



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.


Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>



ELSEVIER  
MASSON

Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
 EM|consulte  
 www.em-consulte.com

IRBM

IRBM 29 (2008) 337–339

Éditorial

## De nouveaux outils au service de l'auscultation

### New tools in the field of auscultation

*Mots clés* : Médecine factuelle ; Sons humains ; Auscultation ; Analyse du signal

*Keywords*: Evidence-based medicine; Human sounds; Auscultation; Signal processing

#### 1. Introduction

Depuis l'invention du stéthoscope par le docteur Laennec en 1816 à Paris et la description de la sémiologie auscultatoire pulmonaire, l'acte auscultatoire et l'auscultation en elle-même ont peu évolué (*Traité de l'auscultation médiate*, Paris, 1819). La caractérisation physique des sons humains physiologiques et pathologiques est encore grandement balbutiante et n'a dans tous les cas pas abouti à une documentation robuste, notamment dans le domaine pulmonaire. Toutefois, savoir distinguer les sons (bruits) pulmonaires normaux et anormaux (murmure vésiculaire, sibilants, crépitants...) reste capital en pratique pour le diagnostic médical et le raisonnement en pneumologie. Sur le plan cardiologique, la situation est sensiblement la même, néanmoins des données plus précises existent, données, il est vrai anciennes, reposant avant tout sur la phonocardiographie. La majorité des progrès résulte en effet avant tout du perfectionnement des outils d'écoute à savoir le stéthoscope, le mode d'exploitation, l'analyse et la caractérisation des sons étant totalement négligée par les praticiens [1].

#### 2. Caractérisation physique et documentation des sons

Il est généralement admis que la fréquence des sons pulmonaires se situe dans la plage de 50 à 2500 Hz ; 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 de 500 Hz et au-delà pour les souffles [2]. Divers travaux ont tenté de qualifier plus précisément ces sons, en essayant de mieux préciser et définir leurs caractéristiques physiques de façon à faire entrer l'auscultation pulmonaire dans l'ère de la médecine factuelle (*evidence-based medicine*) [3–5]. C'est en effet une étape préalable indispensable à la mise en œuvre d'une analyse objective et qualitative de ces sons. De nos jours, seul quelques sons pulmonaires sont toutefois bien identifiés ou qualifiés sur le plan physique parmi lesquels les sibilants et crépitants [3,5].

Du point de vue clinique, les crépitants sont des sons pathologiques, discontinus, explosifs, apparaissent généralement dans la phase d'inspiration [2,3]. L'apparition de crépitants révèle généralement des pathologies du parenchyme pulmonaire. Il est admis que la durée des crépitants est inférieure à 20 microsecondes et que leur fréquence est comprise entre 100 et 200 Hz [5,7]. Sur le plan physique, les crépitants correspondent à une onde caractéristique dont l'aspect est indiquée dans la Fig. 1 [2]. Le sibilant correspond à un son pathologique, continu, ayant un caractère musical. 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 [2,5]. Les sibilants sont généralement associés à l'obstruction des voies aériennes, typiquement comme dans l'asthme. Du point de vue physique, les sibilants sont des sons d'une durée supérieure à 50 ou à 100 ms et inférieure à 250 ms [5,8]. Le spectre des sibilants est compris entre 100 et 2500 Hz avec un pic de fréquence fondamentale entre 100 ou 400 Hz et 1000 ou 1600 Hz [2,5,8].

#### 3. Enregistrement, analyse et représentation des sons

Alors que l'auscultation conventionnelle est subjective et difficilement partageable, la caractérisation et l'identification physique des sons à travers des systèmes d'enregistrement et d'analyse devraient apporter une aide au diagnostic objectif et précoce avec une meilleure sensibilité et reproductibilité des résultats. La détermination de ces caractéristiques physiques et la mise à disposition de nouvelles représentations de ces sons, sous forme de phonopneumogramme (représentation simultanée dans le temps des phases de la respiration et du signal auscultatoire) (Fig. 1a) ou spectrogramme (le temps figure en abscisse, la fréquence en ordonnée et l'intensité du signal est représentée par une palette de couleurs) (Fig. 1b), ouvre également des perspectives intéressantes dans le cadre de l'enseignement et de la pédagogie [2]. Ces « outils » permettent en effet d'envisager la description et la mise à disposition

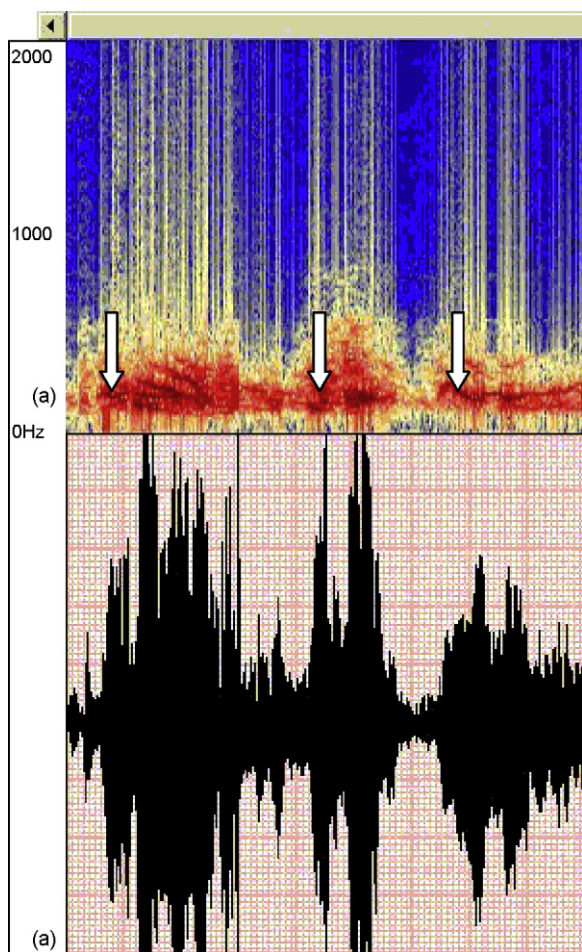


Fig. 1. Représentation d'un cycle respiratoire chez un sujet ayant une BPCO avec phases d'inspiration, d'expiration et de repos sous forme d'un phonopneumogramme (a) et d'un spectrogramme (b). Présence de nombreux gros crépitations surtout visible sur le spectrogramme (b) (indiqués par les flèches blanches) (données personnelles issues des programmes de recherche Analyse des sons auscultatoires et pathologiques [Asap]).

d'une « nouvelle » sémiologie auscultatoire, s'appuyant sur des systèmes robustes d'analyse du signal et sur un visuel en plus du signal sonore habituellement capté par le praticien. Une étude préliminaire auprès d'étudiants de second et troisième cycles a ainsi permis d'objectiver un meilleur rendement diagnostique dans le cadre de pathologies cardiaques et pulmonaires : moins de 50 % de diagnostics exacts avec le stéthoscope standard versus plus de 80 % avec ces nouveaux outils, dont le support visuel. L'étude de Sestini et al. va dans le même sens en montrant qu'une association entre le signal acoustique et l'image est utile pour l'apprentissage et la compréhension des sons pulmonaires par les étudiants en médecine [6].

#### 4. Outils actuels dans le domaine de l'auscultation

Dans les stéthoscopes actuels, on trouve généralement trois modes de fonctionnement en fréquence : le mode cloche permettant de sélectionner une bande fréquentielle située entre 20 et 200 Hz, le mode membrane situé dans la bande 200–2000 Hz et, enfin, le mode étendu entre 20 et 2000 Hz. Certains modèles

proposent également des fonctionnalités d'enregistrement, de stockage et d'envoi des sons respiratoires, montrant l'intérêt des acteurs de ce domaine pour une interaction entre spécialistes et une volonté de se diriger vers une expertise des sons respiratoires commune et normalisée. Face à la variabilité, l'hétérogénéité et la complexité des sons respiratoires, la majorité des praticiens ne sont armés que de leur perception auditive et de leur mémoire de sons pathologiques, critères nécessairement subjectifs. Leurs diagnostics sont uniquement basés sur l'expérience accumulée et relève d'avantage de l'intuition que d'une classification rigoureuse et systématique. En leur offrant une perception visuelle de ces mêmes sons via diverses représentations temps–fréquences, les sciences et technologie de l'information et de la communication (STIC) apportent aux médecins une nouvelle source d'information qu'il est possible de recouper avec l'information auditive. Ainsi, certains stéthoscopes actuels sont déjà accompagnés de logiciels offrant au médecin une vision des sons sous forme d'images, perception qui constitue en quelque sorte un second canal d'observation permettant au praticien de resserrer ses conclusions. Il s'agit d'une première étape vers un outil à même d'homogénéiser l'ensemble des activités de la communauté médicale dans ce domaine et de faciliter le travail et la formation des praticiens.

À ce jour, les efforts de recherche en matière de systèmes automatiques d'auscultation sont peu nombreux et triviaux du point de vue du traitement du signal (détection de pics fréquentiels, mesure de la durée des sons...). Peu de recherches ont été effectuées dans le but de rendre le stéthoscope « intelligent » en lui permettant de fournir une aide avancée au diagnostic. On notera celles de Mint et Dillard [9] qui ont développé un stéthoscope capable de diagnostiquer les bruits liés à la systole ou la diastole, bruits présent entre les battements définissant le rythme du cœur par une simple analyse temps–fréquence des zones temporelles d'intérêts. Une équipe a également travaillé sur un stéthoscope capable de diagnostics avec visualisation sur un PDA, ouvrant la voie au diagnostic à distance [10] ; à noter, les travaux de Murphy qui a beaucoup oeuvré à la mise au point d'un stéthoscope « intelligent » et dont les solutions technologiques proposées sont intéressantes et innovantes [2]. On peut enfin citer le projet européen Corsica, qui s'est déroulé entre 1990 et 2000, avec pour objectif un état des lieux de l'avancement des techniques en analyse des sons respiratoires utilisant des outils de traitement du signal [11]. Différents travaux ont également permis une mise au point sur la sémantique à adopter dans ce domaine [3,12], les différentes techniques de capture et de numérisation des sons respiratoires [13,14] ainsi qu'une vue générale des méthodes d'analyse utilisées [15,16]. Un tableau récapitulatif des techniques et des caractéristiques des méthodes à privilégier pour chaque type de son respiratoire est donné dans la référence [15]. Une synthèse des données actuelles est disponible dans un article que nous avons récemment publié dans ce journal [2].

#### 5. Apport des équipes strasbourgeoises

C'est dans ce contexte que s'inscrit une étude ambitieuse qui vient d'être initialisée autour du projet Analyse des sons auscultatoires et pathologiques (Asap ; convention ANR n° 2006



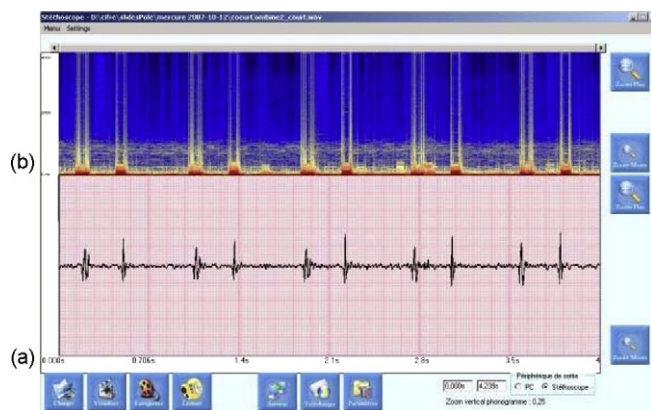


Fig. 2. Représentation de l'enregistrement d'une auscultation cardiaque chez un individu sain sous forme d'un phonocardiogramme (a) et d'un spectrogramme (b) (données personnelles).

TLOG 21 04 ; coordinateur professeur Emmanuel Andrès) par une équipe pluridisciplinaire composée des équipes médicales du CHRU, de la faculté de médecine de Strasbourg, du laboratoire LSIT de l'université de Strasbourg (ULP) et de l'Ircad, avec le support des équipes de recherche en acoustique et en traitement de signal d'Alcatel-Lucent. L'objectif de ce projet de recherche tout à fait innovant est, comme nous l'avons vu, de faire entrer l'auscultation dans l'ère de la médecine factuelle en « redécouvrant » la sémiologie et en s'appuyant sur les outils de notre temps, avec une électronique de pointe et une informatique miniaturisée (portables, PAD, iPod, ...) et des moyens modernes de communication (GSM, Bluetooth, ...). Ce projet a également pour objectif la découverte de nouveaux marqueurs auscultatoires pathologiques dans le cadre de l'asthme et des bronchopneumopathies chroniques obstructives. Parmi les retombées du projet, on notera la création d'une école de l'auscultation à la faculté de médecine de Strasbourg. Comme l'illustre la Fig. 2, le projet Asap est en effet complémentaire à d'autres travaux menés localement dans le cadre de la sémiologie cardiaque par l'équipe du docteur Christian Brandt. Les étudiants en médecine seront ainsi formés dès leurs premières années de faculté, à pratiquer l'auscultation à l'aide de ces nouveaux outils, de supports visuels et sonores « intelligents » [17]. D'autre part, ce projet pourra servir de base au développement de l'*e-auscultation* dans le cadre de la télémédecine.

## 6. Subvention

Projet Asap (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04), région Alsace.

## 7. Conflits d'intérêts

Aucun.

## Références

- [1] 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.
- [2] Reichert S, Gass R, Andrès E. Analyse des sons auscultatoires pulmonaires. *ITBM-RBM* 2007;28:169–80.
- [3] Sovijarvi AR, Malmberg LP, Charbonneau G, Vanderschoot J. Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000;10:591–6.
- [4] Earis JE, Cheatham BM. Future perspectives for respiratory sound research. Techniques for respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000;10:636–40.
- [5] Reichert S, Gass R, Kehayoff Y, Brandt C, Andrès E. Analysis of respiratory sounds: state of the art. *Clin Med Circ Respir Pulm Med* 2008;2:45–58.
- [6] 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.
- [7] Kompis M, Pasterkamp H, Wodicka GR. Acoustic imaging of the human chest. *Chest* 2001;120:1309–21.
- [8] Elphick HE, Ritson S, Rodgers H, Everard ML. When a wheeze is not a wheeze: acoustic analysis of breath sounds in infants. *Eur Respir J* 2000;16:593–7.
- [9] Myint WW, Dillard B. An electronic stethoscope with diagnosis capability. 2001. p. 133–7.
- [10] Hung K, Luk BL, Choy WH, Tsa BI, Tso SK. Multifunction stethoscope for telemedicine. *Medical Devices and Biosensors. In: 2nd IEEE/EMBS International Summer School on; 2004. p. 87–9.*
- [11] Sovijarvi A, Vanderschoot J, Earis JE. Standardization of computerised respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000;10:585–92.
- [12] Sovijarvi A, Dalmasso F, Vanderschoot J, et al. Definition of terms for applications of respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000;77:597–610.
- [13] Cheatham B, Charbonneau G, Giordano A, Helisto P, Vanderschoot J. Digitization of data for respiratory sound recordings. *Eur Respir Rev* 2000;10:621–4.
- [14] Vannuccini L, Earis JE, Helistö P, et al. Capturing and preprocessing of respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000;10:616–20.
- [15] Charbonneau G, Ademovic E, Cheatham B, Malmberg LP. Basic techniques for respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000;10:625–35.
- [16] Earis JE, Cheatham B. Current method used for computerised respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000;10:586–90.
- [17] Andrès E, Reichert S, Gass R, Brandt C, Kehayoff Y. La sémiologie pulmonaire à l'ère de la médecine factuelle. *Respir com* 2007;6:47–50, <http://www.respir.com/revue.asp>.

E. Andrès<sup>a,\*</sup>

R. Gass<sup>b</sup>

C. Brandt<sup>a</sup>

S. Reichert<sup>b</sup>

C. Collet<sup>c</sup>

G. Nguyen<sup>d</sup>

K. Baldassari<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques, centre d'investigation clinique, clinique médicale B, hôpital civil, CHRU de Strasbourg, 1, porte de l'Hôpital, 67091 Strasbourg cedex, France

<sup>b</sup> Alcatel-Lucent, Illkirch, France

<sup>c</sup> LSIT UMR CNRS 7005, Strasbourg University, France

<sup>d</sup> Service de médecine interne, hôpital de Bobigny, AP-HP, France

<sup>e</sup> SOS médecins, Strasbourg, France

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr](mailto:emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr) (E. Andrès).

31 janvier 2008

17 août 2008

Disponible sur Internet le 13 novembre 2008