

L'évolution de l'instrumentation : Les outils de la mesure acoustique

Erik Añalo

Brüel & Kjær France
46, rue du Champoreux
BP 33
91541 Mennecy CEDEX
Tél : 01 69 90 71 00
Fax : 01 69 90 02 55
E-mail : eafalo@bksv.com

Patrick Luquet

01dB-METRAVIB
200, chemin des Ormeaux
69578 Limonest
Tél : 04 72 52 48 00
Fax : 04 72 52 47 47
E-mail : info@01db-metravib.com



a mesure acoustique a beaucoup évolué pour répondre à la complexité des situations qu'elle doit appréhender et grâce à l'utilisation de technologies sans cesse plus performantes. À l'exception des phénomènes stationnaires souvent créés par les sources acoustiques contrôlées (compresseurs, extracteurs d'air, etc.), la situation sonore est rarement stable et nécessite une investigation longue et attentive. L'instrumentation a suivi l'évolution des techniques et permet aujourd'hui de répondre aux besoins exprimés. Qu'elle soit simple ou plus élaborée, la métrologie s'est adaptée pour permettre à l'acousticien de décrire le plus objectivement possible un environnement sonore donné.

En moins de deux décennies, l'instrumentation acoustique s'est radicalement transformée et a connu une évolution sans précédent. Elle est passée d'une instrumentation dédiée, analogique, électrique et mécanique à une instrumentation numérique multitâches faisant appel à des circuits électroniques de plus en plus miniaturisés. Cependant, tous les instruments utilisés pour les mesures acoustiques dans l'environnement, qu'ils soient spécifiques ou utilisant un micro-ordinateur sont classifiés en tant que sonomètres par les normes internationales.

La transformation radicale de la métrologie acoustique provient de la prise en compte de la durée comme une variable très importante de l'impact des phénomènes sonores. Ces différents progrès dans les concepts ont été ponctués par cinq grandes générations de sonomètres :

- Les sonomètres classiques (années 50)

- Les sonomètres intégrateurs (années 70)
- Les sonomètres intégrateurs à mémoire (années 80)
- Les micro-ordinateurs sonomètres (années 90)
- Les sonomètres micro-ordinateurs (années 2000)

Première génération : le sonomètre classique

La première génération de sonomètre a été bâtie pour modéliser le comportement de la fonction auditive dans l'écoute des sons purs.

Son unique application consistait à analyser des phénomènes stationnaires (bruits stables).

Cette génération utilisait, comme indicateur, un galvanomètre doté d'une aiguille trop fugitive pour être exploitable. On a d'abord tenté de ralentir son déplacement en l'amortissant (constante de temps lente) sans obtenir de résultats significatifs sur de longues périodes. Puis, pour pouvoir exploiter ce résultat de retour au bureau, on a utilisé l'enregistrement graphique. Ceci a conduit à de grandes longueurs de papier pour une information qui était encore difficilement exploitable.

Le sonomètre de base indique un niveau sonore instantané avec une précision de l'ordre du décibel. Cet appareil a pour objectif de fournir une évaluation sommaire de la situation sonore et devrait, à ce titre, porter le nom d'indicateur de bruit.

Un peu d'électronique

Brüel & Kjaer a conçu le premier véritable sonomètre portable. Sa conception remonte à 1960. Une particularité était sa face avant de forme conique, terminée par la capsule microphonique ayant pour conséquence une influence acoustique minimale sur la courbe de réponse du microphone.

Il était constitué pour la première fois d'une électronique à transistors afin d'améliorer l'autonomie. Les transistors disponibles étant au germanium, de qualité moyenne, il était nécessaire de les trier. De même les résistances, seulement disponibles avec une tolérance de 20 %, devaient également être triées avec une précision de 2 %. Le préamplificateur microphone demandait une conception particulière. L'électronique à tube, inévitable à l'époque pour des raisons de faible bruit, était suspendue mécaniquement afin d'éviter les perturbations vibratoires engendrant du bruit parasite.

Le 2203 de B & K
a été fabriqué pendant 21 ans



Ces sonomètres de première génération, à affichage analogique, avaient le mérite d'être proposés à des prix attractifs, mais présentaient un défaut important: ils ne permettaient réellement que la mesure des bruits stables et continus.

Afin de mesurer les bruits fluctuants, ils devaient être dotés de la fonction intégrateur Leq.

Deuxième génération: le sonomètre intégrateur

Dans la majorité des situations mettant en cause des sources de bruits « naturelles » – activités industrielles, circulation de véhicules, actes de vie courante — les phénomènes acoustiques évoluent dans le temps. Pour éviter que l'évaluation ne soit représentative que du court instant de l'observation du phénomène (quelques

secondes à quelques minutes), il a été nécessaire de prolonger la mesure tout en limitant la quantité de données.

On a réduit la quantité d'informations par le calcul du niveau sonore moyen Leq. Un sonomètre exprimant des résultats sous forme de Leq est appelé sonomètre intégrateur.

La mesure permet, dans ce cas, d'obtenir une valeur unique représentative de la situation, cette valeur pouvant être comparée à celle recueillie dans une autre situation ou à une valeur de référence. Selon le domaine étudié et selon le contexte, la connaissance de la précision et des incertitudes de mesure sera nécessaire et devra être adaptée aux enjeux.

Il est important que le résultat censé illustrer un environnement sonore soit représentatif de celui-ci et des activités qui y ont lieu.

Dans son domaine d'application, le sonomètre intégrateur va fonctionner seul pendant des durées importantes et doit être à même d'accepter sans réglage les évolutions du phénomène. On utilise pour cela, des appareils présentant des dynamiques de mesure importantes de 60, 80 voire 100 dB.

Une innovation: l'affichage numérique

En 1979, la norme CEI 650 a introduit des classes de précision des sonomètres: types 0, 1, 2 et 3. Les types 1 et 3 correspondaient respectivement à la CEI 179 et à la CEI 123. La CEI 123 fut considérée comme dépassée, parce que la tolérance était inutilement grande comparée aux avancées techniques réalisées depuis 1961. Le type 0 était maintenant à la portée d'un sonomètre haut de gamme avec affichage numérique.

A cette époque, un affichage numérique de la mesure était pour beaucoup d'utilisateurs une solution inférieure à l'affichage analogique. En effet, un acousticien expérimenté savait exploiter un affichage « à aiguilles » analogique grâce à la vitesse du mouvement de l'aiguille et se trouvait démuné face à un affichage numérique présentant une actualisation rapide de chiffres. Toutefois l'affichage numérique était devenu une mode, et permettait un affichage au dixième de dB!

Quelques précisions

En 1977, avec le microprocesseur 4 bits p-mos TMS 1 000 de Texas Instruments, fréquence d'horloge 230 kHz; le calcul du LAeq devenait possible! Chez B & K, le boîtier du nouveau sonomètre était dérivé de la première génération, avec un double affichage analogique et numérique, afin de combiner lecture rapide et précision. La période de mesure jusqu'à 10,5 secondes, soit 27,7 heures peut être pré-établie de sorte que la mesure soit automatiquement arrêtée à la fin de la période. Le 2218 permet aussi la mesure du SEL afin de comparer des événements de durées différentes comme les survols d'avions ou les passages de trains. 3 piles type R20 autorisaient 25 h d'autonomie, et une batterie interne permettait la sauvegarde des données lors d'un changement de piles.

Une interface numérique type IEEE 488 faisait pour la première fois son apparition sur un sonomètre. Un générateur de référence intégré permettait un étalonnage électrique de la chaîne de mesure, pratique lors de l'utilisation d'un enregistrement à bandes.

Troisième génération : le sonomètre intégrateur à mémoire

En 1980, le Laboratoire national d'essais publiait un rapport de recherche pour la Communauté européenne qui transformait radicalement les méthodologies de mesurage. Il s'agissait de numériser et de moyenniser le son sur des temps très courts (de 1 à 10 secondes) et de stocker l'information pour une exploitation informatique : le Leq court était né et de là, la sonométrie à mémoire...

Le sonomètre intégrateur doté d'une capacité mémoire est appelé sonomètre intégrateur à mémoire. Il présente l'énorme avantage de mémoriser l'histoire temporelle des bruits, d'effectuer un enregistrement des niveaux de bruit seconde par seconde sur plusieurs jours et de laisser la possibilité à l'opérateur, à l'aide de logiciels de traitement, d'identifier les sources de bruits et d'en quantifier leur contribution respective.

Les applications acoustiques sont multiples : analyse fréquentielle, analyse statistique, acoustique du bâtiment, mesures infrasonores et ultrasonores...

La société Sœur Anne concevait le premier sonomètre à mémoire en 1983 : Sonomètre totalement numérique et doté d'une dynamique de mesure de 100 dB. Il possédait dans sa première version une mémoire de 64 KOctets, doublée à 128 peu après.

Quatrième génération : le micro-ordinateur sonomètre

Ces dernières années, l'apport du traitement du signal intégré dans la micro-informatique a permis d'ajouter, dans la conception des appareils, des avantages décisifs. La micro-informatique permet de numériser les valeurs instantanées, de les mémoriser et de les traiter par des moyens de calculs puissants. À partir de l'acquisition du signal brut, il appartient à l'utilisateur de développer ou d'utiliser des programmes qui réalisent des traitements automatisés en vue d'obtenir des résultats adaptés à chaque application. Cette technique a été développée pour les sonomètres dédiés et les micro-ordinateurs sonomètres leur permettant de réaliser des analyses fréquentielles en temps réel, des temps de réverbération ou l'acquisition de données spécifiques.

Un autre intérêt réside dans la capacité des micro-ordinateurs à remplir en même temps différentes fonctions. Ainsi, on a pu constater depuis plusieurs années les avantages que procure le fait d'avoir à la fois un enregistreur et un sonomètre dans, par exemple, le traitement d'une plainte.

La mémorisation d'un signal numérique a permis également de remplacer les magnétophones classiques en

augmentant considérablement leur dynamique de mesure, leur durée d'enregistrement et en diminuant leur durée de dépouillement. Plus généralement, le confort, le gain de temps et la rapidité d'accès à l'information, présentés par le stockage numérique ont changé insidieusement mais efficacement bien des habitudes de mesure.

La société 01dB a mis au point le premier sonomètre totalement intégré dans un micro-ordinateur (via une carte analogique-numérique) en 1988.



Symphonie de 01dB :
le premier sonomètre intégré à un micro-ordinateur

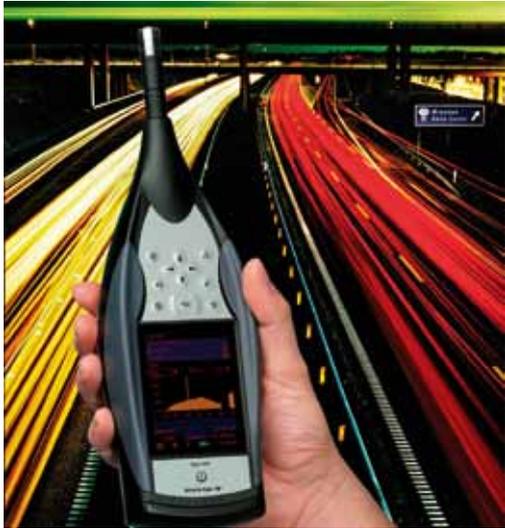
Génération actuelle : le sonomètre micro-ordinateur

Avec les années 2000 sont apparus les premiers véritables ordinateurs de poche, de type PDA (Personal Digital Assistant), qui intègrent une capacité de calcul suffisante au traitement de l'information et les outils de communication et de multimédia. Le traitement et la mémorisation du signal acoustique deviennent un des paramètres mesurés, complété par les propriétés de la



Le Solo de 01dB-METRAVIB, sonomètre micro-ordinateur

mesure : paramètres annexes comme le son, l'image, les données météo et position. L'ensemble de ces données peut être stocké grâce à la capacité des cartes mémoires actuelles et transféré grâce aux moyens de communication modernes.



Le 2250 : le dernier sonomètre micro-ordinateur de B&K

Les moyens actuels et les perspectives

L'outil micro-informatique, les capacités mémoires et les possibilités de communication ouvrent de nouveaux horizons; la tendance actuelle est d'effectuer des mesures acoustiques en l'absence de tout opérateur, ce

qui implique une grande quantité d'information stockée. Le travail de l'acousticien se situe autant sur site qu'au bureau, le dépouillement des résultats s'effectue à l'aide d'outils multimédia afin de reconnaître les événements à qualifier.

Chaque situation requiert cependant une instrumentation spécifique adaptée aux problèmes rencontrés. Le choix entre un micro-ordinateur sonomètre ou un sonomètre intégrateur à mémoire est fonction de la maniabilité, de l'accès à l'électricité ou de la consommation de piles ou de l'adaptabilité du matériel à un environnement hostile. Enfin, la modularité de la chaîne de mesure permet à l'utilisateur de bénéficier d'un choix très large. Certains préféreront des processeurs très rapides, d'autres des disques durs de très grande taille pour installer, par exemple, des logiciels de modélisation et de prévision. Les frontières entre la mesure et la modélisation, le monde du réel et le monde du virtuel, vont peu à peu s'estomper.

La mesure, en cherchant à modéliser la perception humaine, s'appuie de plus en plus sur l'intelligence artificielle qui, couplée à la modélisation, permettra d'accéder à un monde virtuel, son et image en trois dimensions. On se promènera dans une ville avec la possibilité d'écouter et de modifier les paysages sonores pour les améliorer selon les situations et les objectifs fixés.

La suite tient peut-être moins à la technique de mesurage qu'aux indicateurs qui seront utilisés. À quand un indicateur plus démocratique, plus simple que le décibel, qui soit enfin compréhensible par l'ensemble des citoyens comme l'est l'indicateur de pollution atmosphérique utilisant simplement une échelle graduée de 1 à 10 selon la dangerosité des phénomènes. ■