

**Echographie thoracique  
au lit du malade**

Avis du CEDIT

Juin 2014



## Table des matières

1 Résumé .....	2
2 Introduction .....	3
3 Aspects techniques .....	3
3.1 Description générale des explorations échographiques des volumes de la cage thoracique	3
3.2 Les signes recherchés lors des explorations échographiques thoraciques .....	4
3.3 Les équipements disponibles .....	5
3.4 Les modalités d'imagerie alternatives à l'échographie au lit du patient .....	5
4 Aspects médicaux .....	6
4.1 Valeur diagnostique de l'échographie pour quatre entités anatomo-pathologiques .....	6
4.1.1 Epanchement pleural liquidien .....	6
4.1.2 Comblement alvéolaire et atélectasie .....	6
4.1.3 Œdème pulmonaire ("Extravascular lung water") .....	7
4.1.4 Pneumothorax .....	7
4.2 Impact clinique de l'échographie thoracique au lit .....	7
4.3 Recommandations professionnelles .....	8
5 Aspects économiques et médico-économiques .....	9
6 Autres aspects .....	10
7 Éléments de discussion .....	10
8 Recommandations .....	10
A Glossaire .....	13
B Bibliographie .....	14

## Index des tableaux

Tableau 1: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis de l'épanchement pleural .....	6
Tableau 2: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis du comblement alvéolaire .....	7
Tableau 3: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis de l'œdème .....	7
Tableau 4: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis du pneumothorax .....	7
Tableau 5: Impact de l'échographie sur un diagnostic suspecté .....	8

# 1 Résumé

Le CEDIT ayant été sollicité afin de déterminer la place de l'échographie thoracique au lit du patient hospitalisé en pneumologie, son secrétariat scientifique a réalisé une analyse et une synthèse des données disponibles jusqu'à fin mai 2014 et a fait appel à plusieurs experts pour évaluer l'intérêt diagnostique et l'impact clinique, médico-économique et organisationnel de cette technique.

D'un point de vue **technique**, les appareils utilisés ont bénéficié des évolutions rapides dans ce domaine, offrant des performances accrues avec une meilleure qualité d'image, un encombrement réduit, pour un coût plus faible. Il existe des appareils « de poche » avec de petits écrans, une résolution *a priori* moindre et un choix de sondes plus restreint, et des appareils « portables » avec des caractéristiques meilleures.

En raison de la présence d'air et d'os, le thorax est difficile à explorer par ultrasons. L'échographie permet cependant de visualiser soit directement certains organes, tissus et lésions, soit de manière indirecte par des signes ou artefacts décrits plus loin. Pour cette raison, les utilisateurs de l'échographie devront être suffisamment formés à cette pratique.

Les modalités d'imagerie alternatives à l'échographie sont la radiographie thoracique au lit du patient et la tomodensitométrie, qui ne peut pas être réalisée au lit du patient. En termes de **performance diagnostique**, selon les données disponibles et la revue de la littérature réalisée par le secrétariat scientifique du CEDIT, l'échographie présente une meilleure sensibilité et une spécificité équivalente à celle de la radiographie, au moins pour l'épanchement pleural liquidien, le comblement alvéolaire et l'atélectasie, l'œdème pulmonaire et le pneumothorax.

L'évaluation de la valeur diagnostique de l'échographie a été utilement complétée par une étude d'impact qui a cherché la place effective de cet examen dans la prise en charge des malades : l'échographie a permis de modifier la prise en charge de la moitié des patients pris en considération dans l'étude.

Par ailleurs, l'échographie est fortement recommandée pour guider les gestes invasifs thoraciques comme la ponction d'un épanchement pleural. Selon les experts, il s'agirait en fait de l'indication la plus reconnue et la plus bénéfique aux patients.

Afin de prendre en considération l'aspect **médico-économique** de cette technique, il est utile de rappeler que le coût de l'échographie comprend un investissement initial modéré (coût d'un appareil entre 5 à 20 mille euros, coût des consommables non significatif). Pour le coût de fonctionnement, le temps médical (assez mal connu) est probablement la composante principale de la dépense. Aucune analyse comparative des coûts respectifs de l'échographie et de la radiographie au lit n'est actuellement disponible mais, selon les quelques éléments disponibles, il se pourrait que le coût de l'échographie soit inférieur à celui d'une radiographie au lit. Ainsi, le remplacement de l'examen radiographique par l'échographique, là où il est pertinent, pourrait se traduire par une meilleure performance diagnostique et un coût moindre de l'échographie.

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, le CEDIT a estimé que le développement de cette technique était justifié et a noté l'importance d'une formation des praticiens. Le CEDIT s'est proposé de réunir un groupe de travail composé d'experts pour que ce groupe élabore des recommandations de pratique clinique et une liste des indications concernées. Le CEDIT évaluera aussi les besoins de formation, les modalités de diffusion du matériel et les mutualisations possibles entre diverses spécialités concernées par la technique.

## 2 Introduction

Le CEDIT a été saisi par le Pr Thierry CHINET afin d'établir l'intérêt médical et la diffusion en pneumologie de l'échographie thoracique au lit du patient.

L'évolution récente des échographes (performances accrues, encombrement réduit et prix en baisse) atténuerait les obstacles à une large diffusion des échographes thoraciques au lit du malade ; en revanche cette évolution rend nécessaire l'évaluation de l'intérêt et du service rendu par cette pratique, afin de rationaliser leur éventuelle diffusion.

L'évaluation menée par le Secrétariat Scientifique du CEDIT porte sur les aspects techniques, médicaux, économiques et organisationnels de cette technologie. Elle a exclu de son champ l'échographie du cœur et des organes médiastinaux, qui relève de la cardiologie, et celle de la cage thoracique osseuse, pour se concentrer sur les apports de l'échographie des poumons et de la plèvre.

**Méthode de travail :** une première recherche, portant sur les termes "point of care ultrasound thorax" et "point of care ultrasound thoracic" a produit 105 citations, dont 22 se sont avérées pertinentes. L'exploitation des références de ces articles et l'interrogation de divers interlocuteurs (dont l'auteur d'une revue) nous a fourni le reste de la documentation. Les premières références citées [1–10] fournissent une description générale plus que des informations précises et ne seront plus citées que lors de l'exploitation d'informations ponctuelles que nous en extrairons.

Un premier état du présent travail a été soumis à un groupe d'experts.

## 3 Aspects techniques

Les appareils utilisés pour l'échographie thoracique ont bénéficié d'évolutions techniques continues, en grande partie liées aux évolutions de l'informatique, offrant des performances accrues avec une meilleure « qualité d'image », un encombrement réduit, pour un investissement faible.

### 3.1 Description générale des explorations échographiques des volumes de la cage thoracique

L'échographie est fondée sur l'émission d'ultrasons et l'analyse de leur réflexion sur les surfaces/interfaces d'organes. La source ultrasonore et les capteurs sont installés dans une sonde comportant un certain nombre de cristaux piézo-électriques. L'image obtenue est plus claire quand l'écho est fort. En fonction du temps de réflexion et de la direction incidente de l'écho, l'équipement est capable de calculer l'emplacement d'un élément de volume. Le résultat obtenu est une image géométriquement fidèle, représentant une coupe anatomique en forme de portion de cercle.

En raison de la présence d'air et d'os, le thorax est difficile à explorer par ultrasons. L'échographie permet cependant de visualiser soit directement certains organes, tissus et lésions, soit de manière indirecte par des signes ou artefacts décrits plus loin

L'exploration de la plèvre, structure fortement échogène (lumineuse sur l'écran), se traduit dans l'image affiché par une ligne (ou plusieurs lignes) avec, au-dessus, une image sombre (effet miroir), à condition que le poumon soit normal.

Dans de nombreuses affections, le contenu liquidien des poumons est élevé permettant ainsi la formation d'une image réelle ou toute au moins l'observation d'artefacts informatifs. Une discussion des signes cliniquement utiles est proposée dans cet avis.

Il faut toutefois noter que l'échographie ne peut être utilisée pour étudier des affections telles que l'emphysème ou la distension alvéolaire due à une ventilation mécanique excessive, car dans ces

cas l'effet miroir obtenu ne peut être différencié de celui obtenu en cas d'aération normale.

De même, les os de la cage thoracique jouent un rôle important car l'acquisition d'une image n'est possible qu'à partir des espaces intercostaux. Néanmoins, par un balayage/acquisition oblique, il est estimé que plus de 70% de la surface pleurale est visible à échographie [1]

### 3.2 Les signes recherchés lors des explorations échographiques thoraciques

Depuis l'apparition et la généralisation des échographies thoraciques au lit du malade, leurs applications ne sont plus exclusivement orientées vers une reconstruction optimale des caractéristiques morphologiques des organes et tissus. La qualité des images dynamiques en temps réel, utilisées par les cliniciens est peut-être inférieure mais ces images sont corrélées aux symptômes et signes du patient [2].

Quelques signes particuliers désignés par des termes définis par une conférence de consensus international [11] sont utilisés dans le domaine de l'échographie thoracique. Par convention la sonde se trouve en bas de l'image ultrasonore des publications.

- **Les lignes A** : L'artefact appelé ligne A est une réflexion de l'interface pleural (horizontale sur l'écran et transversale à la propagation des ultrasons émis) simple ou multiple. Les lignes A sont séparées par une distance proportionnelle à l'épaisseur du tissu sous-cutané entre la sonde et l'interface pleurale.
- **Les lignes B** : Ces artefacts de réverbération sont des formations verticales (longitudinales au faisceau ultrasonore) apparaissent sur la ligne pleurale et s'étendent jusqu'au bord de l'écran de visualisation. Une explication donnée est qu'il s'agirait de la réflexion des septa inter-lobulaires (qui ont une impédance mécanique plus proche de celle de la plèvre que de celle de l'air) à l'endroit où ceux-ci sont en contact avec la plèvre viscérale. Les septa sont trop petits pour apparaître en imagerie réelle (<1 mm). Les lignes B se déplacent de manière synchrone avec le « lung sliding ». Toutefois les mécanismes de formation des lignes B ne sont pas connus<sup>1</sup> avec certitude [11].
- « **Lung sliding** » : C'est le rendu échographique d'un mouvement, rythmé, régulier, synchronisé avec la respiration, entre la plèvre viscérale et la plèvre pariétale qui sont directement juxtaposées ou séparées par une fine couche de liquide intrapleurale.
- « **Lung Point** » : fait référence à un point anatomique approximatif. L'image typique obtenue lors d'un pneumothorax est l'absence de « sliding » et de lignes B en mouvement à un point donné correspondant approximativement à la projection perpendiculaire du pneumothorax sur la paroi thoracique. En déplaçant la sonde il est possible de retrouver où cette image typique se transforme en « lung sliding ». Ce point représente approximativement la projection perpendiculaire sur la paroi thoracique de la limite d'un pneumothorax. Le « lung point » est un signe dynamique et sa position dépend du degré d'insufflation des poumons de telle sorte que son emplacement anatomique exact peut changer de cycle respiratoire en cycle respiratoire en fonction de l'amplitude des cycles.
- « **Lung pulse** » : ce terme se réfère au frottement rythmique (juste perceptible en absence du sliding) entre les plèvres viscérale et pariétale impulsé par les oscillations cardiaques.

---

1 Il n'existe pas de base scientifique solide par rapport à la genèse de lignes B et certaines questions n'ont pas trouvé de réponse définitive. Sont-elles semblables en cas de différentes pathologies ou au contraire différentes pour chaque type de pathologie, ou une distinction pourrait être faite par rapport à leur nombre, densité ou homogénéité ? Le simple fait qu'il s'agit d'artefacts crée un débat quant à la meilleure manière de visualiser des lignes B. Les interrogations concernent notamment la fréquence idéale pour les utiliser et les technologies ultrasonores à envisager pour optimiser la qualité des résultats. Est-ce que tous les échographes existants et futures seront adaptés à ce type d'examen ?

### 3.3 Les équipements disponibles

Actuellement l'AP-HP met à disposition de ses praticiens des échographes de deux types pour les applications au chevet du patient:

- « Appareils de poche » dotés d'une alimentation batterie et d'écrans petits avec *a priori* une résolution moindre et présentent un choix de sondes plus restreint, voire une seule sonde. Ils offrent des fonctionnalités d'imagerie bidimensionnelle et de Doppler pulsé
- « Appareils portables<sup>2</sup> » dotés d'une alimentation par batterie et des écrans plus grands avec, *a priori*, une résolution meilleure et présentant un choix de sondes plus étendu (une dizaine de modèles). La forme des sondes, les fréquences ultrasonores utilisées ainsi que les angles d'explorations possibles sont les paramètres variables. Les équipements portables proposent l'ensemble des fonctionnalités ultrasonores conventionnelles et Doppler couleur. Les capacités techniques de ces appareils sont d'aussi bonne qualité mais pas aussi étendues que celles proposées par les appareils utilisés dans les services d'imagerie.

Dans chaque catégorie il y a plusieurs marques, modèles et fabricants possibles. Les échographies thoraciques sont essentiellement effectuées en mode bidimensionnel avec des réglages standard (en mode abdomen ou en mode pulmonaire si disponible) en utilisant des fréquences de l'ordre de 3 à 12 MHz (les fréquences les plus basses et des sondes convexes pour les structures profondes et les fréquences les plus hautes et une sonde linéaire pour la paroi thoracique, la plèvre et le parenchyme périphérique du poumon [1]).

### 3.4 Les modalités d'imagerie alternatives à l'échographie au lit du patient

Après un examen clinique minutieux du patient, les examens complémentaires radiologiques pouvant être proposés en pneumologie comme alternative à l'échographie sont principalement la radiographie thoracique au lit du patient et la tomodensitométrie.

Une grande partie des **radiographies thoraciques au lit** du patient concerne des patients candidats à une échographie thoracique et inversement. Les aspects médicaux sont traités en section 2 du présent rapport. Il est à noter que l'utilisation de radiographes mobiles à l'AP-HP représente des enjeux techniques et aussi financiers non négligeables. En effet, environ 250 unités sont en inventaire, dont plus de la moitié ayant plus de 15 ans et certains plus de 20 ans.

Ces appareils, sources de rayonnements ionisants, pèsent plus de 200 kg et imposent des contraintes techniques de toutes sortes : sur l'entretien et la vérification du fonctionnement et de la sécurité des appareils, en matière de radioprotection des patients, des professionnels de santé et du public, ainsi que pour garantir l'accès physique au lit du patient. Ces équipements sont assez encombrants en dépit des progrès techniques réalisés. Les aspects liés aux coûts sont abordés au paragraphe 5.

La **tomodensitométrie rayons-x** permet d'explorer le thorax avec une grande précision et est la référence dans ce domaine. Néanmoins elle expose le patient à une dose de rayonnements ionisants et ne peut en aucun cas être effectuée au lit du patient. La tomodensitométrie impose un délai du au déplacement du patient, à l'acquisition des images et à leur interprétation.

Dans les suites de la présente évaluation, une piste possible de réflexion serait d'analyser finement les utilisations des appareils de radiographies et les possibilités de les remplacer avantageusement par des échographies, par exemple lors du remplacement d'un appareil de radiographie.

---

<sup>2</sup> Y compris des équipements sur un chariot.

## 4 Aspects médicaux

L'échographie « au lit du patient » est une exploration pratiquée par le clinicien qui interprète les données recueillies sur place. Cette approche permet de lier directement et sans délai les observations cliniques à l'image échographique [12]. A ce titre, certains auteurs considèrent l'échographie thoracique comme une extension de l'examen clinique [3].

Ce paragraphe prend en considération les résultats de la recherche bibliographique entreprise et les avis des experts contactés. On peut noter que le résultat d'un examen échographique dépend fortement de son auteur et que par conséquent la formation des praticiens joue un rôle capital dans sa valeur diagnostique.

De même, il faut relever que la littérature disponible sur les résultats médicaux émane majoritairement d'équipes de réanimation. En revanche, les questions abordées semblent être des questions communes à ces équipes et aux services d'hospitalisation conventionnelle de pneumologie ainsi qu'aux services d'urgence.

Des résultats analytiques sont disponibles pour au moins quatre entités anatomo-cliniques décrites ci-dessous ; nous allons synthétiser ces résultats et leurs conséquences en termes de prise en charge puis nous en déduisons ce que pourrait être l'intérêt médical de cette technique.

### 4.1 Valeur diagnostique de l'échographie pour quatre entités anatomo-pathologiques

Une revue systématique d'Ashton-Cleary [12] a recensé les études permettant de comparer la valeur diagnostique de l'échographie thoracique à celle de la radiographie thoracique (seule technique diagnostique directement concurrente, la tomodensitométrie étant actuellement considérée comme le gold-standard, mais nécessitant le déplacement du malade). Notre recherche n'a pas mis en évidence de nouvelles études pertinentes sur ce sujet.

Cette revue isole quatre entités anatomo-pathologiques fréquentes ; nous allons résumer et discuter leurs résultats (en les complétant par une agrégation des valeurs diagnostiques à l'aide du modèle bi-varié de Reitsma [13] tel qu'implémenté dans le paquet logiciel R[14] et mada [15]).

#### 4.1.1 Epanchement pleural liquidien

Ashton-Cleary recense sept études, dont cinq [16–20] donnent des résultats en termes de présence/absence d'un épanchement pleural. Deux de ces études [18,19] et deux autres [21,22] donnent aussi des résultats en termes de corrélation des volumes liquidien estimés au vu d'un examen et drainés par ponction. (Nous n'avons pas agrégé ces données, qui ne s'y prêtent pas)

	<b>Radiographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>Échographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>p</b>
Sensibilité	0.49 ]0.30 0.68[	0.92 ]0.88 0.95[	8.1 10 <sup>-8</sup>
Spécificité	0.86 ]0.65 0.95[	0.91 ]0.79 0.96[	0.488

Tableau 1: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis de l'épanchement pleural.

L'agrégation des résultats montre (tableau 1) que la sensibilité de l'échographie est nettement meilleure que celle de la radiographie au lit du malade, les spécificités n'étant pas différentes

#### 4.1.2 Comblement alvéolaire et atelectasie

Cinq études [16,20,23–25] (dont quatre viennent de la même équipe ) attribuent (tableau 2) une meilleure sensibilité à l'échographie qu'à la radiographie au lit du malade pour cette pathologie, les spécificités n'étant pas différentes :

	<b>Radiographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>Échographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>p</b>
Sensibilité	0.54 ]0.25 0.80[	0.88 ]0.80 0.93[	0.00238
Spécificité	0.93 ]0.82 0.97[	0.96 ]0.88 0.99[	0.328

Tableau 2: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis du comblement alvéolaire.

#### 4.1.3 Œdème pulmonaire ("Extravascular lung water")

Des huit études retenues par [12], quatre [16,23,24,26] donnent des résultats agrégables en terme de présence/absence d'œdème pulmonaire qui, elles aussi, (tableau 3) attribuent une meilleure sensibilité à l'échographie qu'à la radiographie au lit, sans différences de spécificités.

	<b>Radiographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>Échographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>p</b>
Sensibilité	0.53 ]0.39 0.67[	0.96 ]0.92 0.98[	< 2.2 10 <sup>-16</sup>
Spécificité	0.97 ]0.26 1.00[	0.93 ]0.88 0.95[	0.739

Tableau 3: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis de l'œdème.

#### 4.1.4 Pneumothorax

Cinq études [16,23,27–29] fournissent des informations sur la valeur diagnostique binaire de l'échographie ou de la radiographie au lit du malade pour l'existence d'un pneumothorax ; ces études montrent là encore (tableau 4) que l'échographie est plus sensible et aussi spécifique que la radio thoracique au lit :

	<b>Radiographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>Échographie ]IC<sub>95</sub>[</b>	<b>p</b>
Sensibilité	0.35 ]0.20 0.53[	0.85 ]0.75 0.92[	<2.19 10 <sup>-06</sup>
Spécificité	0.99 ]0.96 1.00[	0.97 ]0.92 0.99[	0.234

Tableau 4: Agrégation des valeurs diagnostiques vis à vis du pneumothorax.

## 4.2 Impact clinique de l'échographie thoracique au lit

Cette évaluation de la valeur diagnostique de l'échographie thoracique au lit du malade est utilement complétée par la récente étude d'impact de Xirouchaki [30] (et les commentaires [31,32]) qui a recherché la place effective de cet examen dans la prise en charge des malades.

Les auteurs rapportent les résultats de 253 examens pratiqués chez 189 patients pour l'établissement d'un premier diagnostic (ils éliminent les examens faits pour suivre l'évolution d'une pathologie connue). Dans 145 cas, un diagnostic précis est suspecté (Cf. table 5), menant à 101 confirmations (et 44 récusations), qui ont un impact en termes cliniques dans 120 cas.

<b>Diagnostic recherché</b>	<b>N</b>	<b>Confirmation</b>	<b>Récusation</b>	<b>Conf vs autre Dg Recherché</b>	<b>Impact clinique</b>	<b>Pas d'impact</b>
Pneumothorax	60	28	32	7	35	0
Épanchement pleural	34	32	2	9	41	0
Atélectasie/ comblement	15	9	6	16	15	10
Pneumonie	14	10	4	9	14	5

Diagnostic recherché	N	Confirmation	Récusation	Conf vs autre Dg Recherché	Impact clinique	Pas d'impact
Œdème	22	22	0	12	15	19

Tableau 5: Impact de l'échographie sur un diagnostic suspecté

Les 108 examens menés sans diagnostic suspecté concluent à un pneumothorax dans 7 cas, une atélectasie dans 12 cas, une pneumonie dans 5 cas, un épanchement pleural notable dans 7 cas et un œdème pulmonaire (cardiogénique ou non) dans 12 cas ; dans ces 43 cas, le diagnostic a eu un impact en termes de prise en charge.

Les auteurs estiment que les résultats de l'échographie ont directement modifié la prise en charge dans 119 des 253 cas (47%) et jugent que cet examen a reclassé 85,6 % des cas.

### 4.3 Recommandations professionnelles

Plusieurs auteurs ont réfléchi à l'optimisation de l'utilisation clinique de cette méthode d'examen. Ainsi, Piette & al. [33] proposent-ils un algorithme de diagnostic par examen échographique de première intention qui oriente la prise en charge d'un patient hypoxique. Toutefois, s'ils illustrent par des cas cliniques l'utilisation de cet algorithme, la preuve de son intérêt reste à faire.

Egalement, le BLUE-protocol [23] a publié des valeurs statistiques pour chacun des profils accompagnant chacune des 6 affections les plus fréquentes (pneumopathie, œdème pulmonaire hémodynamique, poussée de bronchopathie chronique, asthme aigu, embolie pulmonaire, pneumothorax)

De même, le bureau exécutif de la Fédération Européenne d'Ultrasonographie en Médecine (European Federation of Societies of Ultrasound in Medicine EFSUMB) a proposé [34] de distinguer les concepts d'échographie et d'échoscopie. L'échoscopie vise à répondre à des questions binaires avec réponses oui/non.

Enfin, un **article de consensus international** [11] comprend des recommandations relatives aux signes à rechercher lors d'explorations échographiques, notamment vis à vis des 4 entités anatomopathologiques les plus fréquemment discutées dans la littérature (et que nous avons déjà rencontrées) :

**L'épanchement pleural liquidien** consiste en la présence de liquide dans l'espace pleural, qui peut être du sang, du liquide purulent ou non purulent. Classiquement, la radiographie de thorax oriente vers le diagnostic mais seule la ponction pleurale affirme l'épanchement. L'échographie thoracique peut être utilisée dans cette indication. Selon la conférence de consensus [11], les signes présents lors d'un épanchement liquidien sont un espace (habituellement anéchogène) entre les plèvres viscérales et pariétales et des mouvements respiratoires du poumon détectés à l'intérieur du liquide (signe sinusôïde).

La British Thoracic Society a fortement recommandé [35,36] que les gestes pleuraux (et notamment la ponction d'un tel épanchement) soient faits sous guidage échographique. En plus d'une meilleure caractérisation de l'épanchement et d'une meilleure précision et maîtrise du geste, l'échographie a souvent l'avantage de pouvoir être réalisée au lit du malade.

Le signe échographique d'un **comblement alvéolaire** est la présence d'une région sous-pleurale faiblement échogène ou à écotexture similaire à un tissu. L'étiologie du syndrome alvéolaire comprend les causes suivantes : infection, embolie pulmonaire, cancer du poumon et métastases, atélectasie, et contusion pulmonaire. D'autres signes peuvent contribuer à déterminer la cause du comblement alvéolaire dont : la qualité des marges profondes du comblement, la présence d'artefacts de réverbération de type « comet-tail » à la marge du champ distal, la présence de bronchogramme(s) à air, bronchogramme(s) liquidien(s) et le dessein formé par les vaisseaux

inclus dans le comblement.

**Le syndrome interstitiel** est principalement signalé par la présence de lignes B multiples qui sont des artefacts spécifiques. Différentes méthodes permettent de définir des zones de la cage thoracique. Elles sont discutées dans la littérature. Une région positive est reconnue par la présence d'au moins trois lignes B (B pattern) dans un plan longitudinal situé entre deux côtes

L'épanchement pleural gazeux (**pneumothorax**) est caractérisé par la présence d'air dans l'espace pleural, dû à une brèche faisant communiquer l'espace pleural et les voies aériennes, entraînant ainsi la rétraction du poumon (plus rarement il peut être dû à une plaie à travers la paroi thoracique). Classiquement, la radiographie thoracique, dans un premier temps en inspiration seule, permet le diagnostic. L'échographie thoracique peut être utilisée dans cette indication. Selon la conférence de consensus, les signes traduisant un pneumothorax sont l'absence de « lung sliding », de « B lines » et de « lung pulse » ainsi que la présence de « lung point ». En termes de courbe d'apprentissage, des données claires ne sont pas disponibles mais il semble que celle-ci serait plus longue que pour la radiographie du thorax.

Les auteurs du consensus international constatent qu'il est nécessaire de développer et de standardiser des protocoles diagnostiques ainsi que la formation des praticiens et de mettre à jour les recommandations dans un délai de quatre ans.

## 5 Aspects économiques et médico-économiques

Le secrétariat scientifique du CEDIT n'a pas trouvé de publication ou de donnée propres à l'AP-HP (évaluation économique ou étude d'impact budgétaire) sur ce sujet. Ce chapitre contient donc quelques éléments et réflexions générales sur l'aspect économique lié à l'utilisation de l'échographie thoracique.

Les échographes « de poche » sont actuellement (printemps 2014) disponibles pour un coût avoisinant 5 000 €, les échographes portables, aux possibilités plus étendues, peuvent atteindre environ 20 000 €. Ces coûts représentent l'intégralité des coûts d'investissement.

Les consommables (gel d'échographie, serviettes) étant négligeables, les coûts variables sont représentés par le temps médical. Nous n'avons que peu d'information sur le temps nécessaire à la réalisation de l'examen.

Par ailleurs les protocoles ne sont pas encore établis mais on peut penser que la durée d'examen dépendra notamment des questions posées et donc de l'information déjà disponible relative au patient ainsi que de la précision voulue.

Peu d'éléments sont donc disponibles pour établir le coût d'un examen échographique. Toutefois, du fait de la modestie des coûts d'investissement, on peut raisonnablement penser que le coût total sera essentiellement représenté par le temps médical.

*A contrario*, la réalisation d'un examen radiographique au lit du malade nécessite un investissement lourd en matériel, son déplacement au lit (nécessité de la participation d'un manipulateur d'électro-radiologie et d'un aide-soignant). Le temps médical nécessaire à l'interprétation n'est pas très important, mais ne peut être négligé. Par conséquent, on peut raisonnablement penser que la substitution d'un examen échographique à un examen radiologique, là où il est pertinent, peut se traduire à terme par une diminution des coûts.

Toutefois, ce possible gain économique ne fait sans doute que renforcer l'apport potentiel le plus important de l'échographie, qui est d'obtenir une amélioration du diagnostic et du suivi des patients. Par ailleurs, cette substitution n'est possible que pour une fraction des indications actuelles de la radiographie thoracique au lit, et ne représente qu'une fraction des indications de l'échographie.

## 6 Autres aspects

La **formation des praticiens** mérite réflexion : l'échographie est une technique dont les résultats sont fortement dépendants de l'utilisateur (qu'il soit radiologue, pneumologue ou anesthésiste-réanimateur). Dans les études décrites les praticiens sont décrits comme étant formés (mais sans préciser cette formation) et ayant des capacités suffisantes pour effectuer les explorations d'échographie thoracique. Toutefois le niveau requis n'est ni harmonisé, ni même décrit. Le manque de référentiel sur la compétence des opérateurs pose problème lorsque l'on compare les performances cliniques des différentes techniques.

On note que les auteurs de l'article de consensus [11] ont réussi à formuler des recommandations sur ce dernier point, contrairement à la formation elle-même, sur laquelle le consensus semble avoir été plus difficile à obtenir, avec un niveau de recommandation moins fort.

Il ressort cependant que l'apprentissage est nécessaire et que la sémiologie est différente de la sémiologie échographique habituelle.

## 7 Éléments de discussion

La littérature relative à l'échographie thoracique au lit du malade émane principalement d'un groupe de réanimateurs, pratiquant cette technique depuis longtemps. L'essentiel des informations porte donc sur des examens faits en réanimation. En particulier, nous n'avons pas d'étude sur l'apport de cette technique à la réalisation d'examens faits au lit du patient.

Il apparaît cependant que cet examen, réalisable sans déplacement du malade en radiologie :

- a une meilleure valeur diagnostique que la radiographie thoracique au lit du malade, et
- a un impact important sur la prise en charge clinique (près de la moitié des cas).

Son efficacité en termes de diagnostic et de suivi du malade (un quart des examens utilisés par [30] était un examen itératif) apparaît donc probable. Son efficacité en termes d'impact sur la morbidité ou la mortalité est une hypothèse raisonnable, dont la preuve (qui exigerait des études comparatives rigoureuses) paraît difficile à apporter.

On peut relever que l'amélioration de la sensibilité se traduit par une augmentation des valeurs prédictives négatives ; des gains d'efficience peuvent donc être attendus de la diminution de la fréquence de gestes/de séjours qui s'avèreront *in fine* inutiles.

Nous ne disposons pas d'éléments permettant d'évaluer le coût effectif de l'examen échographique. Toutefois, au regard de la relative modestie des coûts fixes (essentiellement des coûts d'investissement), il apparaît que ce coût sera dominé par le temps médical. L'apprentissage est également important et difficile à chiffrer.

La question de la formation des utilisateurs est à la fois importante et il est difficile d'y répondre.

Les auteurs de l'article de consensus [11] ont conclu à la nécessité de refaire le point sur les connaissances après un intervalle de quatre ans. On peut donc présumer que certaines des questions actuellement sans trouveront leur réponse d'ici là.

## 8 Recommandations

L'évolution récente des équipements d'échographie, en termes de performances, d'encombrement et de prix a atténué les obstacles à une large diffusion ; en revanche l'évaluation de l'intérêt et du service rendu aux patients est toujours nécessaire. La littérature disponible, émanant essentiellement de réanimateurs, indique que pour quatre entités anatomiques (épanchement pleural, atélectasie / comblement, pneumonie, œdème), l'échographie :

- A une meilleure valeur diagnostique que la radiographie thoracique au lit et
- A un impact important sur la prise en charge des malades

Par ailleurs la littérature indique quelques protocoles diagnostiques pour des indications telles que la détresse respiratoire aiguë ou l'hypoxie.

La conférence de consensus publié en 2012 conclut à la nécessité de revoir la situation dans 4 quatre ans, position partagée par les membres du CEDIT.

Afin de réaliser des gestes invasifs, le guidage échographique est fortement recommandé en particulier pour certaines ponctions pleurales. Lors de la discussion, les membres du CEDIT ont insisté sur l'importance de l'échoguidage pour certains gestes invasifs de la cage thoracique. Ils estiment probable que les recommandations deviennent prochainement opposables.

En guise de recommandations, le CEDIT a retenu les éléments suivants :

- Le CEDIT a noté 4 indications pour lesquelles l'échographie thoracique est supérieure à la radiographie au lit du patient.
- Le CEDIT a noté que l'ensemble des échographes disponibles aujourd'hui est *a priori* suffisant pour effectuer les actes d'échographie thoracique au lit du patient. Seul le choix de la sonde, dont l'évolution actuellement rapide est documenté dans la littérature courante, peut être discuté (notamment au regard des autres besoins existant dans le service)
- Le CEDIT a noté l'importance de la formation des praticiens pour effectuer cet acte dont la qualité de réalisation dépend fortement de l'utilisateur.
- Le CEDIT se propose d'accompagner un groupe de travail composé d'utilisateurs de l'échographie, pour élaborer des recommandations cliniques et se prononcer sur la diffusion nécessaire des équipements. Il n'y a pas de justification à s'opposer à l'équipement des services de pneumologie en échographes.



## A Glossaire

La plupart des articles sont orientés soit vers les signes d'imagerie tels que décrits ci-dessus (partie technique) certains autres articles sont orientés vers des états physiologiques, anatomiques et/ou pathologiques. Il est nécessaire de comprendre ces états et les relations entre eux pour pouvoir faire une synthèse de la littérature relative à l'échographie thoracique.

Il est fréquemment fait référence à l'eau pulmonaire extravasculaire (EPEV). Il s'agit notamment d'œdème pulmonaire : soit du à une augmentation de la perméabilité soit du à une augmentation de la pression intra vasculaire. L'EPEV se trouve dans les alvéoles, dans l'espace interstitiel ou dans la plèvre.

L'**atélectasie** est caractérisée par l'affaissement d'alvéoles pulmonaires dépourvus de leur ventilation tandis que persiste leur perfusion sanguine ayant pour effet physiologique un shunt pulmonaire et l'hypoxie comme conséquence clinique. Ces causes peuvent être multiples.

L'**épanchement pleural** désigne la présence d'un liquide dans la cavité pleurale. Peut être la cause d'une atélectasie.

Le **syndrome interstitiel** est une condition dans laquelle le volume d'air alvéolaire est réduit à cause d'une augmentation des fluides dans l'interstice alvéolaire toute en préservant partiellement l'aération des poumons.

La **pneumonie** est une pathologie d'origine infectieuse qui est notamment une cause possible d'EPEV.

Le **comblement alvéolaire** est un désordre liquidien où les alvéoles sont remplis de liquide plutôt que de gaz. Les liquides sont facilement détectés expliquant l'intérêt de l'échographie dans ce cas. Une consolidation pulmonaire est une région décelable par radiographie ; Le liquide peut être un exsudat inflammatoire, du pus, de l'eau inhalé, ou du sang.

L'**embolie pulmonaire** est l'obstruction brutale de l'une des branches de l'artère pulmonaire ou d'une des ramifications.

Le **pneumothorax** est une affection de la plèvre, mettant en communication l'espace pleural et l'atmosphère. Le poumon s'affaisse alors avec des conséquences respiratoires et hémodynamiques parfois graves. Le pneumothorax est une cause possible de l'atélectasie.

L'**œdème** est un envahissement des alvéoles pulmonaires (ou de l'espace interstitiel) par du plasma sanguin ayant traversé la paroi des capillaires.

Le **syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA)** alias **ARDS** (Acute respiratory distress syndrome) est un état critique où la compliance pulmonaire et la capacité d'échanges gazeux chutent radicalement. Il traduit une atteinte de la membrane alvéolo-capillaire induisant un œdème pulmonaire lésionnel. Cette manifestation peut apparaître dans un grand nombre de situations pathologiques avec des mécanismes différents. Il est caractérisé par une inflammation du parenchyme pulmonaire qui mène à des anomalies d'échanges de gaz avec une libération en parallèle de médiateurs inflammatoires du parenchyme pulmonaire qui causent une inflammation, une hypoxémie ; souvent une défaillance multiviscérale en résulte.

## B Bibliographie

1. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011 Feb 24;364(8):749–57.
2. Volpicelli G. Lung sonography. *J Ultrasound Med*. 2013 Jan;32(1):165–71.
3. Gardelli G, Feletti F, Nanni A, Mughetti M, Piraccini A, Zompatori M. Chest ultrasonography in the ICU. *Respir Care*. 2012 May;57(5):773–81.
4. Koegelenberg CFN, Calligaro G, Hoess C, Von Groote-Bidlingmaier F. Transthoracic ultrasonography in respiratory medicine. *Panminerva Med*. 2013 Jun;55(2):131–43.
5. Kwan RO, Miraflor E, Yeung L, Strumwasser A, Victorino GP. Bedside thoracic ultrasonography of the fourth intercostal space reliably determines safe removal of tube thoracostomy after traumatic injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012 Dec;73(6):1568–73.
6. Donmez H, Tokmak TT, Yildirim A, Buyukoglan H, Ozturk M, Yaşar Ayaz U, et al. Should bedside sonography be used first to diagnose pneumothorax secondary to blunt trauma? *J Clin Ultrasound*. 2012 Apr;40(3):142–6.
7. Stone MB, Secko MA. Bedside ultrasound diagnosis of pulmonary contusion. *Pediatr Emerg Care*. 2009 Dec;25(12):854–5.
8. Bourcier J-E, Paquet J, Seinger M, Gallard E, Redonnet J-P, Cheddadi F, et al. Performance comparison of lung ultrasound and chest x-ray for the diagnosis of pneumonia in the ED. *Am J Emerg Med*. 2014 Feb;32(2):115–8.
9. Koenig F, Knittel J, Stepp H. Diagnosing cancer in vivo. *Science*. 2001 May 18;292(5520):1401–3.
10. Lyn-Kew KE, Koenig SJ. Bedside ultrasound for the interventional pulmonologist. *Clin Chest Med*. 2013 Sep;34(3):473–85.
11. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012 Apr;38(4):577–91.
12. Ashton-Cleary DT. Is thoracic ultrasound a viable alternative to conventional imaging in the critical care setting? *Br J Anaesth*. 2013 Aug;111(2):152–60.
13. Reitsma JB, Glas AS, Rutjes AWS, Scholten RJPM, Bossuyt PM, Zwinderman AH. Bivariate analysis of sensitivity and specificity produces informative summary measures in diagnostic reviews. *J Clin Epidemiol*. 2005 Oct;58(10):982–90.
14. R Development Core Team T. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. 3.1.0 ed. Vienna, Austria; 2014. Available from: <http://www.R-project.org/>
15. Doebler P. mada: Meta-Analysis of Diagnostic Accuracy (mada) [Internet]. 2014 [cited 2014 Apr 17]. Available from: <http://cran.r-project.org/web/packages/mada/index.html>
16. Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med*. 2011 Sep;37(9):1488–93.

17. Rocco M, Carbone I, Morelli A, Bertoletti L, Rossi S, Vitale M, et al. Diagnostic accuracy of bedside ultrasonography in the ICU: feasibility of detecting pulmonary effusion and lung contusion in patients on respiratory support after severe blunt thoracic trauma. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008 Jul;52(6):776–84.
18. Vignon P, Chastagner C, Berkane V, Chardac E, François B, Normand S, et al. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med*. 2005 Aug;33(8):1757–63.
19. Roch A, Bojan M, Michelet P, Romain F, Bregeon F, Papazian L, et al. Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions > 500 mL in patients receiving mechanical ventilation. *Chest*. 2005 Jan;127(1):224–32.
20. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby J-J. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004 Jan;100(1):9–15.
21. Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, et al. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2006 Feb;32(2):318–21.
22. Remérand F, Dellamonica J, Mao Z, Ferrari F, Bouhemad B, Jianxin Y, et al. Multiplane ultrasound approach to quantify pleural effusion at the bedside. *Intensive Care Med*. 2010 Apr;36(4):656–64.
23. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008 Jul;134(1):117–25.
24. Lichtenstein DA, Lascols N, Prin S, Mezière G. The “lung pulse”: an early ultrasound sign of complete atelectasis. *Intensive Care Med*. 2003 Dec;29(12):2187–92.
25. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004 Feb;30(2):276–81.
26. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997 Nov;156(5):1640–6.
27. Zhang M, Liu Z-H, Yang J-X, Gan J-X, Xu S-W, You X-D, et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care*. 2006;10(4):R112.
28. Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, La Sala M, Silveri NG. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest*. 2008 Jan;133(1):204–11.
29. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR, Nicolaou S. Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT--initial experience. *Radiology*. 2002 Oct;225(1):210–4.
30. Xirouchaki N, Kondili E, Prinianakis G, Malliotakis P, Georgopoulos D. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2014 Jan;40(1):57–65.
31. O'Connor M, Isitt CE, Vizcaychipi MP. Comment on Xirouchaki et al.: impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2014 May 6;

32. Xirouchaki N, Georgopoulos D. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients: response to O'Connor et al. *Intensive Care Med.* 2014 May 6;
33. Piette E, Daoust R, Denault A. Basic concepts in the use of thoracic and lung ultrasound. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2013 Feb;26(1):20–30.
34. Birth of „Echoscopia“- The EFSUMB Point of View. *Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound.* 2013 Feb 28;34(01):92–92.
35. Maskell NA, Butland RJA, Pleural Diseases Group, Standards of Care Committee, British Thoracic Society. BTS guidelines for the investigation of a unilateral pleural effusion in adults. *Thorax.* mai 2003;58 Suppl 2:ii8-17.
36. Havelock T, Teoh R, Laws D, Gleeson F, BTS Pleural Disease Guideline Group. Pleural procedures and thoracic ultrasound: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax.* août 2010;65 Suppl 2:ii61-76.