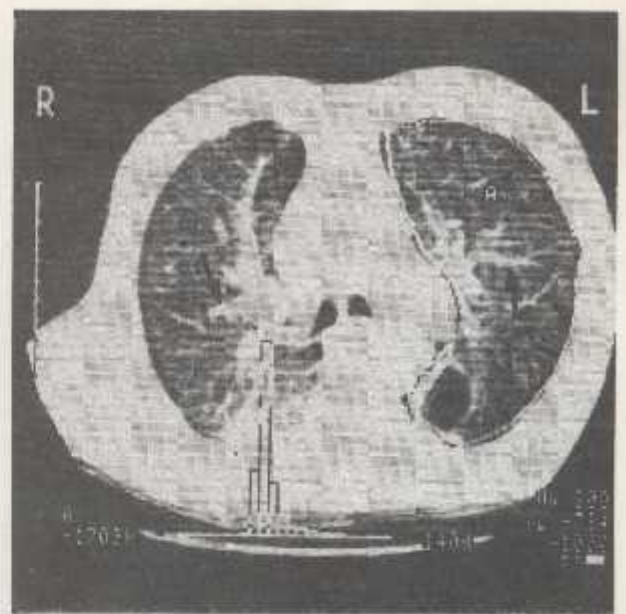
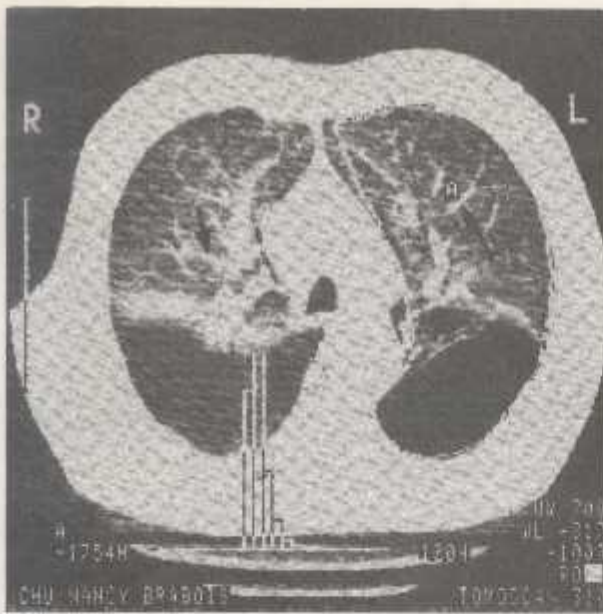
- les bulles géantes ont disparu. La petite bulle gauche est toujours là*, un peu plus volumineuse et plus arrondie. Sa projection qui était antéro-latérale droite par rapport à l'aorte thoracique descendante est devenue postéro-aortique.
- le parenchyme sain s'est "ré-expansé" et arrive au contact de la paroi postérieure.
- les mêmes structures vasculaires identifiées en 1. ont pris une direction oblique de dedans en dehors et d'avant en arrière, témoin de l'expansion pulmonaire ↓.

5. Même niveau de coupe qu'en 2.

Densification parenchymateuse postérieure post-opératoire.

6. Analyse numérique :

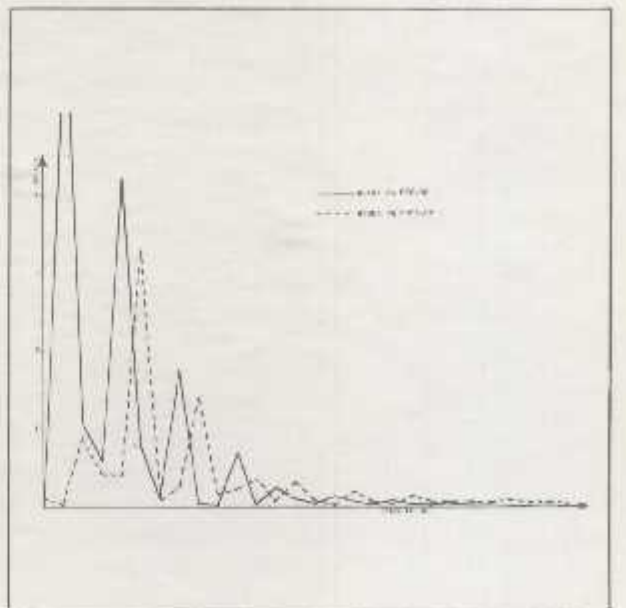
- les courbes (ici des poumons gauches d'avant et d'après l'intervention) sont très significatives.
- la courbe pré-opératoire (en trait plein) révèle l'existence d'une énorme population emphisémateuse à la "tête" de la courbe entre -1000 U.H. et -900 U.H.
- à partir de -700 U.H., la "queue" de la courbe s'identifie pratiquement à l'abscisse.
- la courbe post-opératoire (pointillé) est amputée de sa "tête", seul persiste un petit pic à -950 U.H., témoin de bulles résiduelles. Elle s'est déplacée légèrement à droite pour se placer dans un spectre de raie du poumon normal (elle rappelle d'ailleurs la courbe de la planche XI.3.



CHU NANCY BRABOIS

NUMERO	CHU NANCY BRABOIS	NUMERO	CHU NANCY BRABOIS
1	1754H	1	1754H
2	1703H	2	1703H
3	1652H	3	1652H
4	1601H	4	1601H

CHU NANCY BRABOIS



OBSERVATION N° 3 (Planche XIII.1.2.3.4.5.6)

Marcel A... (n° scanner 83 468), né le 30.03.1953, fonctionnaire, hospitalisé à V.H.2 pour pneumothorax idiopathique récidivant et greffe aspergillaire sur cavités tuberculeuses excavées bi-apicales.

Dans les antécédents, nous notons plusieurs épisodes de pneumothorax antérieurs.:

- . en 1974 : pneumothorax gauche
- . en 1975 : pneumothorax à droite, puis à gauche

Une pleurectomie bilatérale est faite.

Entre 1975 et 1979, un petit pneumothorax localisé de la base gauche a été constaté.

En 1982, atteinte tuberculeuse traitée pendant 9 mois.

En 1983, la radiographie montrait une atteinte interstitielle prédominante à gauche, compatible avec une atteinte parenchymateuse de la sarcoïdose et des images apicales de "greffe" aspergillaire.

Ce patient a bénéficié de deux examens TDM à 7 mois d'intervalle. Ils montrent :

En 1983 - analyse visuelle : une atteinte interstitielle diffuse à type d'épaississement de l'interstition péri broncho vasculaire inter lobulaire et sous pleural, ainsi qu'une atteinte micro-nodulaire diffuse et une petite scissure épaissie.

Il est à signaler un certain degré d'hyperaération pulmonaire.

En 1984 : la maladie s'aggrave comme le montre l'extension de l'atteinte interstitielle, notamment dans sa topographie sous pleurale.

Mais c'est surtout l'aération pulmonaire qui a nettement diminuée, témoin de la diminution des espaces aériques. Les poumons apparaissent plus densifiés.

Analyse numérique :

Les densités obtenues sont :

	PD	PG
83 468	711	725
84 339	635	633

Les courbes représentatives montrent :

En 1983 :

- La "queue" de la courbe se détache de l'abscisse, ce qui témoigne de la densification pulmonaire.
- Le pic à - 900 UH traduit un certain degré d'hyperaération pulmonaire.
- La courbe est globalement déplacée à droite (pic central à - 850 UH) par rapport à celle du poumon normal.

En 1984 :

- La "queue" de la courbe est plus nettement détachée de l'abscisse, ce qui signe l'aggravation de la densification pulmonaire.
- Le pic à - 900 UH a nettement diminué par rapport à celui de 1983.
- Le pic central à - 850 UH a diminué d'amplitude, témoin d'un certain degré de rétraction pulmonaire.

Commentaires

Cette observation montre l'intérêt de la TDM dans l'étude longitudinale des affections pulmonaires chroniques diffuses. L'aggravation de la maladie a été démontrée tant par l'image que par le nombre.

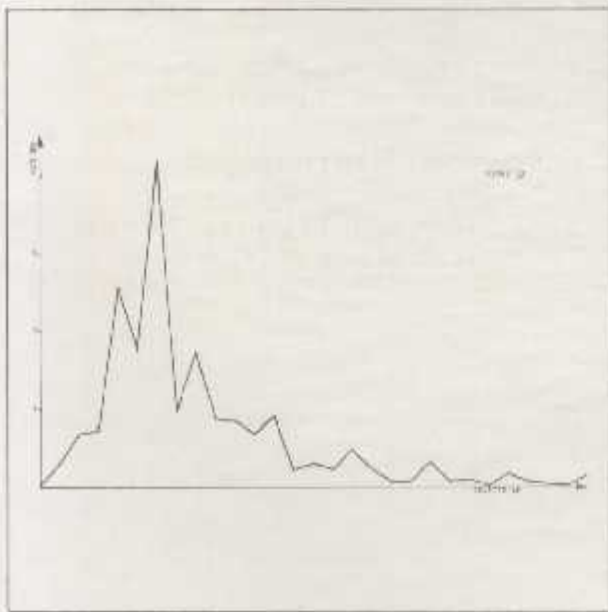
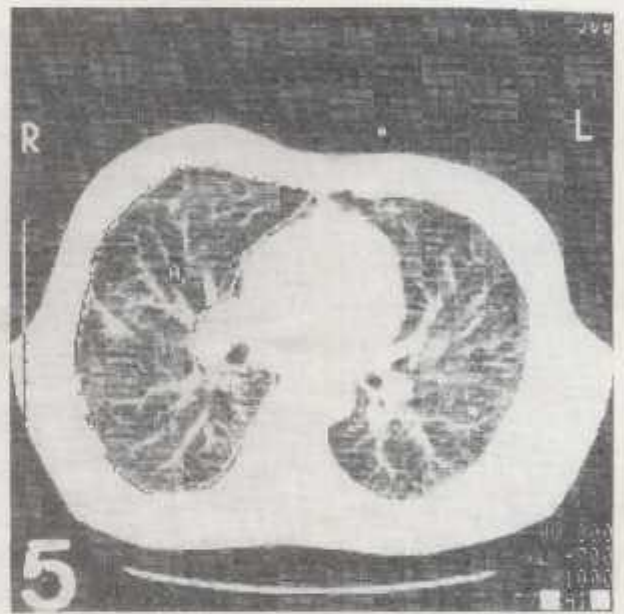
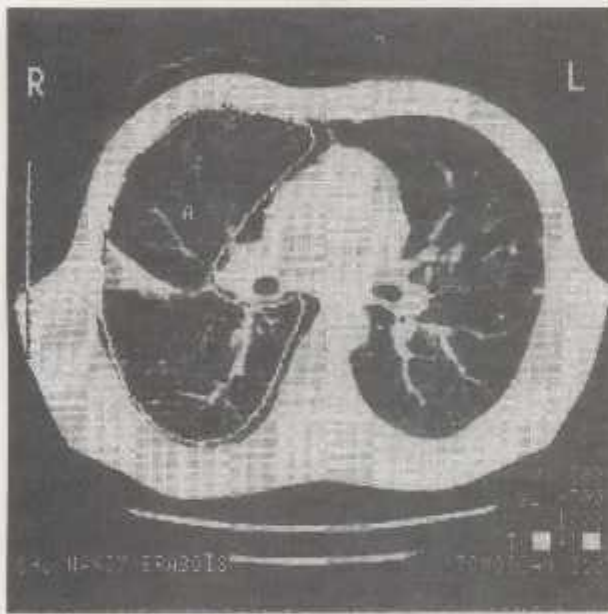
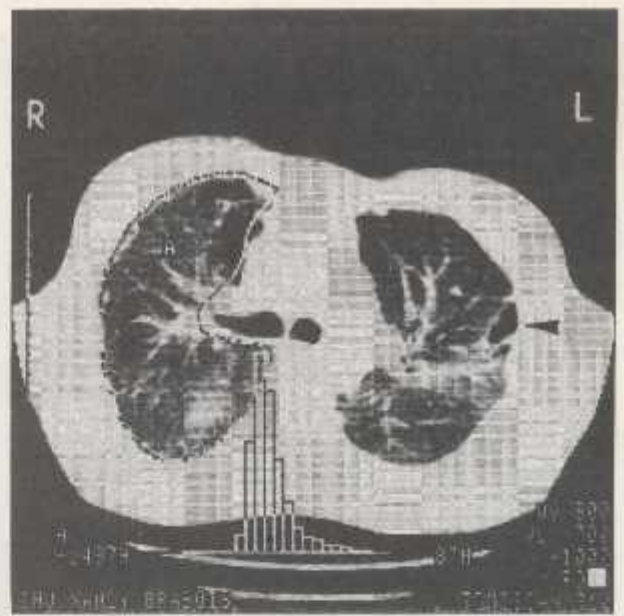
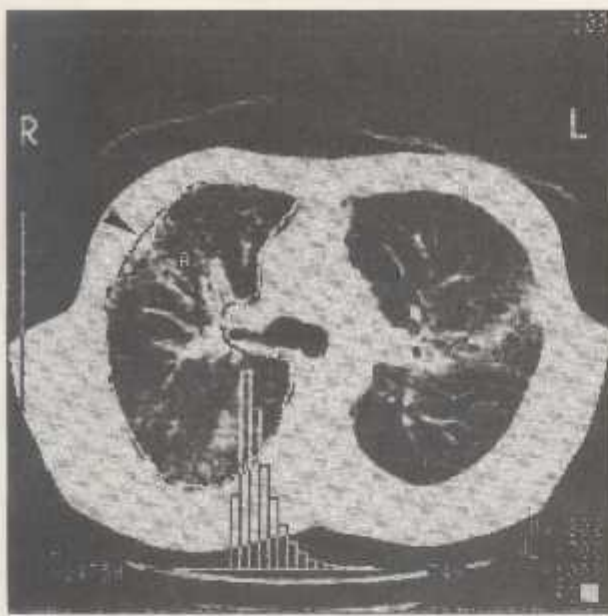
1	4
2	5
3	6

Bilan densitométrique de l'atteinte interstitielle

A. Etude longitudinale

Observation n° 3 : Alain M. - 1er examen le 03.11.83

1. Coupe passant par la bronche lobaire supérieure droite.
Analyse visuelle : atteinte interstitielle diffuse,
- épaississement de l'interstitium peribroncho-vasculaire,
interlobulaire et sous-pleural,
- atteinte micronodulaire diffuse.
Il existe un certain degré d'hyper aération.
2. Coupe passant par le tronc intermédiaire.
Analyse visuelle : épaississement scissural.
3. Courbe du poumon droit.
Analyse numérique :
- la "queue" de la courbe se détache de l'abscisse, témoin de la densification pulmonaire,
- à -900 U.H., le pic traduit le degré d'hyper inflation,
- la courbe s'est déplacée globalement à droite (pic central à -850 U.H) par rapport à celle du poumon normal.
4. Deuxième examen le 03.05.85 (n° scanner 84339)
Même niveau de coupe qu'en 1.
Analyse visuelle : aggravation de la maladie ; l'atteinte interstitielle s'est étendue, notamment dans sa localisation sous-pleurale. Mais c'est surtout l'aération pulmonaire qui a nettement diminué comme ne témoignent les deux clichés pris avec une même fenêtre.
5. Même niveau de coupe qu'en 2.
Analyse visuelle : la scissure semble moins épaissie, mais le poumon est globalement plus dense et plus rétracté.
6. Courbe du poumon droit
Analyse numérique :
- la "queue" de la courbe est plus nettement détachée de l'abscisse, ce qui signe l'aggravation de la densification pulmonaire.
- à -900 U.H., la population a nettement diminué par rapport à celle de 1983.
- le pic central à -850 U.H. a diminué d'amplitude, témoin d'un certain degré de rétraction pulmonaire.



OBSERVATION N° 4 (Planche XIV.1.2.3.4.)

Noël F... (n° scanner 84 432) 20 ans arriéré mental, hospitalisé pour ce, présente une maladie de HAMMAN RICH pour laquelle il est suivi par le service des Insuffisants Respiratoires de Brabois.

A l'occasion d'une radiographie pulmonaire systématique dans le cadre de son bilan périodique, nous avons saisi l'occasion pour demander au médecin l'opportunité d'explorer son patient par tomodensitométrie. L'examen est fait. Il montre :

Analyse visuelle : deux poumons globalement densifiés au sein desquels s'incrument d'innombrables micro et/ou macro-cavités kystiques.

L'atteinte interstitielle est manifeste : épaissement de l'intensité inter lobulaire et péri broncho-vasculaire, ainsi qu'un semis de densification micro-nodulaires.

Analyse numérique : les courbes des deux poumons sont très pathologiques, nettement déplacées à droite et caractérisent la densification pulmonaire grave.

- Les "queues" se détachent très nettement de l'abscisse.
- entre - 1000 UH et - 900 UH, les "têtes" des courbes sont plates et s'identifient à l'abscisse.
- Le pic central à - 850 UH est très faible et signifie qu'il n'existe presque plus de poumon normal. Le diagramme montre en outre que le poumon droit est encore plus gravement atteint que le gauche.

Commentaires :

Cette observation montre l'aspect typique de courbe d'atteinte interstitielle au stade ultime (rayon de miel). Elle montre la gravité de la maladie et en donne le pronostic à court terme puisqu'elle montre qu'il n'existe pratiquement plus de poumon normal. Elle en précise même le côté le plus atteint.

OBSERVATION N° 5 (Planche XIV 5.6.)

Pascal A... (n° scanner 84 082), 30 ans, a subi un examen TDM pour pneumothorax spontané gauche, après que le poumon soit revenu à la paroi.

Dans les antécédents, nous ne notons rien de particulier.

L'examen montre :

- en fenêtre serrée, la présence de deux petites bulles sous pleurales médiastinales, apicales, rétro et latéro-vasculaires (en l'occurrence l'artère sous clavière gauche).

Une 3ème petite image hypodense "oblongue" s'inscrit au sein d'une densification en "coup d'angle" sur le côté gauche au même plan.

En fenêtre serrée, les deux premières images sont mal analysables, par contre la troisième apparaît circonscrite par un liseré dense, plus épais sur son bord externe que sur son bord interne, se prolongeant discrètement vers le haut et vers le bas. Ce liseré dense, immédiatement sous la graisse extra pleurale, est la plèvre viscérale.

Cette hypothèse pose le diagnostic de blebs, c'est-à-dire de collection aérique au sein d'une fissuration de la plèvre viscérale.

Commentaires

Cette observation démontre l'intérêt du bilan TDM des pneumothorax récidivants de sujets jeunes. Elle donne une cartographie détaillée exacte des lésions. Elle permet de les décrire et d'en apprécier le degré de risque de récurrence et donc d'intervenir dans le débat thérapeutique.

L'hypothèse de blebs n'a pas été vérifiée histologiquement, mais si tel est le cas, la TDM apparaît comme une méthode d'imagerie capitale pour donner plus de compréhension aux études pathogéniques de ces pneumothorax récidivants et donne à la TDM un rôle de choix dans les études épidémiologiques.

Aucune autre technique à l'heure actuelle ne permet d'atteindre cette finesse de l'image dans ce cas particulier.

1	4
2	5
3	6

Bilan densitométrique de l'atteinte interstitielle/suite

B. Etude du poumon en rayon de miel (stade ultime de la maladie)
 Observation n° 4 : Noël F. (84432) - Maladie de Hamman Rich

1. Coupe passant par les apex pulmonaires.

Analyse visuelle : si les petites images hypodenses sous-pleurales peuvent attirer l'attention ▲, il faut surtout ici savoir reconnaître les épaissements septaux interlobulaires. ▲

2. Coupe passant par le plan des veines pulmonaires inférieures.

Analyse visuelle :

- poumons globalement densifiés,
- innombrables micro-cavités kystiques,
- épaissement de l'interstitium interlobulaire ▲ et péri broncho-vasculaire,
- semis de densifications micro-nodulaires.

3. Coupe légèrement plus basse que la précédente.

Analyse visuelle : en plus, visibilité des nodules ▲

4. Courbes

Analyse numérique : les deux poumons droit et gauche sont ici représentés. Les courbes sont manifestement pathologiques et nettement déplacées à droite.

- les "queues" se détachent très nettement de l'abscisse,
- entre -1000 et -900 U.H. les "têtes" des courbes sont plates et s'identifient à l'abscisse,
- le pic central à -875 U.H. est très faible et signifie qu'il n'existe presque plus de poumon normal.

Le diagramme montre en outre que le poumon droit est encore plus gravement atteint que le gauche.

Etude épidémiologique

Tomodensitométrie et pneumothorax spontané

Observation n° 5 : Pascal A. (n° scanner 84082)

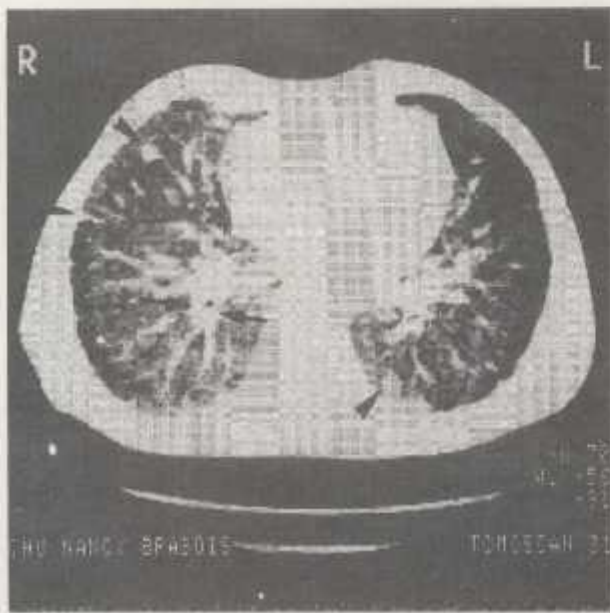
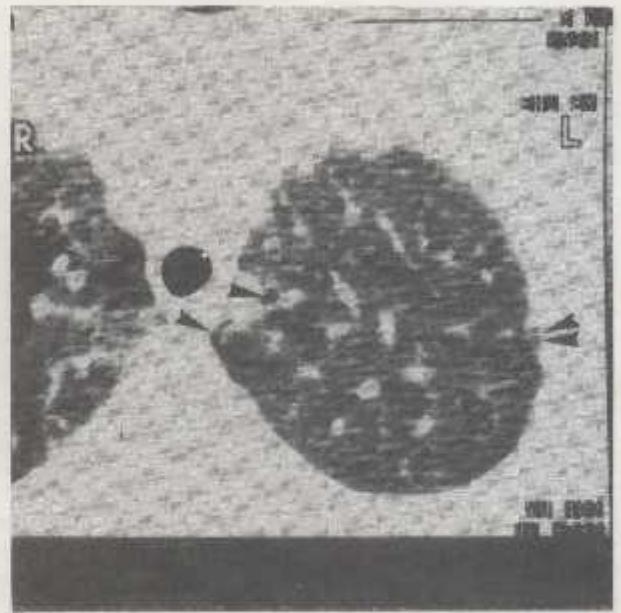
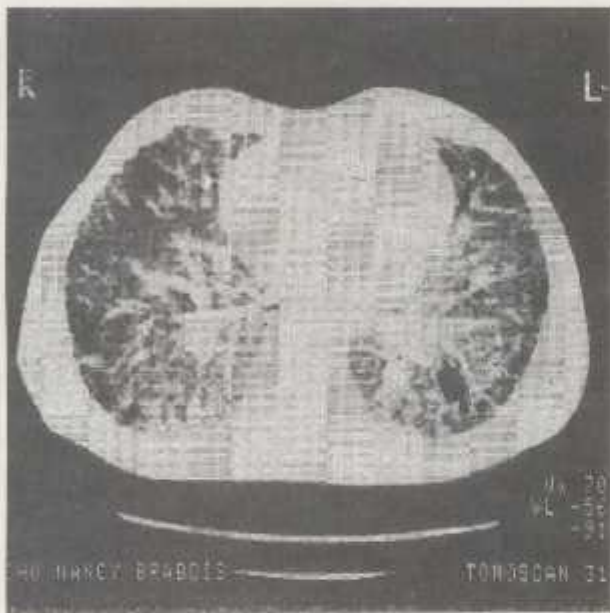
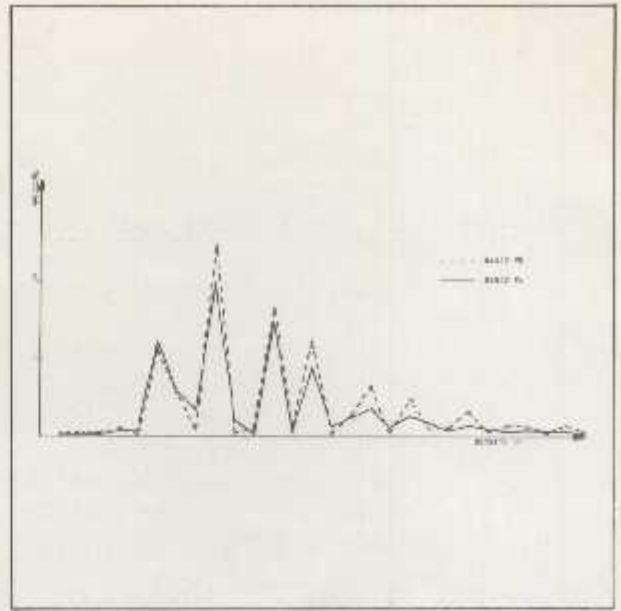
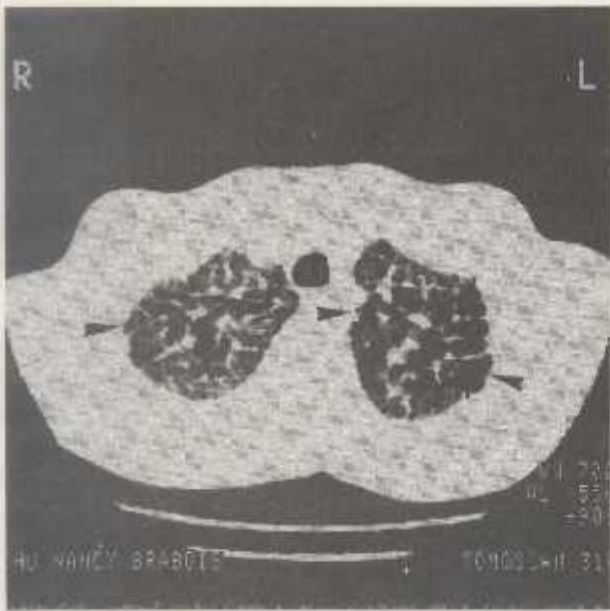
5. Coupe passant par les apex pulmonaires

En fenêtre serrée :

- deux petites bulles sous-pleurales médiastinales rétro et latéro-vasculaires (en l'occurrence l'artère sous-clavière gauche) ▲,
- une troisième image hypodense "oblongue" s'inscrit au sein d'une densification en "comp d'angle" sur le côté gauche ▲.

6. Idem 5. - En fenêtre large :

L'image est en fait circonscrite par un liseré dense plus épais sur son bord externe que sur son bord interne, se prolongeant discrètement vers le haut et vers le bas ▲▲. Ce liseré, immédiatement sous la graisse extra-pleurale, est la plèvre viscérale. Cette hypothèse pose le diagnostic de blebs. Aucune autre technique à l'heure actuelle ne permet d'atteindre cette finesse de l'image.



DISCUSSION

I - SUR LE PLAN THEORIQUE

I.1 - Le nombre Hounsfield

Le nombre Hounsfield traduit la mesure du coefficient linéaire d'atténuation. Il dépend de plusieurs paramètres.

- . Du type d'appareillage utilisé. Mais ce qui est plus inquiétant, c'est qu'il existe des variations significatives pour le même appareil, c'est pourquoi l'étalonnage de l'appareil est de rigueur lorsqu'on fait une étude de densité.

- . Il existe une différence significative du nombre Hounsfield en fonction de la position du sujet dans l'appareil. Cette différence n'est pas constante pour les différentes marques d'appareil.

- . Il peut exister une différence significative de la valeur absolue du nombre Hounsfield en fonction des paramètres physiques (kV, orientation du sujet dans l'ouverture du scanner).

- . Du mode de reconstruction filtrée dont dispose le scanner dans le spectre des hautes densités (ex. : nodules).

- . De la vitesse du scanner.

- . Du bruit de fond.

- . Normalité

- . Uniformité

Ce sont probablement les causes essentielles de variation du nombre Hounsfield entre scanner et à l'intérieur d'un même scanner.

. Artéfacts qui sont générés par plusieurs sources, notamment l'impossibilité de faire l'apnée et les battements cardiaques.

. L'effet de volume partiel.

Mais nous l'avons déjà vu, le nombre Hounsfield varie en fonction :

- . du volume ventilatoire : il existe un gradient de - 80 HU à - 100 HU entre la densité d'un poumon prise en inspiration maximale et celle prise en expiration ;
- . du volume sanguin pulmonaire. GODDARD(56) montre que la densité pulmonaire mesurée par TDM et en bonne corrélation avec les modifications vasculaires de l'emphysème ;
- . du volume de liquide extra-cellulaire (71).

Pour notre travail, plusieurs de ces paramètres ont été respectés de fait. Tous les patients ont été examinés avec le même appareil, les mêmes paramètres physiques (kV, MAS), la même position du patient (décubitus dorsal) et la même situation dans l'ouverture du scanner (1ère coupe commence toujours tangentiellement à la clarté aérique apicale), le même mode de reconstruction filtrée qui est indirecte, la même vitesse.

Des artéfacts ont été rencontrés de temps à autre sur quelques coupes. Elles ont été évitées intentionnellement par nous même lors de la délimitation du champ pulmonaire sur chaque coupe. Quelquefois, l'artéfact est créé par un mouvement respiratoire. La coupe intéressée a été refaite immédiatement.

Le problème de l'effet du volume partiel a été évoqué au § II.3.3.

1.2 - Paramètres physiologiques

SIEGELMAN a montré que pour atténuer les différences du nombre CT et rendre les résultats reproductibles, il est important de faire les mesures sur des poumons en inspiration maximale qui est un état reproductible.

Dans notre travail, nous avons "coupé" le poumon dans sa position indifférente du cycle respiratoire. Ceci pour la raison suivante : nos patients étaient de grands insuffisants respiratoires qui ne pouvaient pas tenir l'apnée après une inspiration maximale durant l'ensemble de l'examen.

1.2.1 - Épaisseur de coupe

En toute logique et dans un cadre général, l'épaisseur de coupe devrait être commandée par l'analyse des clichés standards. Toutefois dans le cadre de cette étude qui s'intéresse aux affections diffuses pulmonaires, le choix est dicté par :

- . ce que l'on désire voir
- . l'étendue des surfaces à "couper"
- . la valeur relative du nombre Hounsfield qui soit le plus réaliste.

1.2.1.1 - Ce que l'on désire voir

Dans les broncho-pneumopathies obstructives chroniques, l'épaisseur de coupe de 9 mm réalise un bon compromis, notamment dans les dilations de bronche (Cf II.2.1.1). Ce fut le cas pour cette étude.

Dans les affections interstitielles diffuses, une épaisseur de coupe très fine (1,5 mm) en utilisant la haute résolution de l'image est indiquée.

Pour cette étude, ce critère n'a pas été respecté parce que les conditions de déroulement de l'examen ne le permettaient pas. Toutefois, quelques images prises en coupes fines de malades qui ne font pas partie de cette étude sont rapportées.

1.2.1.2 - L'étendue des surfaces à "couper"

Il faut en moyenne 16 coupes non jointives de scanner pour examiner la totalité des poumons de sujets obstructifs et environ 12 coupes de moyenne pour les sujets interstitiels. Ce qui correspond en gros à un temps

de 30 minutes pour le 1er cas et de 20 minutes pour le second, avec le TOMOSCAN 310. Les modalités d'accès au scanner (un jour par semaine) et le nombre élevé de demandes ont fait que nous avons opté pour une épaisseur de coupe de 9 mm.

I.2.1.3 - La valeur relative du nombre Hounsfield

Il est démontré que ce nombre est d'autant plus fiable que l'épaisseur de coupe est fine (158).

I.2.2 - Extraction automatique des surfaces pulmonaires

L'étude telle qu'elle a été réalisée demande un temps trop long (16 heures par thorax au début de l'expérience). Des procédés de calcul automatique des surfaces pulmonaires en vue de leur quantification ont été décrits par HEDLUNG (68).

Des améliorations techniques additionnelles au Computer de Scanner devraient permettre de rendre la méthode routinière et aisée.

II - EN PRATIQUE

Malgré toutes les restrictions citées ci-dessus, notre expérience permet de dire que le TDM apporte plus d'informations que la radiographie conventionnelle sur le plan visuel et numérique.

II.1 - Sur le plan visuel

II.1.1 - Apport de la TDM

La TDM constitue un apport considérable dans l'exploration thoracique. Outre le fait qu'elle donne une vue axiale des poumons libres de toute superposition, elle permet une véritable analyse macroscopique des lésions et réalise une véritable autopsie in vivo. A ce titre, elle joue un rôle important dans la détection précoce des affections pulmonaires et peut aider à l'étude épidémiologique. En effet, la TDM est capable de montrer l'existence d'emphysème quand la radiographie pulmonaire apparaît

comme normale. Elle permet de trouver une explication à certains troubles fonctionnels respiratoires lorsque la radiographie pulmonaire est normale. Souvent elle nous a permis d'affirmer le substratum anatomique de certaines insuffisances respiratoires graves.

II.1.2 - TDM et pneumothorax récidivants

Dans le cadre des pneumothorax récidivants, la TDM peut faire un bilan satisfaisant en montrant notamment les discrètes bulles sous pleurales. Elle peut permettre de prévoir une classification de la gravité et donc prévoir les récurrences. Elle peut éventuellement suggérer une attitude thérapeutique si un acte opératoire est envisagé (pleurectomie ou talcage pleural). Accessoirement, elle peut dire si le poumon est complètement revenu à la paroi ou non. Des conseils prophylactiques en découlent : pas de plongée sous marine, etc.

II.1.3 - TDM et bulle chirurgicale

Dans le bilan de la chirurgie des volumineuses bulles compressives la TDM permet de donner les dimensions exactes de celle-ci, leur topographie, leur nombre (37).

Elle permet surtout de voir et de quantifier l'état du poumon avoisinant comprimé. Elle permet aussi d'explorer dans le même temps le poumon contre-latéral.

II.1.4 - TDM et insuffisance respiratoire

Quelquefois, la TDM est le seul examen non invasif, facile et simple qui ne crée aucun danger aux malades pour montrer la distribution et l'intensité des lésions, notamment dans les DDB chez les grands insuffisants respiratoires. En outre, cet examen peut être réalisé même pendant les épisodes de surinfection et donne une vue bilatérale des poumons pendant le même temps.



II.2 - Sur le plan numérique

II.2.1 - Approche diagnostic et pronostic des affections pulmonaires

La TDM constitue une véritable révolution dans l'approche du diagnostic et du pronostic des affections pulmonaires. Cette quantification permet de chiffrer la gravité de la maladie et l'évalue donc objectivement. De ceci découle l'intérêt incommensurable pour l'étude longitudinale des maladies chroniques diffuses.

L'obtention des histogrammes de densité permet d'attribuer une courbe caractéristique des BPOC, une autre des atteintes interstitielles diffuses et enfin une du poumon normal du sujet adulte.

II.2.2 - Bilan pré-opératoire

Dans le bilan pré-opératoire des bulles chirurgicales, l'histogramme des densités permet d'évaluer, semble-t-il, l'état fonctionnel du poumon comprimé.

II.2.3 - Complément de l'analyse visuelle

La quantification permet quelquefois de corriger une déduction qui se base sur la simple analyse visuelle. Par exemple, celle-ci donnait l'aspect d'une atteinte obstructive prédominante, alors que les mesures de densité révélaient une densification pulmonaire assez conséquente.

III - PERSPECTIVES

III.1 - Essai de corrélation des résultats densitométriques à ceux des tests fonctionnels respiratoires

Il apparaît capital de savoir s'il existe une corrélation entre le nombre Hounsfield et celui des tests fonctionnels. Les travaux de MURRAY GILMAN (50) et GODDAR montrent qu'il existe une corrélation inversement proportionnelle entre la capacité vitale forcée, la capacité pulmonaire totale et le nombre Hounsfield dans la sarcoïdose.

III.1.1 - Méthode statistique

Les résultats des tests fonctionnels pulmonaires (tableau 3) ont été compulsés dans les dossiers des malades. Les chiffres relevés sont ceux donnés par pléthymographie et sont ceux qui se rapprochent le plus de la date de l'examen (cela varie d'une semaine à plusieurs mois).

Les tests ont été appliqués sur un nombre de cas restreint (6 au maximum). Ce nombre définit les cas où existaient à la fois une densitométrie bilatérale et des tests fonctionnels envisagés.

Il est certain que la population étudiée pour chaque groupe d'affection n'est pas homogène.

La densitométrie globale pulmonaire moyenne est obtenue par addition des DMP de chaque poumon divisée par deux.

Les tests fonctionnels pulmonaires sont les résultats instantanés des deux poumons qui englobent l'espace mort anatomique qui n'est pas pris en compte dans les mesures de densité.

Tout ceci fait que le choix des méthodes statistiques doit tenir compte du fait que la normalité de la population n'est pas certaine.

C'est pourquoi nous avons utilisé le test de corrélation des rangs de Spearman qui est un test non paramétrique. Les résultats sont :

Emphysème								
N = 5	CV	VR	CPT	VEMS	VEMS/CV	Tco	PaCo ₂	PaO ₂
r'	1 ₌			1 ₌	1 ₌		0,2	
DDB N = 5								
	CV	VR	CPT	VEMS	VEMS/CV	Tco	PaCo ₂	PaO ₁
r'	=			0,95	1 ₌			
INTERSTING								
	CV	VR	CPT	VEMS	VEMS/CV	Tco	PaCo ₂	PaO ₂
r'	1 ₌	1 ₌	1 ₌	1 ₌	0,8		1 ₌	1 ₌

= test significatif

N° CAS	DMG	TESTS FONCTIONNELS							
		CV	VR	CPT	VEMS	$\frac{VEM6}{CV}$	Tco	PaCO ₂	PaO ₂
EMPHYSEME									
83 151	921	57	86	66	18	24		51	46
256	255	109	315	158	83	54	21	47	41
321	979	68	-	-	45	48	49	35	41
346	881	83	-	-	41	39	-	53	57
495	891	87	104	94	35	27		38	67
DDB									
83 542	822	95	507	81	38	33	-	33	49
84 222	807	21	-	-	13	52	-	-	-
278	785	76	-	-	44	50	47	59	33
283	795	75	-	-	50	64	-	34	76
404	811	37	483	-	18	42	59	61	42
ATTEINTE INTERSTITIEL									
82 328	606	33	107	61	37	74	-	36	46
83 083	589	44	61	50	36	79	-	39	60
468	718	84	116	92	96	65	-	38	87
84 084	697	134	85	114	123	63	-	41	85
84 264	678	99	91	96	78	65	-	34	68
84 276	717	70	83	72	64	65	-	34	72

TABLEAU 3 : RECAPITULATIF DES DENSITES MOYENNES PULMONAIRES GLOBALE DES DEUX POUMONS ET DES RESULTATS DES TESTS FONCTIONNELS.

Commentaires

Ces tableaux démontrent l'existence d'une relation entre la densité pulmonaire moyenne globale et certains tests fonctionnels (CV, VEMS...¹). Malheureusement, la série n'est pas suffisante pour pouvoir en tirer des conclusions scientifiques.

Il appartient à l'équipe du Pr BERNADAC qui a déjà commencé de compléter ce travail sur une plus longue série et d'en tirer les conclusions.

III.2 - Applications cliniques et intérêts

Il nous a paru utile, voire nécessaire, d'inclure ce chapitre dans notre étude pour répondre à la question suivante : est-il utile de mesurer des densités pulmonaires ?

Pour une approche superficielle de la question, et en tenant compte de tous les impondérables énumérés tout au long de ce travail, certains auteurs pourraient répondre que c'est "superflu". En effet, le nombre Hounsfield n'est pas fiable en valeur absolue et la méthode est encore trop longue. Certains appareils (GE) intègrent automatiquement les densités.

Notre réponse est que non seulement la méthode est utile, mais elle pourrait devenir un passage obligé pour les comptes rendus d'examen thoracique au scanner.

Nos arguments sont :

III.2.1 - Bilan des atteintes diffuses chroniques et/ou aiguës du poumon

III.2.1.1 - Bilan diagnostique

Nous pensons que la tomодensitométrie a révolutionné l'imagerie thoracique dans l'atteinte pulmonaire diffuse. Ses avantages par rapport à la radiographie conventionnelle sont :

- . une plus grande sensibilité (résolution de contraste)
- . la capacité de fournir des vues transversales du thorax libres de toute superposition identique aux coupes anatomiques de Rouvière
- . la quantification tissulaire.

Ces avantages expliquent que la TDM est capable de détecter les affections pulmonaires diffuses à un stade précoce, surtout pour les maladies qui augmentent la densité pulmonaire (atteinte interstitielle) et celles qui la diminuent (BPOC, notamment emphysème). Cet acquis est d'autant plus important que les affections peuvent présenter une radiographie thoracique normale au début.

L'imagerie et la quantification par TDM des poumons permet d'affiner l'hypothèse diagnostique. En effet, la combinaison des deux permet de reconnaître les types d'atteinte (notamment dans l'atteinte interstitielle).

- . leur association éventuelle
- . leur distribution particulière (notion de zone médullaire et de zone corticale des poumons) en plus du classique supérieur et inférieur)
- . leur caractéristique (par exemple dans le BBS, le gradient antéro-postérieur n'existe plus).

Ces critères permettent de rétrécir le spectre des hypothèses diagnostique et donc d'augmenter la sensibilité et la spécificité diagnostic.

III.2.1.2 - Bilan pré-opératoire et/ou opératoire

A propos d'un cas, nous avons montré l'apport de l'imagerie et de la densitométrie pulmonaire dans le bilan pré-opératoire des bulles chirurgicales.

Actuellement, il n'est pas erroné de dire que les chirurgiens ne posent plus l'acte opératoire de ce problème particulier, s'ils n'ont pas l'image et la densification pulmonaire.

Le scanner peut être le substratum de l'acte opératoire lui-même. En effet, par son apport inestimable dans l'étude du médiastin et notamment

du médiastin antérieur et postérieur, il peut guider la ponction d'un ganglion présent dans la loge médiastinale antérieure avec une précision remarquable, évitant par là l'acte plus lourd de la médiastinoscopie, et donnant par la même occasion, la clef du diagnostic en cas d'absence de ganglion périphérique (par exemple BBS).

II.2.1.3 - Etude longitudinale

C'est peut-être ici, plus qu'ailleurs, que la méthode utilisée pour cette étude trouve sa raison d'être. En effet, en plus de l'analyse visuelle qui est déjà assez fine, par rapport au cliché thoracique habituel, l'analyse numérique permet une appréciation objective de l'état pulmonaire. Dans le temps, cette quantification peut donc être comparée objectivement pour donner une idée exacte du pronostic.

Néanmoins, cette densitométrie doit respecter les critères de reproductibilité déjà cités.

II.2.1.4 - Dépistage et épidémiologie

Par sa capacité à détecter précocement les maladies pulmonaires, la TDM jouera certainement un rôle important dans le dépistage des affections, en particulier les affections de l'environnement.

A ce sujet, il est permis de penser que ILO U/C (1980) (Bureau international du Travail et Union contre le Cancer) sera appelé à déposer des clichés de référence de l'imagerie scanographique.

Par ailleurs, la tomodynamétrie peut jouer un rôle dans la compréhension pathogénique des affections et par conséquent peut aider à l'étude épidémiologique.

CONCLUSION

Il ressort à l'issue de cette étude que la tomodynamométrie est un passage obligé dans l'exploration des affections pulmonaires diffuses chroniques de l'adulte.

Elle se singularise par sa capacité à donner des informations qualitatives et quantitatives à tel point qu'actuellement dans le service du Pr BERNADAC, les comptes rendus thoraciques se font sur la base de ces deux documents.

Sur le plan qualitatif, nous avons vu que la CT joue un rôle diagnostique nouveau en montrant plus précocement et plus abondamment les lésions.

Elle suggère une nouvelle cartographie de la distribution des lésions en plus de celles déjà connues, en "corticale" et "médullaire".

Par sa capacité de rendre compte du "fonctionnel", la TDM peut amener des éléments nouveaux dans la compréhension pathogéniques des maladies.

Sur le plan quantitatif, la TDM distingue très nettement les deux grands groupes densitométriques. Malheureusement, la différenciation des affections au sein même du groupe n'est pas possible à l'heure actuelle, la quantification étant non spécifique.

Les corrélations entre les valeurs de densité et les valeurs de test fonctionnels montrent qu'il existe une relation. Ce petit nombre ne permet pas d'en tirer des conclusions. Il appartient à d'autres équipes de faire une série plus significative pour pouvoir tracer la droite de régression. Celle du Pr. BERNADAC - POLU est déjà à l'oeuvre.

Cependant, cette valorisation de cette technique ne doit pas nous faire perdre notre logique élémentaire. En effet, l'indication de la TDM doit être faite à bon escient pour en tirer "le maximum de gain pour le minimum de risque et de coût". Dans tous les cas, elle n'est faite qu'après la radiographie pulmonaire standard qui reste (et restera) le "starter" de toute exploration thoracique avec un **esprit** clinique.

Le diagnostic n'est pas une addition entre une machine, un médecin et le malade, c'est le résultat d'une réflexion. Et comme le disait le Pr LEFEBVRE "le radiodiagnostic est la troisième discipline clinique".

BIBLIOGRAPHIE

1. ARONBERG DIXIE (J.), SAGEL STUARF (S.)
High CT attenuation values of a benign pulmonary nodule.
J. Comput. Assist. Tomogr., 5 (4), 563-564, 1981.
2. BEECKMAN (P.), VANCLOOSTER (R.), MICHELS (J.), ETALL
Study of the relationship between roentgen film densitometry and linear lung expansions.
J. Belge Radiol., 61, 237-240, 1978.
3. BERGUIN COLLEEN (J.), MÜLLER NESTOR (L.)
CT in the diagnosis of interstitial lung disease.
AJR 145, 505-510, September 1985.
4. BERNADAC (P.)
Maladies des bronches et bronchopathies obstructives.
Traité de radiodiagnostic. Appareil pulmonaire et médiastin, Tome 4, Vol. 2.
MASSON édit., PARIS, 1979, 306-347.
5. BERNADAC (P.)
Correlation radio anatomiche Neilenfisema polmonare.
Radiologica medica (suppl.) 2/79, Venerdi radiologici Veronesi, 1978,
91-100.
6. BERNADAC (P.)
Le syndrome bronchique.
Encycl. Med. Chir., Paris, Radiodiagnostic III, 10-1979, 32360 C 10.
7. BERNADAC (P.)
Les bronchopneumopathies obstructives chroniques en 1984.
Journée du C.E.P.U.R., Cannes 1984, Résumé des Séances.
8. BERNADAC (P.), RUBINI (B.), CLAUDON (M.), PIERUCCI (F.)
Le plèvre et la paroi thoracique.
In "tomodensitométrie thoracique", J.P. SENAC ; J. GIROV, Edition Axone 1986.

9. BERNADAC (P.), BOUTELDJA (A.), POLU (J.M.)
Tomodensitométrie du poumon emphysémateux.
Physiopathologie respiratoire. In session d'enseignement post-universitaire,
4-10 Mars 1984. (Résumé 28), Pont-A-Mousson - Nancy.
10. BERNADAC (P.), CLAUDON (M.), RUBIN (B.), FAYS (J.), PIERUCCI (F.)
Les broncho-pneumopathies obstructives chroniques de l'adulte.
Encycl. Méd. Chir. Radiodiagnostic III, 32455 A¹⁰, 6 - 1985, 26 p.
11. BERNADAC (P.), POLU (J.M.)
Incipient pulmonary emphysema.
Bull. Physiopathol. Respir., 1974, 10, n° 4, 550-557.
12. BERNADAC (P.), POLU (J.M.), RUBINI (B.), CLAUDON (M.), PIERUCCI (F.),
FROMAGET (J.M.), BOUTELDJA (A.), FAYS (J.)
Apport de la tomographie dans l'emphysème pulmonaire.
Société Française de radiologie médicale-Est, 3 Décembre 1983.
J. Radiol. 1984, t 65, n° 6/7, pp. 513-516, MASSON, Paris 1984.
13. BERNADAC (P.), RUBINI (B.), CLAUDON (M.), BOUTELDJA (A.)
Apport de la tomographie dans le bilan de l'emphysème pulmonaire.
Journées de radiologie, Paris, 5-9 Décembre 1984.
14. BERNADAC (P.), RUBINI (P.), FROMAGET (J.M.), PIERUCCI (F.), BOUTELDJA (A.)
TDM des BPCO, emphysème, dystrophies bulleuses : données tomographiques
nouvelles dans l'emphysème pulmonaire et la pathologie interstitielle.
Journées d'enseignement de tomographie, Montpellier, mars 1985.
15. BOHLIG (H.), BRISTOL (L.J.), CARTIER (Ph.) et al.
UICC/Cincinnati classification of the radiographic appearances of the
pneumoconioses a cooperative study by the committee.
CHEST, 58, 57-67, 1970.
16. BOUTELDJA (A.), BERNADAC (P.), HARTANI (M.)
Apport de la tomographie dans les affections pulmonaires difuses
chroniques.
XVe Congrès médical Maghreb (28-29-30 Avril 1986, Casablanca) (à paraître).

17. BROGDON (B.G.), KELSEY (C.A.), MOSELY (R.D.Jr.)
Factors affecting perception of pulmonary lesions.
Radiologic clinics of North America, Vol. 21, n° 4, December 1983.
18. BROOKS (R.A.), DICHIRO (G.)
Principes of computer assisted tomography (Cat) in radiographic and radioisotopic imaging.
Phys. Méd., Biol., 21, 689-731, 1976.
19. BROOKS (R.A.), DICHIRO (G.)
Theory of image reconstruction in computed tomography.
Radiology 117, 561-572, 1975.
20. BUECHNER (H.A.)
The differential diagnosis of miliary disease of the lungs.
Med. Clin. North Am. 43, 89-112, 1959.
21. CALLEN (P.W.), FILLY (R.A.), KOROBKIN (M.)
Computed tomography evaluation of the diaphragmatic Crura
Radiology 126, 413-416, 1978.
22. CARRINGTON (C.B.), GAENSLER (E.A.), MIRUS (I.P.) et all.
Structure and function in sarcoidosis.
Ann. N.Y., Acad., Sc., 1976, 278, 265-283.
23. CLAUDON (C.), FEINTRENIE (X.), BOUTELDJA (A.), RUBINI (B.), BORELLE (J.), LAMY (P.), BERNADAC (P.)
Apport de la scanographie dans l'étude de la paroi thoracique.
Société de Médecine de Nancy, 9 Mai 1984.
24. CLASSIFICATION OF RADIOGRAPHS OF THE PNEUMOCONIOSES.
Med. Radiogr. Phtogr., 57, 1-17, 1981.
25. CODDINGTON (R.), MERA (S.L.), GODDARD (P.R.), BRAFIELD (J.W.B.)
Pathological evaluation of computed tomography images of lungs.
J. Clin. Pathol., 1982, 35, 536-540.

26. CROWE (J.K.), BROWN (L.R.), MUHM (R.J.)
Computed tomography of the mediastinum.
Radiology 128, 75-87, 1978.
27. CRYSTAL (R.G.), BITTERMAN (P.B.), RENNARD (S.I.), HANCE (A.J.), REGGH (B.A.)
Interstitial lung disease of unknown cause. Disorders characterized by
chronic inflammation of the lower respiratory tract (second of two parts).
The New-England Journal of Medecine, Vol. 310, n° 4, pp 215-244.
28. D'OHRING (W.)
Quantitative analyses of regional pulmonary ventilation using ompton
densitometry and computed tomography.
IN : International titisee conference, 1978. Biomedical engineering and
data processing in pneumology-basel : Karger, C 1979 (Progress in
respiration research). W 3 PR 948, Vol. 11, 1978, pp. 48-75.
29. ENHÖRNING (G.), ROBERTSON (B.)
Densitometric evaluation of lung aeration in chest films.
Acta radiologica diagnosis, 17 (1976) Fasc. 4, July.
30. ERIKSON (U.), HELMIUS (G.), RUHN (G.), SAWADA (S.)
Measurement regional lung blood flow by videodensitometry.
Acta Radiologica Diagnosis. 24, 1983, fasc. 3.
31. EPLER (G.R.), Mc LOUD t.C.), GAENSLER (E.A.) et all.
Normal chest roentgenograms in diffuse infiltrative lung disease.
N. Engl. J. Med., 298, 934-939, 1978.
32. FAN KANG and D'ORSOGMA (D.E.)
Diffuse pulmonary interstitial fibrosis evidence of humoral antibody
mediated pathogenesis.
CHEST. 82121, February 1984, 98, 150-155.
33. FEIGIN (D.S.)
New perspectives on interstitial lung disease.
Radiologic clinics of North America. Vol. 21, n° 4, Dec. 1983.

34. FELSON (B.)
Chest Roentgenology.
Philadelphia, W.B., Saunders Co., 1973, pp 314-349.
35. FELSON (B.)
A new look at pattern recognition of diffuse pulmonary disease.
AJR 133 : 183-189, August 1979.
36. FELSON (B.), WIOT (J.F.)
Sarcoidosis.
Seminars in roentgenology, Vol. XX, n° 4, Oct. 1985.
37. FIORE (D.), BIONDETTI (P.R.), SARTORI (F.), CALABRO (F.)
The role of computed tomography in the evaluation of bullous lung disease.
Journal of computer assisted tomography, 6 (1), 105-108, February 1982.
38. FOURIO (M.), DONGAY (D.), LEVADE (M.), CHARLES (E.), BOLLINELLI (R.),
PUTOIS (J.)
Apport de la tomodensitométrie dans la pathologie pleuro-pulmonaire de
l'amiante.
J. Radiol. 1984, t 65, n° 5, pp. 335-339.
39. FRANKEL (N.), COLEMAN (P.E.)
New imaging modalites for evaluating pulmonary disease.
Semin. Resp. Med., 1983, 5, 89-99.
40. FRASER (R.G.), PARE (J.A.P.)
Diagnosis of diseases of the Chest.
Philadelphia, W.B., Saunders Co., 1977.
41. FREUNDLICH (I.M.), HORSLEY (W.W.)
Evaluation of pulmonary masses by CT number. A modification of the siegelman
method.
Presented at the 67 th radiological society of North America meeting,
Chicago, November 1981.

42. FRIJA (J.), SCHMIT (P.), KATZ (M.), VADROT (D.), LAVAL-JEANTET (M.)
Computed tomography of the pleural fissures-normal anatomy.
J. Comput. Assist. Tomogr., 6, 1069-1074, 1982.
43. FULMER (J.D.)
The interstitial lung diseases.
Chest, 82/2/August, 1983, pp 172-178.
44. GAENSLER (E.A.), CARRINGTON (C.B.)
Open lung biopsy for chronic diffuse infiltrative lung disease. Clinical,
roentgenographic and physiologic correlations in 502 patients.
Ann. Thorac. Surg., 30, 411-426, 1980.
45. GANSU (G.), KAUFMAN (L.), SWANN (S.J.), BRITO (A.C.)
Absolute lung density in experimental canine pulmonary edema.
Original investigations.
Investigative radiology, Vol. 14, July-August 1979.
46. GANSU (G.), THURLBECK (N.M.), MACKLEM (Ch.B.), FRASER (R.G.)
Roentgenographic appearance of the human pulmonary acinus.
Investigative radiology May-June 1971? Vol. 6, pp 171-175.
47. GARNETT (E.S.), WEBBER (C.E.), COATES (G.), COCKSHOTT (W.P.), NAHMIAS (C.),
LASSEN (N.)
The lung density : clinical method for quantitation of pulmonary congestion
and edema.
Can. Med. Assoc. J., 1977, 22 Juin, 116 (2), 153-154.
48. GENEUREUX (G.P.)
Computed tomography and the lung review of anatomic and densitometric
features with their clinical application.
The journal of the canadian association of radiologists, Vol. 36, Number 2,
June 1985, Montreal, pp. 88-102.

49. GENEREUX (G.P.)
Pattern recognition in diffuse lung disease. A review of theory and practice.
Medical radiography and photography. Vol. 61, Number 1-2, 1985.
50. GILMAN (M.J.), LAURENCE (R.G.), SOMOGI (J.W.), HONIG (E.G.)
CT attenuation values of lung density in sarcoidosis.
Journal of Computer Assisted tomography, 7 (3), 470-410, June 1983.
51. GODWIN (J.D.)
The solitary pulmonary nodule.
Radiologic clinics of North America, Vol. 21, n° 4, December 1983.
52. GODWIN (J.D.), WEBB (W.R.)
Dynamic computed tomography in the evaluation of vascular lung lesions.
Radiology 138, 629-635, March 1981.
53. GODWIN (J.D.), FRAM (E.K.), CANN (C.E.), GANSU (G.G.)
CT densitometry of pulmonary nodules. A phantom study.
J. Comput. Assist. Tomogr., 6, 254-258, 1982.
54. GODWIN (D.J.), SPECKMAN (J.M.), PUTMANCE (K.M.), BREIMAN (R.S.)
CT densitometry : distinguishing benign from malignant pulmonary nodules.
Radiology, 144, 349-351, 1982.
55. GODWIN (T.D.), WEBB (W.R.), SAVOCA (C.J.), GANSU (G.), GOODMAN (P.C.)
Review : multiple, thin-walled cystic lesions of the lung.
AJR. 135, 593-604, 1980.
56. GODDARD (P.R.), NICHOLSON (E.M.), LASZLO (G.), WATT (I.)
Computed tomography in pulmonary emphysema.
Clinical radiology, 1982, 33, 379-387.
57. GODDARD (P.R.), NICHOLSON (E.M.), TODD (J.R.), WATT (I.), LASZLO (G.)
Normal and emphysematous lungs studied by computerised axial tomography.
Thorax, 1980.

58. GOULD (D.M.), DALRYMPLE (G.V.)
A radiologic analysis of disseminated lung disease.
Am. J. Med. Sci., 238, 621-637, 1959.
59. GOULIAMDS (A.D.), CARTER (B.L.), EMANI (B.)
Computed tomography of the chest wall.
Radiology, 134, 433-436, 1980.
60. GRAHL (K.O.)
On the value of linear zonography for the diagnosis of disseminated pneumo conioses.
Radiol. Diagn. (Berl) 1977, 18 (4), 469-478.
61. GRENN (R.)
Use of chest radiography in epidemiologic studies of nonoccupational lung disease.
Am. Rev. Resp. Dis. (Suppl.), 118, 89-111, 1978.
62. GRENIER (Ph.), MENU (Y.)
Les bronchopathies chroniques de l'adulte.
Journées de radiologie. Cours de perfectionnement universitaire.
6.7.8 Nov. 1984, Paris.
63. GRENIER (Ph.), TOUATY (E.), PARIENTE (R.), NAHUM (H.)
Emphysèmes panlobulaire. Apport de la radiologie dans l'indication opératoire.
J. Radiol., 1980, t 617 n° 11, pp. 693-700.
64. GRIVAUX (M.)
Sarcoidose.
Impact-Internat, Décembre 1983, pp. 95-99.
65. GUDBJERG (C.E.)
Roentgenologic diagnosis of bronchiectasis.
Acta Radiologica, Vol. 43, 19 May 1954.

66. HARDEN (K.A.), BARTHACOR (A.)
"Cavitary" lesions in sarcoidosis.
Dis. Chest, 35, 607-614, 1979.
67. HAYHURST (M.D.), FLENLEY (D.C.), MC LEAN (A.), WIGHTMAN (A.J.A.),
MAC NEE (W.), WRIGHT (D.), LAMB (D.), BEST (J.)
Diagnosis of pulmonary emphysema by computerised tomography.
The Lancet, August 11, 1984.
68. HEDLUNG (L.W.), ANDERSON (R.F.), GOULDING (P.L.), BACK (J.W.), EFTMANN(E.L.),
PUTMAN (C.E.)
Two methods for isolating the lung area of a CT scan for density information.
Radiology 144, 353-357, July, 1982.
69. HEDLUNG (L.W.), EFFMANN (E.L.), BOTES (W.M.), BECK (J.W.), GOULDING (P.L.),
PUTMANN (C.E.)
Pulmonary edema : a CT study of regional changes in lung density following
oleic acid injury.
J. Comput. Assist. Tomogr., 6 (5), 939-946, Oct. 1982.
70. HEDLUNG (L.W.), PUTMANN (C.E.)
Analysis of lung density by computed tomography.
In Pulmonary diagnosis. Imaging an others technique. Appleton-Century-Crofts.
71. HEDLUND (L.W.), VOCK (P.), EFFMANN (E.L.)
Computed tomography of the lung. Densitometric studies.
Radiologic clinics of North America. Vol. 21, n° 4 December 1983, pp 775-788.
72. HETTZMAN (E.R.)
The mediastinum : radiologic correlations with anatomy and pathology.
St Louis, C.V. Mosby, 1977.
73. HEITZMAN (E.R.)
The lung : radiologic - pathologic correlations.
St Louis, C.V. Mosby, 1973, pp 64-70.

74. HEITZMAN (E.R.)
Computed tomography of the thorax current perspectives.
AJR 136, 2-12, January 1981.
75. HENSCHRE (C.I.), HESSEL (S.J.), MC NEIL (B.J.)
Automated diagnosis in radiology
Investigative radiology, May-June 1979, Vol. 14.
76. HOUNSFIELD (G.N.)
Computerised traverse axial.
Scanning (tomography). I. Description of systems.
B.T. J. Radiol., 1973, 46, 1016-1022.
77. HOUNSFIELD (G.N.)
Picture quality of computed tomography.
Am. J. Roentgenol., 1976, 127, n° 1, 3-9.
78. HOUNSFIELD (G.N.)
Computed medical imaging.
The medical systems department of central research laboratories Emi,
London, England.
J. Radiol. Tome 61, n° 6-7, pp. 459-468. Juin-Juillet 1980.
79. HUTCHINSON (D.C.S.), CATTRELL (V.G.), KIRK (P.A.E.) et al.
The measurement of regional pulmonary density, ventilation and perfusion
by gamma-ray densitometry.
Br. J. Radiol. 44, 955-961, Dec. 1971.
80. INTERNATIONAL LABOUR OFFICE
Silicosis : records of the international conference held at Johannesburg,
13 - 27 August 1930. International Labor Office, Studies and Reports.
Series F, n° 13, Geneva, 1930, pp. 86-93.
81. INTERNATIONAL LABOUR OFFICE.
Guidelines for the use of ILO International classification of radiographs
of pneumoconioses Geneva, international labour office, 1980.

91. KREEL (L.)
Computed tomography of the thorax.
Medical imagine, p. 134. Hm + n Publishers Ltd AYLESBURY, England.
92. KREEL (L.)
Computed tomography of interstitial pulmonary disease.
J. Comput. Assist. Tomogr., 1982, 6, 181-199, Dec., - (3).
93. KUHNS (L.R.), BORLAZA (G.)
The "Twinkling star" sign an aid in differentiating pulmonary vessels from pulmonary nodules on computed tomograms.
Radiology 135, 763-764, 1980.
94. KUHNS (L.R.), BORLAZA (G.S.), SEIGEL (R.S.)
Rapid sequence display of computed tomographic images. An aid in the diagnosis of pulmonary metastases.
Radiology 132, 747-748, Septembre 1979.
95. KURTZ (B.), St ÖCKLE (G.), ÜBENERK (H.), REINHARD (U.)
Computed tomography in diffuse lung fibroses - relation to lung function.
Prax Klin Pneumol, 1983. Oct. 37, suppl. 1 : 800-801.
96. LAWS (J.W.), HEARD (B.E.)
Emphysema and the chest X-ray ; a retrospective radiological and pathological study.
British Journal of radiology 35, 750-761.
97. LAWS (J.W.), STEINER (R.E.)
X-RAY densitometry in the study of ventilation pulmonary and the circulation.
Br. J. Radiol. 38, 512-519, July 1965.
98. LAW (M.R.), GREGOR (A.), HUSBAND (J.E.), KERR (I.H.)
Computed tomography in the assesment of malignant mesothelium of the pleura.
Clin. Radiol., 1980, 33, 67-70.

99. LEITMAN (B.S.), FIROOZANIA (H.), MC CAULEY (D.I.), ETTINGER (M.A.), REEDE (D.), COLIMBU (C.N.), RAFII (M.), NAÏDICH (B.P.)
The use of computed tomography in the evaluation of chest wall pathology
CT (submitted), 1983.
100. LEONHARDT (L.), WAGNER (H.)
Roentgenological analysis of the mobility of the diaphragm in functional
pulmonary disorders.
Roentgenblaetter, 1980 Feb., 33 (21), 107-111.
101. LEROUX (G.F.)
Diagnostic radiologique de la silicose et de l'asbestose.
EMC Radiodiagnostic III, 32450 A¹⁰, 12, 1983.
102. LEVI (C.), GRAY (J.E.), MC CULLOUGH (E.C.), HATTERY (R.R.)
The unreability of CT numbers as absolute values.
A.J.R. 139, 443-447 September 1982.
103. LIBSHITZ (H.I.), SHUMAN (L.)
Radiation - Induced pulmonary change : CT findings.
Journal of Computer Assisted Tomography, 8 (1), 15-19, February 1984.
104. LOYD (H.M.), STRING (S.T.) DUBOIS (A.B.)
Radiographic and plethysmographic determination of total lung capacity.
Radiology 86, 7-14 (1966).
105. LUND (G.), HEILO (A.)
Computed tomography of pulmonary metastases.
Acta. Radiologica Diagnosis 23, (1982), Fase 6, pp 617-620.
106. MC CARTHY (D.S.), OSTROW (D.N.), F.C.C.P., HERSHFIELD (E.S.)
Chronic obstructive pulmonary disease following idiopathic pulmonary
fibrosis.
Chest, 77, 4, April 1980.

107. MC CULLOUGH (E.C.)
Factors affecting the use of quantitative information from a CT scanner.
Radiology 124, 99-107, 1977.
108. MC CULLOUGH (E.C.), MORIN (R.L.)
CT - Number variability in thoracic geometry.
A.J.R. 141, 335, 140, July 1983.
109. MC LOUD (T.C.), GAENSLER (E.A.), CARRINGTON (C.B.)
Chronic diffuse infiltrative lung disease newer approaches.
Clinics in Chest Medicine, Vol. 5, n° 2, June 1984.
110. MC LOUD (T.C.), CARRINGTON (C.B.), GAENDLER (E.A.)
A new scheme for description of diffuse infiltrative lung disease.
Radiology, 149, 353-363, 1983.
111. M. LOUD (T.C.), WITTENBERG (J.), FERRUCCI (J.T.J.)
Computed tomography of the thorax and standard radiographic evaluation
of the chest. A comparative study.
Journal of computer assisted tomography, 3 (2), 170-180, April 1979.
112. MARCHAL (M.), MARCHAL (M.T.), KOURILSKY (R.)
Enregistrement photographique de la ventilation des poumons séparés dans
les sténose bronchiques par le statidensigraphie.
Bronches 11, 102-115, 1961.
113. MENCINI (R.A.), PROTO (A.V.)
The high left and main pulmonary arteris. A CT PITFALL.
J. Comput. Assist. Tomogr., 6, 452-459, 1982.
114. MILION (V.)
Scanographie et agrandissement géométrique.
Thèse de Doctorat en Médecine, Université Nancy I, 1982.
115. MUHM (J.R.), BROWN (L.R.), CROWE (J.K.)
Use of computed tomography in the detection of pulmonary nodules.
Mayo Clinic, Proc. 52, 345-348, June 1977.

116. MUHM (J.R.), BROWN (L.R.), CROWE (J.K.), SHEEDY (P.F.), HATTERY (R.R.), STEPHENS (D.H.)
Comparison of whole lung tomography and computed tomography for detecting pulmonary nodules.
A.J.R. 131, 981-984, 1978.
117. MULLER (N.L.), BERGIN (C.J.), OSTROW (D.N.), NICHOLS (D.N.)
Role of computed tomography in the recognition of bronchiectasis.
A.J.R. 123, 971-976, November 1984.
118. NAÏDICH (D.P.), MC CAULEY (D.I.), KHOURI (N.F.), STITIK (F.P.), SIEGELMAN (S.S.)
Computed tomography of bronchiectasis.
Journal of computer assisted tomography. 6 (3) : 437-444, June 1982.
119. NAÏDICH (D.P.), MC CAULEY (D.I.), LEITMAN (B.S.), GENEISER (N.), HULNICK (D.H.)
Computed tomography of pulmonary tuberculosis.
Contemporary issues inc CT, Vol. 4, 1984.
120. NAÏDICH (D.R.), KISOURI (N.F.), MC CAULEY (D.I.), LEITMAN (B.S.), HULNICK (D.), SIEGELMAN (S.S.)
Computed tomography of lobar collapse. Part I : Endobronchial obstruction.
J. Comput. Assist. Tomogr., 7, 745-757, 1983.
121. NAÏDICH (D.P.), MEGIBOW (A.J.), ROSS (C.R.), BERANBAUM SE.R.), SIEGELMAN (S.S.)
Computed tomography of the diaphragm. Normal anatomy and variants.
J. Comput. Assist. Tomogr., 7, 633-640, 1983.
122. NAÏDICH (D.P.), TERRY (P.B.), STITIK (F.P.), SIEGELMAN (S.S.)
Computed tomography of the bronchi. I Normal anatomy.
J. Comput. Assist. Tomogr., 4, 746-753, 1980.
123. NAÏDICH (D.P.), STITIK (F.P.), KHOURI (N.F.), TERRY (P.B.), SIEGELMAN (S.S.)
Computed tomography of the bronchi. II Pathology.
J. Comput. Assist. Tomogr., 4, 754-762, 1980.

124. NICHOLSON (E.M.), GODDARD (P.R.), TODD (J.), WATT (I.), LASZLO (G.)
Severity and patterns of distribution of pulmonary emphysema in patients with chronic airflow obstruction show by computerized tomography.
Clin. Sci., 1980, 59, 30 p.
125. NIEDERMAN (M.S.), MATTHAY (R.A.)
New techniques for the assessment of interstitial lung disease.
Radiologic clinics of North America, Vol. 21, n° 4, December 1983.
126. NORDENSTAM (C.G.), STANDERT, SKJÖ (L.D.), MARCHALL (M.)
The lung pulse in some pulmonary and cardiovascular diseases, as evaluated by cinedensitography.
Annales de Radiologie, 25-27, May 1977.
127. O'CALLAGHAN (J.P.)
CT evaluation of pulmonary artery size.
J. Comput. Assist. Tomogr., 6, 101-104, 1982.
128. ODERR (C.)
Air trapping, pulmonary insufficiency and fluoro densitometry.
AJR 82, 501-512, Sept. 1964.
129. OSBORNE (D.), VOCK (P.), GODWIN (J.D.), SILVERMAN (P.M.)
CT identification of bronchopulmonary segments : 50 normal subjects.
AJR 142, 47-52, January 1984.
130. PARDES (J.G.), AUH YONG (H.O.), BLONQUIST (K.), KAZAM (A.), MAGID (M.)
CT diagnosis of congenital lobar emphysema.
Journal of computer assisted tomography, 7 (6), 1095-1097, December 1983.
131. PARE (P.), BROOKES (L.A.), BATES (J.), et al.
Exponential analysis of the lung pressure volume curve as a predictor of pulmonary emphysema.
Am. Rev. Resp. Dis., 1982; 126, 54-61.

132. PHELPS (M.E.), GABO (M.H.), HOFFMAN (E.J.)
Correlation of effective atomic number and electron density with attenuation coefficients measured with polychromatic X-rays.
Radiology, 117, 585-588, december 1975.
133. PHELPS (M.E.), HOFFMAN (E.S.), TER-POGOSSIAN (M.M.)
Attenuation coefficient of various body tissues, fluid and lesions at photon energies of 18 to 136 Kev.
Radiology, 1975, 117, 573-83.
134. PRIDE (N.B.)
Definitions of emphysema, chronic bronchitis, asthma, and airflow obstruction : 25 years on from the ciba symposium.
Thorax 1984, 39, 81-85.
135. PROTO (A.V.)
Evaluation of the bronchi with CT.
Seminary in roentgenology, 1984. 19, 199-210.
136. PROTO (A.V.), BALL (J.B.)
Computed tomography of the major and minor fissures.
AJR 140, 439-448, 1983.
137. PUGATCH (R.D.), FALING (L.J.)
Computed tomography of the thorax : a status report.
Chest 1981, nov. 80 (5), 618-626.
138. PUTMAN (C.E.), ROTHMAN (S.L.), LITTNER (M.R.), ALLEN (W.E.), SCHACHTER (E.N.), MC LOUD (T.C.), BEIN (M.), GEE (J.B.)
Computerized tomography in pulmonary sarcoidosis.
J. Comput. Assist. Tomogr., Vol. 1, 197-209, 1977.
139. RABINOWITZ (J.G.), AFREMIDIS (S.C.), COHEN (B.), DAN (S.), AFREMOIS (A.), CHAHINTAN (A.P.), TEIRSTEIN (S.A.)
A comparative study of mesothelioma and asbestosis using computed tomography and convention chest radiography.
Radiology, 1982? 144, 453-460.

140. RAO (S.P.), ALFIDI (R.J.)
The environmental density artifact : a beam hardening effect in computed tomography.
Radiology 141, 223-227, 1981.
141. RAVAL (B.), AHMAD (D.), MATHUR (P.)
Alveolar cell carcinoma on CT scanning the value of the air bronchogram sign.
Journal of the canadian association of radiologist, Vol. 30, March 1979, pp 64-65.
142. REED (J.C.), MADEWELL (J.E.)
The air bronchogram in interstitial disease of the lungs.
Radiology, 116, 1-9, 1975.
143. REID (L.M.)
Reduction in bronchial subdivision of bronchiectasis.
Thorax 5, 233-236, 1950.
144. REISS (K.H.), SCHUSTER (W.)
Quantitative measurements of lung function in children by means of compton backscatter.
Radiology 102, 613-617, Nov. 1972.
145. ROBINSON (P.J.), KREEL (L.)
Pulmonary tissue attenuation with computed tomography : comparison of inspiration and expiration scans.
J. Comput. Assist. Tomogr., 3 (6), 740-748, December 1979.
146. ROHATGI (P.K.), SCAWAB (L.E.)
Primary acute pulmonary cavitation in sarcoidosis.
AJR 134, 1199-1203, 1980.
147. ROSENBLUM (L.J.), MAUCERI (R.A.), WELLENSTEIN (D.E.), BASSAND (D.A.), COHEN (W.N.), HEITZMAN (E.R.)
Computed tomography of the lung. "Work in progress".
Radiology 129, 521-524, November 1978.

148. ROSENBLUM (S.L.J.), MAUCERI (R.A.), WELLENSTEIN (D.E.), THOMAS (F.D.), BASSANO (D.A.), RAASCH (B.N.), CHAMBERLAIN (C.C.), HEITZMAN (E.R.)
Density patterns in the normal lung as determined by computed tomography.
Radiology 137, 409-416, November 1980.
149. ROTHMAN (S.L.G.), SIMEONE (J.F.), ALLEN (W.E.) et al.
Computerized tomography in the assessment of diseases of the torax.
Comput. Tomogr. 1, 181-196, 1977.
150. SCADDING (J.G.)
Chronic lung diseases with diffuse nodular or reticular radiographic shadow.
Tubercle, 3, 352-356, 1952.
151. SCHANER (E.G.), CANG (A.E.), DOPPMAN (J.L.), CONKLE (D.M.), WAYNE (F.M.), ROSENBLUM (S.A.)
Comparison of computed tomography and conventional whole lung tomography in detecting pulmonary nodules.
American Journal of roentgenology, 131, 51-54, 1978.
152. SCHEID (K.F.), LISSNER (J.), BLANA (H.), GEBAUER (A.)
Computed tomography and densitometric pattern of pulmonary lesions.
Roefo. 1981, Apr., 134 (4), 357-363.
153. SCOTT (W.W.), SCOTT (P.P.), SIEGELMAN (S.S.)
Asbestos-related pleural disease emphasizing the asbestos plaque, asbestos pleural effusion and atelectatic pseudo.
Contemp. Issues Comput. tomogr., (4), (in Press).
154. senac (J.P.), GIRON (J.) et al.
L'intérêt de la tomodensitométrie dans le bilan pré-thérapeutique des pneumothorax spontanées idiopathiques de l'adulte.
Ann. Radiol., 1985, 28, 8, 586-591.
155. SERRE (J.J.), CHAMBARD-BUTORI (B.), COUSSEMENT (A.)
Tomodensitométrie du diaphragme.
In Tomodensitométrie thoracique. J.P. senac, J. Giron. Edition Axones 1986.

156. SHO'IRHET (I.N.), NE'IMARK (M.I.)
Roentgenodensitometric method of determination of the quantity of excessive fluid in the lung in pulmonary edema.
Anesteziol. Reanimatol., 1983, Sept.-Oct., (5), 30-32.
157. SIEGELMAN (S.S.), COMPUTED TOMOGRAPHY IN, SIEGELMAN (S.S.), STITIK (F.P.), SUMMER (W.R.), PULMONARY SYSTEM.
Practical approaches to pulmonary diagnosis.
New York : Grune and Stratton, 1979, 91-121.
158. SIEGELMAN (S.S.), ZERHOUNI (E.), LEO (F.P.), KHOURI (F.), STITIK (F.P.)
CT of the pulmonary nodule.
AJR 135, 1-13, July 1980.
159. SIMON (G.)
Principles of chest X-ray diagnosis.
4th. Ed., pp. 65-67, 157-156, Butterworths, London.
160. SNASHALL (P.D.), REYES (S.J.), MORGAN (B.M.), MC ANULTY (R.J.)
The radiographic detection of acute pulmonary edema. A comparison of radiographic appearances, densitometry and lung water in dogs.
Br. J. Radiol., 1981, Apr., 54 (640), 277-288.
161. SNASHALL (P.D.), KAYES (S.J.), MORGAN (B.M.), MC ANULTY (R.J.), HEGGS (M.), MC LNOR (J.M.), HOWLEH (K.A.)
The radiographic detection of acute pulmonary edema. A comparison of radiographic appearances, densitometry and lung water in dogs.
British Journal of Radiology, 1981, 54, 277-288.
162. SOLOMON (A.), KREEL (L.), MC NICOL (M.), JOHNSON (N.)
Computed tomography in pulmonary sarcoidosis.
J. Comput. Assist. Tomogr., 3 (6), 754-758, December 1979.
163. SORENSON (J.A.), NELSON (J.A.), NIKLASON (L.A.), KLAUBER (M.R.)
Simulation of lung nodules for nodule detection studies.
Investigative radiology, Nov.-Dec. 1980, Vol. 15, 490-495.

164. STARK (P.), GADZIALA (N.), GREENE (R.)
Fluid accumulation in pre-existing pulmonary air spaces.
AJR. 134, 701-706, 1980.
165. SUMMER (W.R.), TERRY (P.B.)
Approach to the patient with diffuse lung disease.
166. SYMONDS (G.), RENZETTI (A.), MITCHELL (M.)
The diffusing capacity in pulmonary emphysema.
Am. Rev. Resp. Dis. 1974, 104, 391-393.
167. TANNEUBERG (J.)
Atelectasis and bronchiectasis.
J. Thorac. Surg. 11, 571-616, 1942.
168. THURLBECK (W.M.), HENDERSON (J.A.), FRASER (R.G.), BATES (D.V.)
Chronic obstructive lung disease.
A comparison between clinical, roentgenologic, functional and morphologic
criteria in chronic bronchitis, emphysema, asthma and bronchiectasis.
Medecine, Vol. 49, N° 2, 1970.
169. THURLBECK (W.M.), SIMON (G.)
Radiographic appearance of the chest in emphysema.
Am. J. Roentgenol. 130, 429-440, March 1978.
170. THYLEN (U.), NILSSON (U.)
Computed tomography in pulmonary pseudo tumours and their relation to
asbestos exposure.
J. Comput. Assist. Tomogr., 1982, 6, 229-237.
171. TRAPNELL (P.H.)
Radiological appearances of lymphangitis carcinomatosa of the lung.
Thorax 19, 251-260, 1964.

173. VOCK (P.), EFFMANN (E.L.), HEDLUND (L.W.), LISCHKO (M.M.), PUTMAN (C.E.)
Analysis of the density of pleural fluid analogs by computed tomography.
Investigative radiology, Vol. 19, January-February 1984, pp 10-15.
174. WALSHAM (H.), ORTON (G.H.), HARRISON (G.)
The röntgen rays in the diagnosis of diseases of the chest.
Chest Radiology-Guesswork or science ?
Vol. 55, n° 650, pp. 94-107, February 1982.
175. WEGENER (O.H.), KOEPPE (P.), OESSER (H.)
Measurement of lung density by computed tomography.
Journal of computer Assisted tomography, 2, 263-273, July, 1978.
176. WEIBEL (E.R.)
Looking into the lung. What can it tell us ?
AJR 133, 1021-1031, 1979.
177. WEST (J.B.)
Respiratory physiology.
Baltimore, Williams et Wilkins, 1974, pp 21-22.
178. WILLIFOR (M.E.), HIDALGO (H.), PUTMAN (C.E.), KOROBKIN (M.), RAM (P.C.)
Computed tomography of pleural disease.
AJR 140, 909-914, 1983.
179. WOLVERSON (M.K.), CREPPS (L.F.), SUNDARAM -M.), HEIBERG (E.), VAS (W.G.)
SHIELDS (J.B.)
Hyperdensity of recent hemorrhage at body computed tomography : incidence
and morphologic variation.
Radiology, 1983, Sept., 148 (3), 779-784.
180. WOODS (B.D.), MC LOUD (T.C.), EPLER (G.R.), EPLER (P.)
Etiology of diffuse pleural thickening in an asbestos exposed population
(abstract).
Chest, 82, 216-217, 1982.

181. WOODRING (J.H.), FRIED (A.M.)
Significance of wall thickness in solitary cavities of the lung.
A follow-up study.
AJR 140, 473-474, 1983.
182. WRIGHT (B.M.), SLAVIN (G.), KREEL (L.), CALLAN (K.), SANDIN (B.)
Post mortem inflation and fixation of human lungs.
Thorax (1974), 29, 189-194.
183. ZERHOUNI (E.A.), SPIVEY (J.F.), MORGAN (R.H.) et al.
Factors influencing quantitative CT measurements of solitary pulmonary nodules.
J. Comput. Assist. Tomogr., 61, 1075-1087, 1982.
184. ZERHOUNI (E.A.)
High resolution CT of the lung parenchyma-theory, technique and preliminary observations (submitted).
J. Comput. Assist. Tomogr.

RESUME

L'auteur étudie les affections pulmonaires diffuses chroniques de l'adulte par tomographie computerisée.

Dans un premier chapitre, après une revue de la littérature, il décrit les images observées dans ces atteintes (broncho-pneumopathies obstructives chroniques et maladies interstitielles). Il insiste sur l'utilité de cette technique qui permet de découvrir les lésions à un stade plus précoce.

Dans un deuxième chapitre, il démontre l'intérêt de la quantification pulmonaire par tomodensitométrie. L'étude porte à la fois sur les valeurs de densité moyenne pulmonaire et sur l'analyse de l'histogramme des densités et de la courbe correspondante.

Dans une dernière partie, l'auteur ouvre le chapitre de la discussion. Après un essai de corrélation densitométrico-fonctionnelle, il démontre l'intérêt de la méthode en pratique clinico-radiologique. Celui-ci porte tant sur le bilan diagnostique opératoire que sur l'étude longitudinale et épidémiologique.

DISCIPLINE : IMAGERIE MEDICALE (RADIOLOGIQUE)

MOTSCLES :

- SCANNER X
- AFFECTIONS PULMONAIRES
- BRONCHO-PNEUMOPATHIES OBSTRUCTIVES CHRONIQUES
- EMPHYSEME
- BRONCHECTASIES
- BRONCHITE CHRONIQUE
- MALADIES INTERSTITIELLES
- SARCOÏDOSE
- MALADIE DE HAMMAN RICH
- MALADIES PROFESSIONNELLES
- IMAGES
- DENSITES

Directeur de la thèse : Professeur Mustapha HARTANI
Adresse du Service Hospitalo-Universitaire :
H.C.I. ANP
ALGER (Algérie)

ADRESSE DE L'AUTEUR :

M. Aomar BOUTELDJA
1, rue Imam Ghazali - Colonne Voirol
ALGER (Algérie)

