

La sémiologie pulmonaire à l'ère de la médecine factuelle

Emmanuel Andrès¹, Sandra Reichert², Raymond Gass², Christian Brandt³, Yvan Kehayoff⁴

¹ Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques, Clinique médicale B, Hôpital Civil – Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, 1 porte de l'Hôpital, 67091 Strasbourg Cedex ; École de l'auscultation, Faculté de Médecine de Strasbourg <emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr>

² Technical Academy Fellow, Alcatel-Lucent, Illkirch ;

³ Service de cardiologie, Clinique médicale B, Centre d'investigation clinique, CHRU de Strasbourg ;

⁴ Laennet SA, Strasbourg, France

Cet article fait un état des lieux des publications et des travaux de recherche relatifs aux sons auscultatoires pulmonaires. Il comporte une description des marqueurs, en particulier pathologiques, pour lesquels une caractérisation validée existe. Il permet par là, de faire entrer la sémiologie pulmonaire dans le cadre de la médecine factuelle.

Mots clés : sons pulmonaires, auscultation pulmonaire, sémiologie pulmonaire, médecine factuelle

Savoir distinguer les sons (bruits) pulmonaires normaux (murmure vésiculaire) et anormaux (sibilants, crépitaux...) est capital pour le diagnostic médical. En effet, les sons respiratoires contiennent de précieuses informations sur la physiologie et les pathologies des poumons et des voies aériennes [1]. Divers travaux, très préliminaires, ont tenté de qualifier plus précisément ces sons, en essayant de mieux préciser et définir leurs caractéristiques physiques [2]. Ce travail, centré sur la sémiologie pulmonaire, fait le point sur ces travaux ; l'objectif étant *in fine* de faire entrer l'auscultation et le stéthoscope dans l'ère de la médecine factuelle (*evidence-based medicine*).

Nécessité d'une qualification validée des sons

La compréhension des mécanismes sous-jacents à la production des

sons pulmonaire est encore très imparfaite. L'enregistrement et l'analyse des sons respiratoires permettent d'améliorer cette compréhension [3]. Ils permettent une qualification plus précise des sons respiratoires normaux et donc de la sémiologie pulmonaire [4]. Alors que l'auscultation conventionnelle au stéthoscope est subjective et difficilement partageable, les systèmes de capture et d'analyse devraient apporter une aide au diagnostic objectif et précoce avec une meilleure sensibilité et reproductibilité des résultats [5, 6].

En pratique clinique, il existe aujourd'hui de nombreuses définitions, parfois différentes, des caractéristiques de marqueurs communs tels que le sibilant, le crépitant [7]... Les connaissances reposent encore pour une grande part sur un empirisme certain et l'enseignement sur un compagnonnage. La description des caractéristiques des sons est encore très imagée. Une sémantique commune

mt

Tirés à part : E. Andrès

Tableau 1. Sémiologie des sons pulmonaires

Type de sons pulmonaires	Circonstances physiologiques et pathologiques
Murmure vésiculaire	Il s'agit d'un bruit très doux audible durant toute la phase de l'inspiration et au début de l'expiration. Perçu dans les régions antérolatérales du thorax et dans le dos, il s'agit d'un murmure continu, moelleux et de faible intensité. Entendu durant toute l'inspiration le murmure vésiculaire est diminué dans les conditions suivantes : 1) épaississement important de la paroi comme, par exemple, en cas d'obésité ; 2) distension thoracique comme, par exemple, en cas d'emphysème. Il est aboli en cas : 1) d'interposition d'une lame gazeuse ou de liquide entre le poumon et la paroi thoracique comme, par exemple, en cas de pneumothorax ou de pleurésie ; 2) de disparition de la ventilation dans la partie du poumon concernée comme, par exemple, en cas de condensation pulmonaire, surtout si elle est rétractée sous forme d'atélectasie ; 3) après pneumonectomie, du côté opéré.
Souffle tubulaire	Il s'agit d'un bruit intense, rude et de tonalité élevée, perçu aux deux temps de la respiration, mais à prédominance inspiratoire. Il s'entend en regard (au centre) d'une condensation pulmonaire de type pneumonie et il est classiquement entouré d'une couronne de crépitations.
Sifflements	D'origine bronchique, variables en intensité, les sifflements sont perçus à l'oreille à distance du patient. En cas de sifflement localisé, il s'agit d'un sifflement inspiratoire ou aux deux temps, de même tonalité, causé par une obstruction partielle de la trachée ou d'une grosse bronche, suite à la présence d'une tumeur ou d'un corps étranger. Ce sifflement localisé est appelé « wheezing » en littérature anglo-saxonne. En cas de sifflements diffus, il s'agit le plus souvent de sifflements bilatéraux, de tonalités diverses, entendus surtout en fin d'expiration et rencontrés dans le cadre de l'asthme bronchique. En cas de bronchite (broncho-pneumopathie) chronique obstructive, on rencontre également des sifflements diffus et expiratoires, dus aux vibrations des parois des grosses bronches qui ont tendance à se coller à l'expiration.
Ronflements	D'origine bronchique, à l'instar des sifflements, de tonalité grave, tant inspiratoires qu'expiratoires, les ronflements sont modifiés par la toux. Aussi appelés « ronchi ». Ils se rencontrent en cas de bronchite aiguë ou chronique accompagnée d'hypersécrétion bronchique. Classiquement mobilisables par la toux, on distingue néanmoins des ronchi dits fixes ne disparaissant pas après un effort de toux et témoignant en général d'une obstruction bronchique en aval.
Râles bulleux	Aussi appelés râles muqueux, râles sous-crépitations, râles gras, les râles bulleux sont des bruits discontinus et de faible durée. Ils réalisent un bruit de gargouillement dans les grosses bronches à mettre en rapport avec l'encombrement des bronches suite à une hypersécrétion de mucus. Il s'agit de bruits irréguliers, inégaux, intenses, perçus aux deux temps de la respiration et modifiés par la toux. On les observe avant tout en cas de bronchite.
Râles crépitations	Aussi appelés râles fins ou crépitations, les râles crépitations sont des bruits discontinus, fins, secs, égaux entre eux, de tonalité élevée, survenant en bouffée durant l'inspiration. Ils deviennent plus nets après la toux et pointent vers un processus pathologique alvéolaire. Dus à des décollements entre les parois alvéolaires et leurs contenus pathologiques, ils s'observent avant tout en cas de pneumonie, d'œdème pulmonaire interstitiel ou alvéolaire suite à une défaillance cardiaque, mais aussi dans le cadre des fibroses pulmonaires ainsi que dans certaines pneumopathies interstitielles.
Souffle pleurétique	Il s'agit d'un bruit doux, lointain, voilé et expiratoire, perçu à la limite supérieure d'un épanchement pleural d'abondance moyenne. À l'instar du souffle tubulaire, il est déterminé par la condensation du poumon refoulé par la pleurésie. Étant atténué par la pleurésie, il présente néanmoins des caractères différents du souffle tubulaire.
Souffle amphorique	Il s'agit d'un souffle de timbre métallique, de tonalité élevée, expiratoire, provoqué par la résonance des bruits respiratoires normaux dans une poche de gaz, comme par exemple en cas de pneumothorax (avec persistance d'une brèche pleurale).
Frottements pleuraux	Il s'agit de bruits secs, rugueux, superficiels, non modifiés par la toux. Ils sont dus au frottement l'un contre l'autre des deux feuillets pleuraux enflammés. Leur intensité peut être discrète, de type « froissement de papier de soie », ou intense, de type « bruit râpeux de cuir neuf ». Ils s'observent au début d'une pleurésie, à sa limite supérieure ou après son évacuation. Ils disparaissent en cas d'épanchement de grande abondance du fait même de l'absence de contact entre les feuillets de la plèvre. Le diagnostic différentiel avec les râles crépitations s'avère parfois difficile, mais contrairement à ces derniers, les frottements pleuraux commencent dès le début de l'inspiration.

est ainsi à créer et à valider, en s'appuyant sur les moyens de la technologie actuelle et en essayant de qualifier au mieux les sons pulmonaires.

Sémiologie pulmonaire

Divers travaux ont recensé une définition des termes liés aux sons respiratoires et ont abouti au recensement dans le rapport CORSA (*Computer Respiratory Sound Analysis*) de 162 termes utilisés couramment [8]. Les plus pertinents et les plus utilisés en pratique clinique sont rappelés ci-dessous, en tenant compte de l'évolution des

données, des concepts, et des techniques de recueil et d'analyse des sons pulmonaires depuis la description *principes* de Laennec jusqu'à nos jours. Le tableau 1 reprend ces divers marqueurs pulmonaires dans une perspective clinique.

Les sons respiratoires (*breath sound*) incluent les sons normaux (*normal breath sound*) et pathologiques (*adventitious sound*) enregistrés au niveau de la trachée, des poumons (*lung sound*) ou de la bouche [8]. Leur génération est liée au flux d'air dans le système respiratoire. Ils sont caractérisés par un large spectre sonore, avec une fréquence moyenne dépendant du point d'auscultation.

Au niveau de la trachée, le son respiratoire normal est caractérisé par un large spectre de bruit (contenant des composantes hautes fréquence), audible à la fois durant la phase d'inspiration et celle d'expiration. Au niveau du thorax, un son respiratoire normal (murmure vésiculaire) est caractérisé par un bruit faible pendant l'inspiration et très audible pendant l'expiration. Il est généralement admis que la fréquence des sons pulmonaires se situe dans la plage (50-2 500 Hz), celle des sons trachéaux pouvant aller jusqu'à 4 000 Hz, ce qui permet de définir une fréquence d'échantillonnage à 8 kHz. Le spectre des sons cardiaques est quant à lui compris entre 20 et 100 Hz pour les signaux de base, et des fréquences plus élevées (500 Hz et au-delà) pour les souffles. Bahoura [3] situe le spectre des sons trachéaux entre 60 et 600 Hz pour l'inspiration et entre 60 et 700 Hz pour l'expiration.

Les sons qualifiés

– *Crépitations (crackles)* : ces sons pathologiques, discontinus et explosifs, apparaissent généralement dans la phase d'inspiration. Ils sont caractérisés par leur forme d'onde, leur durée et leur position dans le cycle respiratoire (figure 1). Un crépitation peut être caractérisé par sa durée totale comme étant un crépitation fin (si sa durée est courte) ou gros (si sa durée est longue). L'apparition de crépitations révèle généralement des pathologies du tissu pulmonaire voire des voies de conduction. On distingue : (i) le gros crépitation (*coarse crackle*) qui est un crépitation avec un timbre plus grave, une forte amplitude et une longue durée (2CD > 10 ms) ; et (ii) le crépitation fin (*fine crackle*), qui présente un timbre plus aigu, une faible amplitude et une courte durée (2CD < 10 ms).

– *Ronchis (rhonchus)* : il s'agit d'un sibilant au timbre plus grave, contenant des formes d'ondes périodiques avec une durée supérieure à 100 ms et une fréquence inférieure à 300 Hz. Les ronchis traduisent la présence de sécrétions ou des rétrécissements des voies aériennes.

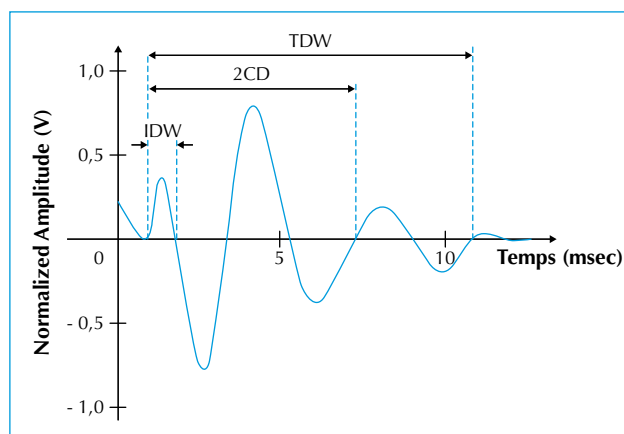


Figure 1. Forme d'onde d'un crépitation au phonopneumogramme.

– *Ronflements (snoring sound)* : il s'agit de bruits respiratoires de basse fréquence avec des composantes périodiques (fréquence fondamentale entre 30 et 250 Hz) qui se produisent pendant la phase de sommeil, et sont induits par les vibrations anormales dans les parois de l'oropharynx. Ils sont le plus souvent inspiratoires, de faibles composantes expiratoires et apparaissent typiquement chez les patients atteints d'apnées obstructives du sommeil.

– *Squawk (squawk)* : il s'agit de sons inspiratoires pathologiques relativement courts, et qui présentent un caractère musical. Ils sont occasionnellement trouvés chez les patients atteints de désordres pulmonaires interstitiels. Acoustiquement, leur forme d'onde ressemble à de courts sibilants. Ils sont souvent précédés de crépitations. La durée des squawk varie entre 50 et 400 ms.

– *Stridor (stridor)* : c'est un son fort, de basse fréquence, qui trouve son origine dans le larynx ou dans la trachée. Il apparaît souvent durant l'inspiration. Il peut être audible au niveau de la bouche, de la trachée et des poumons. Les stridors peuvent apparaître dans les toux asphyxiantes (vibration des structures laryngées lors de dyspnée) ou les sténoses laryngales ou trachéales.

– *Sibilants (wheeze)* : ce son pathologique, continu, présente un caractère musical (figure 2). Acoustiquement, il est caractérisé par une forme d'onde avec une fréquence dominante généralement supérieure à 100 Hz et une durée supérieure à 100 ms. De plus, le son doit inclure au moins 10 vibrations successives. Les sibilants sont généralement associés à l'obstruction des voies aériennes. Le sibilant est qualifié de monophonique s'il n'a qu'une

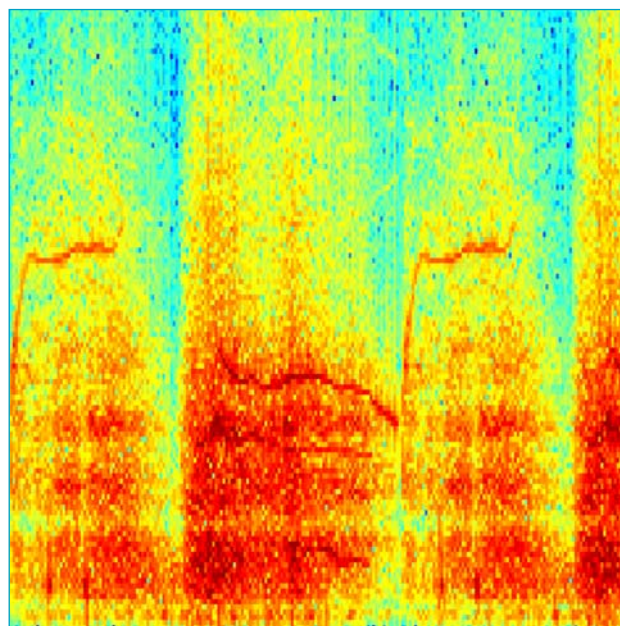


Figure 2. Spectrogramme de sibilants.

fréquence. S'il en contient plusieurs, on le qualifie de polyphonique.

– *Son pleural de friction (pleural friction sound)* : ces bruits forts résultent du frottement pleuropariétal et viscéral. Leur présence indique une inflammation voire un liquide au niveau pleural.

– *Sons de toux (cough sound)* : les sons transitoires induits par les réflexes de toux ont une fréquence comprise entre 50 et 3 000 Hz. Les caractéristiques de ces sons varient en fonction de la pathologie pulmonaire. Ainsi, les sons de toux qui contiennent des sibilants sont typiquement des cas d'asthme.

Sur le plan pratique, la qualification des sons pulmonaires ouvre la voie à la mise en œuvre potentielle de systèmes de détection automatique des sibilants et des crépitants [6].

Perspectives

Les études précédentes ont démontré la nécessité d'une démarche scientifique exhaustive qui prenne en compte à la fois la définition d'une sémiologie, la consolidation de la définition des caractéristiques des marqueurs connus, la mise en place d'une sémantique commune, voire universelle, le tout reposant sur le développement d'outils déterministes permettant d'identifier ces marqueurs. L'étape suivante consistera ultérieurement à exploiter toute la richesse du son. Cette augmentation du spectre étudié, couplé à des techniques d'analyse du signal permettra à terme de définir de nouveaux marqueurs caractéristiques.

C'est dans ce contexte que s'inscrit une étude ambitieuse qui vient d'être initialisée autour du projet ASAP : « Analyse des Sons Auscultatoires et Pathologiques » (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04) par une équipe

pluridisciplinaire composée des équipes médicales du CHRU et de la Faculté de Médecine de Strasbourg et de l'IRCAD, avec le support des équipes de recherche en acoustique et en traitement de signal d'Alcatel-Lucent et de la *startup* Lannext [9]. Parmi les retombées potentielles du projet, on notera la création d'une École de l'auscultation à la Faculté de médecine de Strasbourg.

Grant : Projet ASAP (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).
Conflit d'intérêts : Y. Kehayoff commercialise des stéthoscopes électroniques.

Références

1. Sovijarvi AR, Malmberg LP, Charbonneau G, Vandershoot J. Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 591-6.
2. Kiyokawa H, Greenberg M, Shirota K, Pasterkamp H. Auditory detection of stimulated crackles in breath sounds. *Chest* 2006 ; 119 : 1886-92.
3. Bahoura M. Analyse des signaux acoustiques respiratoires : contribution à la détection automatique des sibilants par paquets d'ondelettes. PhD Thesis Univ, Univ. Rouen, France, 1999.
4. Chuah JS, Moussavi ZK. *Automated respiratory phase detection by acoustical means*. University of Manitoba, Dept. of Electrical and Computer Engineering, 2004.
5. Sestini P, Renzoni E, Rossi M, Beltrami V, Vagliasindi M. Multimedia presentation of lung sounds as learning aid for medical students. *Eur Respir J* 1995 ; 8 : 783-8.
6. Gass V, Reichert S, Kehayoff Y, Gass R, Andrès E. Le stéthoscope à l'ère de la médecine factuelle. *Alsa Med* 2007 ; 55 : 14-6.
7. Elphick HE, Sherlock P, Foxall G, et al. Survey of respiratory sounds in infants. *Arch Dis Child* 2001 ; 84 : 35-9.
8. Sovijarvi AR, Dalmaso F, Vanderschoot J, Malmberg LP, Righini G, Stoneman SA. Definition of terms for applications of respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 597-610.
9. Gass V, Reichert S, Kehayoff Y, Gass R, Andrès E. Le stéthoscope à l'ère de la médecine factuelle. *Alsa Med* 2007 ; 55 : 14-6.