

De l'intérêt de développer de nouveaux outils d'auscultation... à la création d'une école dans le cadre de l'e-auscultation

Emmanuel Andrès^{1,5}, Christian Brandt^{2,5}, Raymond Gass^{3,5}, Gérard Nguyen^{4,5}

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

² Centre d'Investigation Clinique, INSERM, Poli Médico-chirurgicale Cardio-vasculaire, CHRU Strasbourg

³ Chief Technical Office, Alcatel-Lucent, Illkirch

⁴ Service de pneumologie, Hôpital Avicenne-Bobigny, AP-HP

⁵ Ecole de l'auscultation, Faculté de médecine de Strasbourg <emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr>

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, le développement et la mise à disposition de nouveaux outils, de nouvelles techniques, devraient apporter une aide au diagnostic objectif et précoce avec une meilleure sensibilité et reproductibilité des résultats. 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 ». L'objectif de ce projet de recherche tout à fait innovant est 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, notamment dans le domaine pulmonaire et *in fine*, la création d'une École de l'auscultation accessible sur le web dans le cadre de l'e-auscultation.

Mots clés : médecine factuelle, sons humain, auscultation, Analyse du signal

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 a 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, crépitations...) reste capital en pratique pour le diagnostic médical et le raisonne-

mt

Tirés à part : E. Andrès

ment 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].

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 [1]. 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) (figure 1a) ou spectrogramme (le temps figure en abscisse, la fréquence en ordonnée et l'intensité du signal est représentée par une palette de couleurs) (figure 1b), ouvrent 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 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.

Exemples de sons pulmonaires caractérisés

Il est généralement admis que la fréquence des sons pulmonaires se situe dans la plage de 50 à 2 500 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, seuls quelques sons pulmonaires sont toutefois bien identifiés ou qualifiés sur le plan physique parmi lesquels les sibilants et crépitations [3, 5].

Du point de vue clinique, les crépitations sont des sons pathologiques, discontinus, explosifs, apparaissent géné-

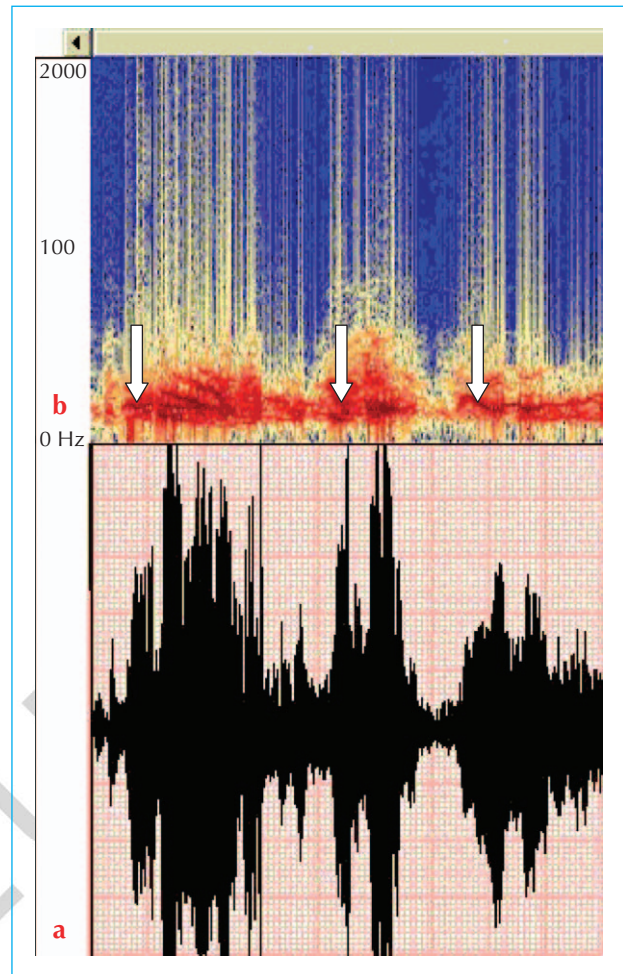


Figure 1. Représentation d'un cycle respiratoire chez un sujet ayant une BPCO avec phases d'inspiration, d'expiration et de repos sous forme d'un phonopneumogramme (a) et d'un spectrogramme (b). Présence de nombreux gros crépitations surtout visible sur le spectrogramme (b) (indiqués par les flèches blanches). (Données personnelles issues des programmes de recherche ASAP).

ralement dans la phase d'inspiration [2, 3]. L'apparition de crépitations révèle généralement des pathologies du parenchyme pulmonaire. Il est admis que la durée des crépitations est inférieure à 20 ms et que leur fréquence est comprise entre 100 et 200 Hz [5, 7]. Sur le plan physique, les crépitations correspondent à une onde caractéristique dont l'aspect est indiquée dans la figure 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 2 500 Hz avec un pic de fréquence fondamentale entre 100 ou 400 Hz et 1 000 ou 1 600 Hz [2, 5, 8].

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 200-2 000 Hz et enfin le mode étendu entre 20 et 2 000 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. 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 : < 50 % de diagnostics exacts avec le stéthoscope standard versus > 80 % avec ces nouveaux outils, dont le support visuel (communication personnelle). 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 [9].

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 [10] 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 [11]. À noter les travaux de Murphy qui a beaucoup œuvré 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 CORSA, 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 [12]. Différents travaux ont également permis une mise au point sur la sémantique à adopter dans ce domaine [3, 13], les différentes techniques de capture et de numérisation des sons respiratoires [14, 15] ainsi qu'une vue générale des méthodes d'analyse utilisées [16, 17]. Un tableau récapitulatif des techniques et des caractéristiques des méthodes à privilégier pour chaque type de son respiratoire est donné dans la référence [16]. Une synthèse des données actuelles est disponible dans un article que nous avons récemment publié [2].

Apport des équipes strasbourgeoises et création d'une école de l'auscultation

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 ; 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 (*figure 3*). 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 broncho-pneumopathies chroniques obstructives. Parmi les retombées du projet, on notera la création d'une École de l'auscultation à la Faculté de médecine de Strasbourg

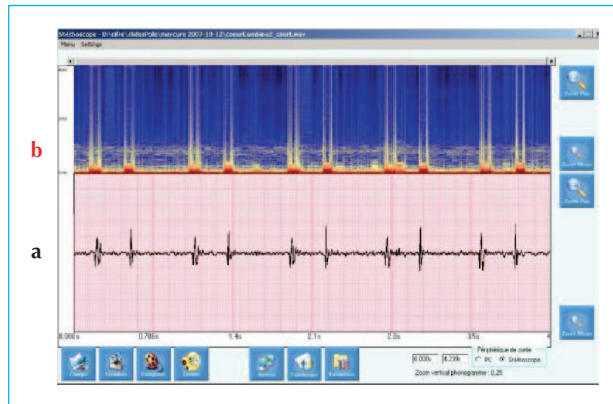


Figure 2. Représentation de l'enregistrement d'une auscultation cardiaque chez un individu sain sous forme d'un phonocardiogramme (a) et d'un spectrogramme (b) (*Données personnelles*).

accessible sur le web dans le cadre de l'e-auscultation. Comme l'illustre la *figure 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 » [18]. D'autre part, ce projet pourra servir de base au développement de l'e-*auscultation* dans le cadre de la télé-médecine.

Le projet ASAP est le second projet de la plateforme MERCURE développée par Alcatel-Lucent (Mobile Et Réseau pour la Clinique, l'Urgence or la Résidence Externe) et dédiée à l'amélioration de la prise en charge des patients, des communications entre les différents professionnels de santé et partenaires impliqués dans la prise en charge des patients, en offrant l'expertise d'Alcatel-Lucent dans le domaine de la communication et en permettant ou en s'appuyant sur le développement de nouveaux outils ou de nouveaux concepts (*figure 4*).

Grant : Projet ASAP (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04), Région Alsace.

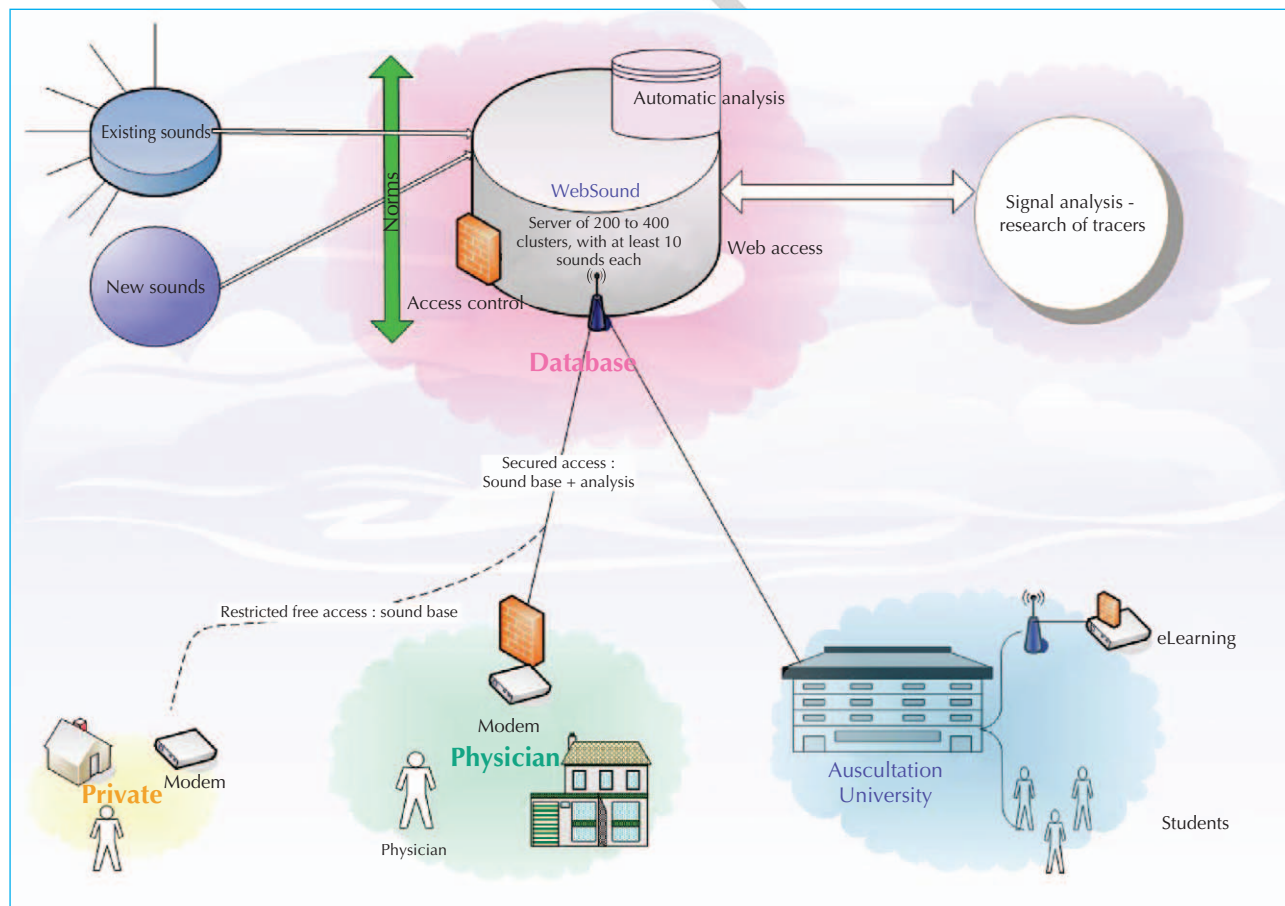


Figure 3. Projet ASAP : « Analyse des Sons Auscultatoires et Pathologiques » (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

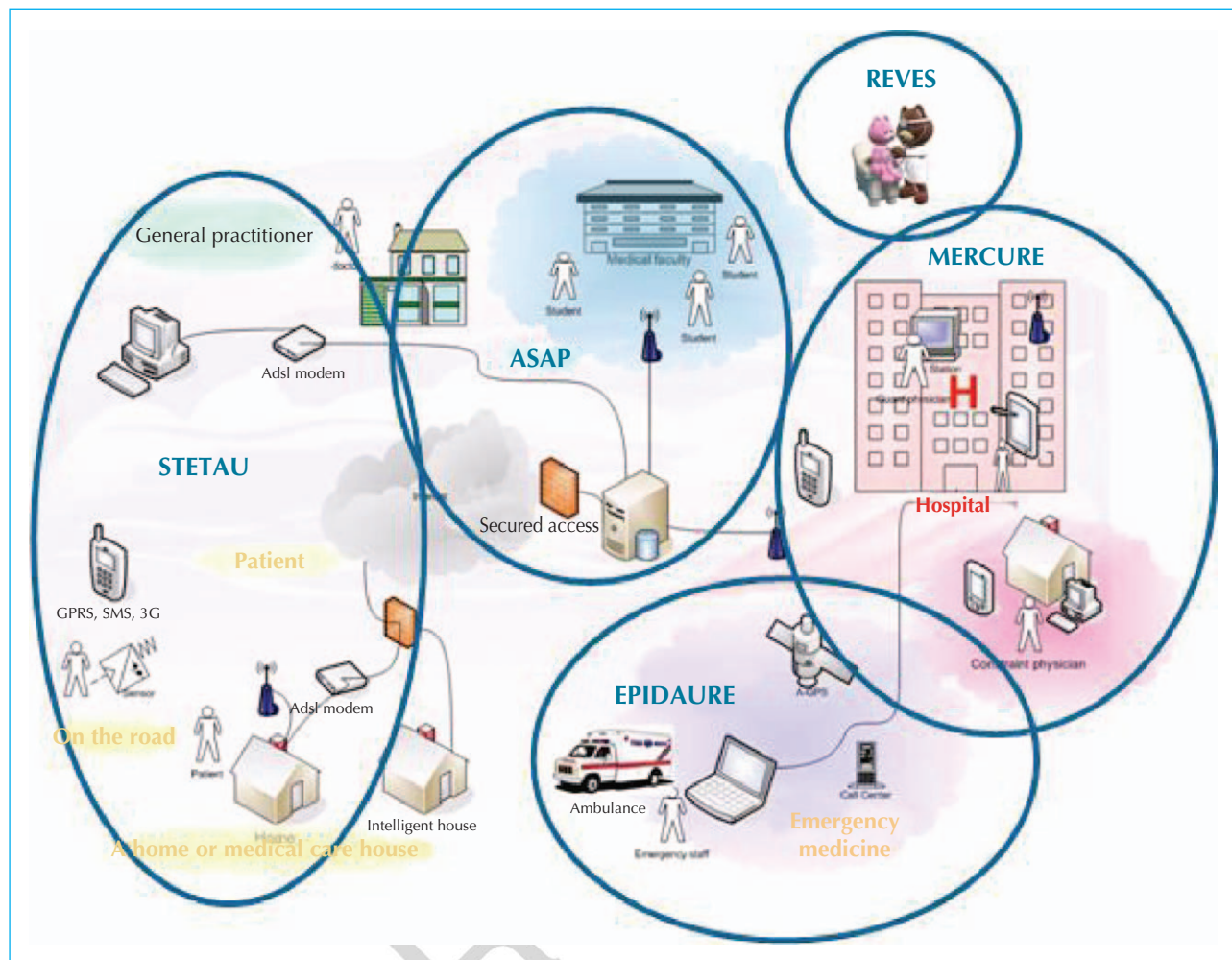


Figure 4. Plateforme MERCURE développée par Alcatel-Lucent (Mobile Et Réseau pour la Clinique, l'Urgence or la Résidence Externe).

Référence non citée

[6].

Références

- Gass V, Reichert S, Kehayoff Y, et al. Le stéthoscope à l'ère de la médecine factuelle. *Alsa Med* 2007 ; 55 : 14-6.
- Reichert S, Gass R, Andrès E. Analyse des sons auscultatoires pulmonaires. *ITBM-RBM* 2007 ; 28 : 169-80.
- Sovijarvi AR, Malmberg LP, Charbonneau G, et al. Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 591-6.
- Earis JE, Cheatham BM. Future perspectives for respiratory sound research. Techniques for respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 636-40.
- Reichert S, Gass R, Kehayoff Y, Brandt C, Andrès E. Analysis of respiratory sounds : state of the art. *Clinical Medicine Circulatory Respiratory Pulmonary Medicine* 2008 ; 2 : 45-58.
- 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.
- Kompis M, Pasterkamp H, Wodicka GR. Acoustic imaging of the human chest. *Chest* 2001 ; 120 : 1309-21.
- 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.
- 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.
- Myint WW, Dillard B. An electronic stethoscope with diagnosis capability. *Southeastern Symposium on System Theory. Proceedings of the 33rd*, pp. 133-137, 2001.
- Hung K., Luk BL, Choy WH, Tsa BI, Tso SK. Multifunction stethoscope for telemedicine. *Medical Devices and Biosensors. 2nd IEEE/EMBS International Summer School on*, pp. 87-9, 2004.
- Sovijarvi A, Vanderschoot J, Earis JE. Standardization of computerised respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 585-92.

13. Sovijarvi A, Dalmaso F, Vanderschoot J, *et al.* Definition of terms for applications of respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000 ; 77 : 597-610.

14. Cheetham B, Charbonneau G, Giordano A, Helisto P, Vanderschoot J. Digitization of data for respiratory sound recordings. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 621-4.

15. Vannuccini L, Earis JE, Helistö P, *et al.* Capturing and preprocessing of respiratory sounds. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 616-20.

16. Charbonneau G, Ademovic E, Cheetham B, Malmberg LP. Basic techniques for respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 625-35.

17. Earis JE, Cheetham B. Current method used for computerised respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev* 2000 ; 10 : 586-90.

18. Andrès E, Reichert S, Gass R, *et al.* La sémiologie pulmonaire à l'ère de la médecine factuelle. *Respir.com* 2007 ; 6 : 47-50 (<http://www.respir.com/revue.asp>).

ÉPREUVES