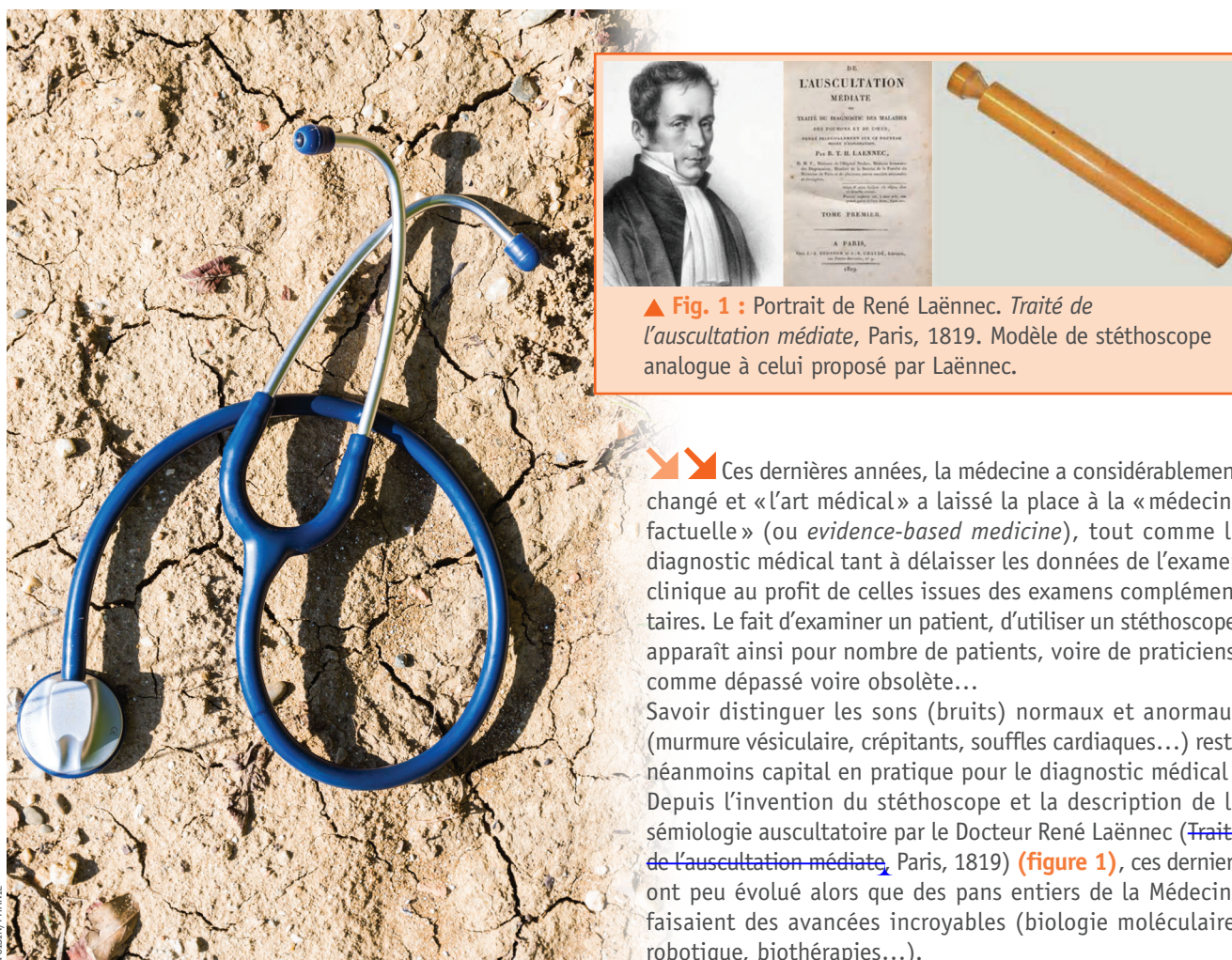


Histoire du stéthoscope et apports des nouvelles technologies

31

Par Emmanuel Andrès, service de Médecine interne, Diabète et Maladies métaboliques, clinique médicale B, CHRU de Strasbourg, laboratoire de recherche en Pédagogie des sciences de la santé, faculté de médecine, université de Strasbourg (UdS) et Raymond Gass, chercheur indépendant, membre distingué de l'Académie technique Alcatel Lucent, Bolsenheim.

Conflits d'intérêts : en attente.



▲ Fig. 1 : Portrait de René Laennec. *Traité de l'auscultation médiate*, Paris, 1819. Modèle de stéthoscope analogue à celui proposé par Laennec.

➤ Ces dernières années, la médecine a considérablement changé et « l'art médical » a laissé la place à la « médecine factuelle » (ou *evidence-based medicine*), tout comme le diagnostic médical tant à délaisser les données de l'examen clinique au profit de celles issues des examens complémentaires. Le fait d'examiner un patient, d'utiliser un stéthoscope, apparaît ainsi pour nombre de patients, voire de praticiens, comme dépassé voire obsolète...

Savoir distinguer les sons (bruits) normaux et anormaux (murmure vésiculaire, crépitations, souffles cardiaques...) reste néanmoins capital en pratique pour le diagnostic médical ! Depuis l'invention du stéthoscope et la description de la séméiologie auscultatoire par le Docteur René Laennec (*Traité de l'auscultation médiate*, Paris, 1819) (figure 1), ces derniers ont peu évolué alors que des pans entiers de la Médecine faisaient des avancées incroyables (biologie moléculaire, robotique, biothérapies...).



◀ **Fig. 2 :** Prototypes de stéthoscopes électroniques développés par la société Alcatel-Lucent (données de M. R. Gass).

Des stéthoscopes communicants et intelligents

Toutefois ces deux dernières décennies, des progrès ont été réalisés tant dans le perfectionnement des outils d'écoute, avec la mise à disposition de stéthoscopes électroniques, que dans l'analyse et la description des signaux auscultatoires, faisant espérer un regain d'intérêt pour la sémiologie auscultatoire. Depuis quelques années, la sémiologie auscultatoire et le stéthoscope sont ainsi entrés « rajeunis » dans le XXI^e siècle.

C'est particulièrement le cas depuis ces deux dernières années avec la mise au point de stéthoscopes électroniques communicants et parfois « intelligents ». Ces stéthoscopes ont en effet la particularité de :

- communiquer et d'interagir avec les outils informatiques de notre quotidien : ordinateurs, smartphones,
- présenter le signal auscultatoire avec de nouveaux outils de visualisation - phonogramme et spectrogramme - et analyser ces signaux en proposant de ce fait une aide au diagnostic médical.

• Les prototypes d'Alcatel-Lucent

Au cours du salon *Medetel* de 2007, nous avons présenté un prototype *Alcatel-Lucent* de stéthoscope électronique communicant et « intelligent ». Une partie de ce prototype a été développée dans le cadre de projets de recherche collaboratifs dans cette thématique entre Alcatel-Lucent et diverses institutions : le CHRU, la Faculté de Médecine et l'Université de Strasbourg (STETAU – DGE 2004 ; ASAP – ANR Technologie 2006 ; ICARE – Europe 2002 ; PRI – CHRU 2009 ; MARS 500 – CNES 2010).

Les premiers prototypes qui ont été développés (**figure 2**) s'appuyaient sur les combinés Bluetooth développés par la société Alcatel-Lucent.

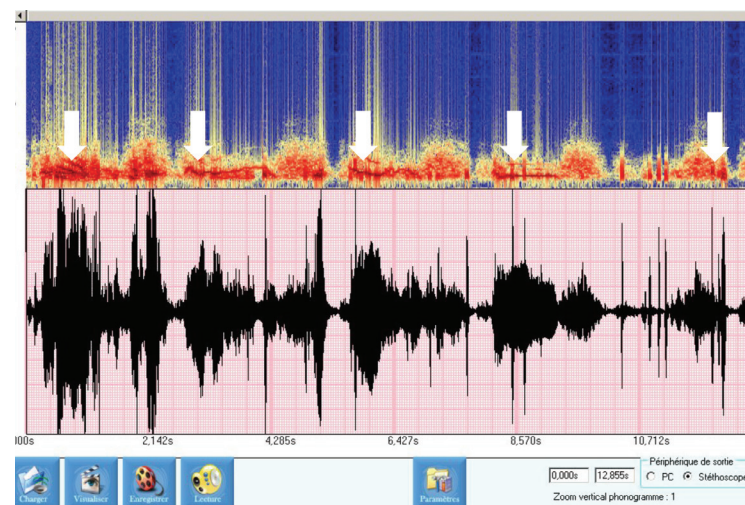
Les stéthoscopes électroniques ont une courbe de réponse quasiment plate, de quelques dizaines d'Hertz à 4 000 Hz. Ils transmettent en temps réel les signaux en Bluetooth vers un équipement de traitement de type PC, tablette, PDA, smartphone, téléphone sur IP.

Pour mémoire, les sons ou bruits respiratoires 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 fréquences), audible à la fois durant la phase d'inspiration et celle d'expiration. Le spectre des sons trachéaux est situé entre 60 et 600 Hz pour l'inspiration et entre 60 et 700 Hz pour l'expiration.

Au niveau du thorax, le son respiratoire normal, à savoir le murmure vésiculaire, est caractérisé par un faible 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 entre 50 et 2 500 Hz, celle des sons trachéaux pouvant aller jusqu'à 4 000 Hz.

La **figure 3** illustre l'apport des outils de visualisation du signal sur un cycle respiratoire.



▲ **Fig. 3 :** Représentation d'un cycle respiratoire chez un sujet ayant une bronchopneumopathie chronique obstructive avec des phases d'inspiration, d'expiration et de repos sous forme d'un pneumo-phonogramme (en bas) et d'un spectrogramme (en haut). Présence de nombreux gros râles crépitants, surtout visibles sur le spectrogramme (indiqués par les flèches blanches). (Figure issue du projet de recherche ASAP [équipes du Pr E. Andrès pour le CHRU de Strasbourg et de R. Gass pour Alcatel-Lucent], convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

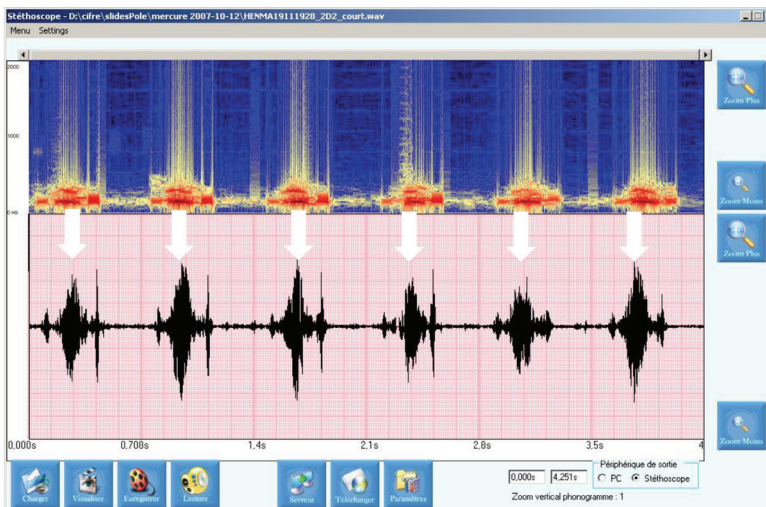
Le spectre des sons cardiaques est compris entre 20 et 100 Hz pour les signaux de base, et des fréquences plus élevées pour les souffles : 500 Hz et au-delà.

L'auscultation cardiaque met en évidence les bruits du cœur ; on constate normalement deux bruits : B1 (S1*), correspondant à la fermeture des valves mitrales et tricuspides, et B2 (S2*), relevant de l'ouverture des sigmoïdes aortiques et pulmonaires. B1 est composite, complexe intégrant des fréquences de l'ordre de 10 à 100 Hz. B2, de plus haute fréquence, est en général bien représenté dans la gamme de fréquence entre 150 et 200 Hz.

Pendant la phase diastolique, on peut avoir des bruits cardiaques supplémentaires : B3 (S3*) ou galop de sommation proto-méso-diastolique, signant une grande détérioration du myocarde, et B4 (S4*) ou galop pré-systolique. Il est à noter que l'on peut encore observer des bruits diastoliques supplémentaires d'origine valvulaire : claquement d'ouverture mitrale, roulements de débit ou bruits d'origine péricardique...



▲ Fig. 5 : Prototypes de stéthoscope électronique développés dans le cadre de projets collaboratifs incluant Alcatel-Lucent et la société US Battelle.



▲ Fig. 4 : Représentation d'un cycle cardiaque chez un sujet ayant un rétrécissement aortique sous forme d'un cardio-phonogramme (en bas) et d'un spectrogramme (en haut). Les flèches blanches indiquent la présence d'un souffle systolique entre les bruits normaux du cœur (B1 et B2). (Figure issue du projet de recherche ASAP [équipes du Professeur E. Andrès pour le CHRU de Strasbourg et de R. Gass pour Alcatel-Lucent], convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

Enfin, on décrit également les souffles dits organiques qui sont liés à des altérations des valves auriculo-ventriculaires (mitrale ou tricuspide) ou des valves ventriculo-aortiques ou pulmonaires. Ces souffles peuvent survenir dans les deux temps de la contraction cardiaque. Ceux issus du cœur gauche sont, en général, les plus facilement audibles.

La figure 4 illustre l'apport des outils de visualisation du signal sur un cycle cardiaque.

Ces données montrent l'importance du choix du capteur (microphone) et de sa courbe de réponse, qui doit être « plate », entre 10 et 4000 Hz, pour capter l'ensemble du spectre des bruits cardiaques et pulmonaires.

L'outil informatique permettant de visualiser en temps réel la représentation temporelle et la représentation spectrale du signal a fait preuve de son intérêt dans une démarche pédagogique [28-31].

Ce stéthoscope électronique, couvert par de nombreux brevets, a fait l'objet d'un projet de collaboration avec l'université de Pittsburg aux USA (UPMC, University of Pittsburgh Medical Center) et la société US Battelle qui a développé la maquette représentée sur la figure 5.

Par la suite, divers travaux académiques ont été menés pour permettre une analyse automatisée des sons respiratoires et cardiaques, permettant une reconnaissance des bruits normaux (bruits du cœur B1, B2...) et de certains sons pathologiques (râles crépitants, sibilants...) et de rendre le stéthoscope relativement « intelligent ».

Le stéthoscope développé par Alcatel-Lucent offre quatre avantages essentiels par rapport aux stéthoscopes de 1^{re} génération et aux autres, de seconde génération, actuellement disponibles : – utilisation de la technologie Bluetooth pour la transmission en temps réel des signaux auscultatoires,



◀ Fig. 6 : Stéthoscope électronique 3M Littmann 3200 avec les outils de visualisation et d'analyse du signal.

- visualisation pendant l'auscultation du cardio- ou pneumophonogramme et du spectrogramme du signal auscultatoire,
- possibilité de documenter l'enregistrement (informations relatives au patient, au médecin, à l'endroit où le son a été prélevé),
- compatibilité des signaux avec les réseaux téléphoniques.

• Le stéthoscope 3M Littmann 3200

Le 3M Littmann 3200 reprend la technologie brevetée 3M de suppression de bruit, qui permet une amplification 24x de signaux débarrassés des bruits parasites. Il est équipé d'une batterie qui permet un fonctionnement continu de 60 heures. Ce stéthoscope est disponible au prix de 379 à 500 \$.

Avec le logiciel développé par Zargis Cardioscan, qui est fourni gratuitement avec le stéthoscope, le 3M Littmann 3200 offre les mêmes fonctionnalités que celles qui ont été démontrées par Alcatel-Lucent, à savoir : la connexion Bluetooth, la visualisation des représentations temporelles (phonogramme) et spectrales (spectrogramme) du signal, la possibilité d'enregistrer un signal, l'affichage du rythme cardiaque, l'enregistrement de paramètres supplémentaires relatifs au patient et à l'auscultation permettant de classer les signaux, le « playback » et le « playback » ralenti dans les trois modes (Bell, Diaphragm, Extended) (figure 6). Par ailleurs, le logiciel développé par Zargis Cardioscan permet de mettre en évidence certaines pathologies cardiaques.

Apports au diagnostic des stéthoscopes actuels

L'apprentissage de l'auscultation est de nos jours encore empirique, reposant principalement sur le compagnonnage. Dans ce cadre, il nous a semblé important d'analyser l'apport des stéthoscopes, en particulier des nouveaux outils de visualisation des signaux auscultatoires à type de phono-

et spectrogramme, pour l'apprentissage de la sémiologie auscultatoire.

Trente étudiants inscrits en 2^e cycle des études de médecine à la faculté de Médecine de Strasbourg (université de Strasbourg) ont été soumis à dix sons pathologiques respiratoires et cardiaques (issus du projet ASAP [ANR Technologie 2006]), sans et avec l'apport des phono- et spectrogramme. Ces signaux ont été captés et enregistrés à l'aide des prototypes de stéthoscope développés par Alcatel-Lucent.

Les étudiants ont été évalués pour les bons diagnostics, par questionnaires à J 0 (uniquement sur les données acoustiques) et J 28 (à l'aide des données acoustiques et visuelles).

À J 0, on observe 45 % de bons diagnostics pour la totalité des étudiants. Pour les sons respiratoires et cardiaques, on observe respectivement 51 % et 40 % de diagnostics exacts. À J 28, 80 % de bons diagnostics sont rapportés pour la totalité des étudiants ($p < 0,01$ par rapport à J 0), avec 70 % de diagnostics exacts pour les sons respiratoires ($p = 0,058$) et 89 % pour les sons cardiaques ($p < 0,009$). ■■

Références bibliographiques

- Andrès E, Gass R, Brandt C, Reichert S, Collet C, Nguyen G, Baldassari C. De nouveaux outils au service de l'auscultation. *IRBM* 2008; 29: 337-9.
- Reichert S, Gass R, Brandt C, Andrès E. L'auscultation pulmonaire à l'ère de la médecine factuelle. *Rev Mal Respir* 2008; 25 : 674-82.
- <http://www.telemedecine-alsace.fr/>, site consulté en mai 2015.
- Andrès E, Brandt C, Mecili M, Meyer N. Intérêt d'une démarche pédagogique structurée associée à de nouveaux outils de visualisation des signaux auscultatoires dans le cadre de l'apprentissage de la sémiologie auscultatoire : étude prospective auprès de 30 étudiants du deuxième cycle des études médicales. *Pédagogie Médicale* 2012; 13: 39-50.