

# 3 | RÉSEAUX D'AIR

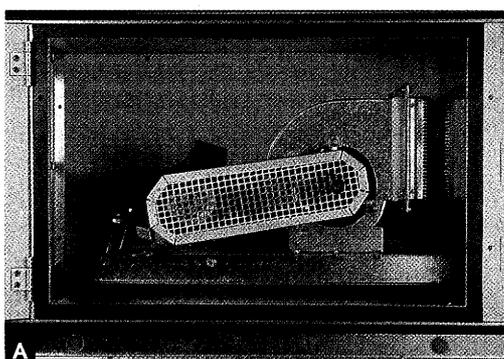
## Des solutions d'installations, d'équipements et de pose

Pour des raisons d'économies, les problèmes d'acoustique des réseaux aérauliques sont souvent négligés. Ils doivent être pris en compte dès la conception d'une installation et peuvent ainsi être éliminés de manière efficace et simple.

**E**n matière de traitement d'air, le système de production est le plus souvent centralisé dans un local technique. Le principal problème est d'éviter la propagation des bruits générés vers l'extérieur du bâtiment, et vers les locaux intérieurs plus calmes (rayonnement, vibrations, propagation dans le réseau). Les bruits émis sont à la fois aériens et solidiens. Les premiers, rayonnants, sont traités en priorité par une implantation judicieuse et par une isolation acoustique classique du local, des orifices de prise d'air et de rejets acoustiques. Les seconds, vibratoires, sont surtout causés par les matériels à parties mobiles et les moteurs. Pour limiter ces bruits, voire les supprimer, la solution est le plot antivibratile (silent-block) installé sous les supports des ventilateurs et des compresseurs dans les centrales. Dans les cas à isolation renforcée nécessaire, ces centrales seront posées sur des dalles ou plots supports, avec incorporation de matériaux antivibratiles en une couche. La transmission des vibrations aux réseaux sera évitée au moyen de manchettes de raccordement antivibratiles. Le montage des conduits flexibles doit être réalisé avec soin, afin d'éviter une déformation de l'écoulement à l'aspiration du ventilateur.

### Rayonnement sonore et piège à son

Les manchettes doivent être tendues et les gaines alignées des deux côtés. Les pompes de circulation des fluides se verront raccordées avec des manchons au droit des tuyauteries. Ces derniers – différents selon les températures des fluides – seront à remplacer régulièrement, soit un coût non négligeable. Correctement isolé des parois et des réseaux, le matériel en centrale ne doit transmettre aucun bruit solidien. En ce qui concerne le rayonnement sonore, la principale source est le ventilateur. Chacun d'entre eux est un cas particulier. Il faut considérer le niveau sonore émis dans le réseau (à l'aspiration et au refoulement) et le niveau sonore rayonné. Si ce dernier est moindre dans un local technique, il peut devenir prépondérant en faux plafond.

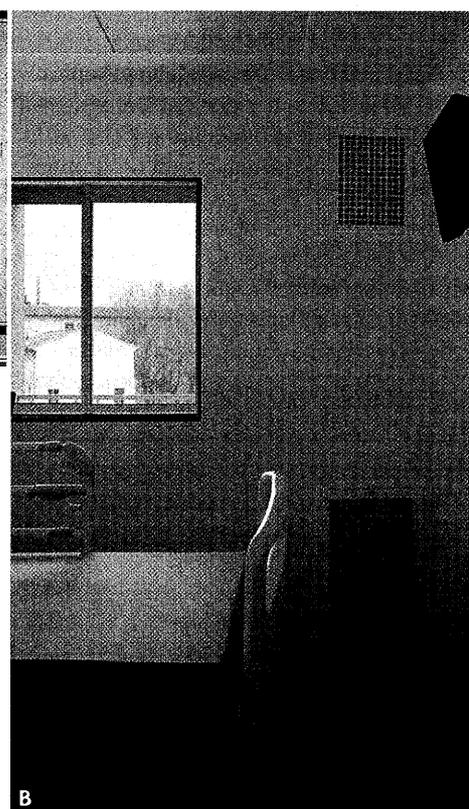


**A** Manchettes antivibratiles et silent-blocks sont incontournables pour les ventilateurs.

(Doc. Hydronic.)

**B** Le type de bouche et la vitesse du soufflage terminal sont deux critères importants lors de la conception. Il en est de même pour les réseaux de reprise d'air, souvent négligés en acoustique.

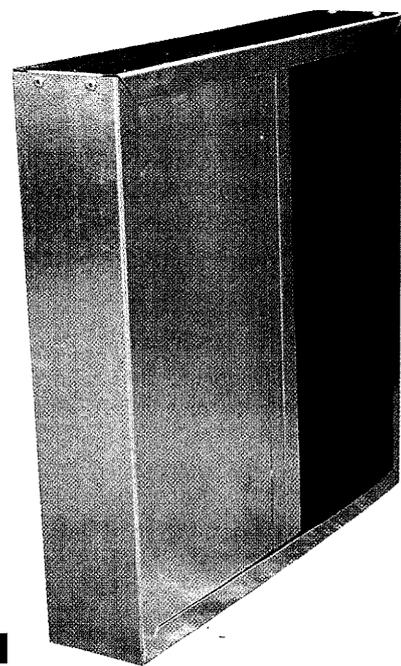
**C** Les pièges à son comportent plusieurs baffles, à résonateurs ou non suivant les fréquences, en laine de roche haute densité 50 kg/m<sup>3</sup> et disposées en caissons distincts parallèlement au flux d'air. (Docs. France-Air.)



**B**

Ainsi, les centrales sont donc généralement en caisson double peau pour éviter le rayonnement (ce qui n'influence pas forcément le bruit émis dans le réseau).

Les ventilateurs ont plutôt des fréquences prédominantes : la centrifuge action rayonne davantage dans les moyennes fréquences, ceux à réaction, axiaux, en basses fréquences. Ils sont difficilement comparables car ils agissent chacun sur des zones de débit-pression différentes. L'essentiel est de veiller à un rendement correct, à une vitesse de rotation la plus faible possible, et à une bonne estimation du point de fonctionnement (le niveau sonore peut varier si les pertes de charges du réseau sont différentes). À ce niveau, le soin apporté par le bureau d'études aux calculs du réseau et à la détermination du ventilateur est fondamental. L'implantation lors de la pose est aussi importante : longueurs de gaines suffisantes à l'aspiration et au (...)



**C**

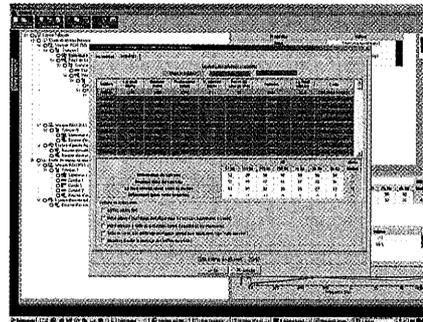
(...) refoulement des ventilateurs et des centrales, éloignement des obstacles de dérivation (coudes) et bons diamètres respectés (pas «d'étranglements»). Un coude à l'aspiration d'un ventilateur peut être à l'origine non seulement de chute de performances, d'instabilité des caractéristiques, mais surtout de bruit. Une augmentation – jusqu'à 10 dB dans certaines octaves – a été constatée sur des ventilateurs installés avec un coude à l'entrée. Idéalement, il faut prévoir en aval une longueur de conduit équivalente à 2,5 diamètres de la gaine d'un ventilateur avant tout autre élément disposé dans le circuit, afin que l'écoulement devienne homogène. Dans le local, les sections de conduit doivent être les plus larges possibles afin de réduire les pertes de charges. Les raccordements entre des sections différentes doivent être progressifs (angle au sommet inférieur à 7°). Un piège à son est généralement positionné en sortie de centrale. Mais dans un local technique bruyant, le niveau sonore ambiant va pénétrer à nouveau le conduit à travers ses parois. Il viendra donc renforcer le niveau précédemment atténué et le silencieux sera alors inopérant. La solution est de placer celui-ci en traversée de paroi du local technique. Il faut cependant noter la présence habituelle d'un clapet coupe-feu à cet endroit. Le piège à son est alors décalé et il est nécessaire de le capoter avec son conduit jusqu'au mur, pour limiter les transmissions. Pour traverser plus en aval des locaux bruyants (locaux techniques autres), il ne faut traiter le bruit dans le réseau qu'au passage de la paroi située entre ce local bruyant et un local plus calme. Si c'est impossible, il faut choisir un type de gaine qui a une forte atténuation au rayonnement ou encore la capoter. Chaque type de gaine a son comportement : en transmission (bruit rayonné par la gaine ou bruit extérieur entrant dans la gaine) et en atténuation (propagation du bruit dans la gaine). La tôle atténue peu mais rayonne fortement.

### Dessin du réseau et équilibrage : primordiaux

Le béton, rarement utilisé, n'atténue pas et rayonne peu. Le Fib'air (très absorbant) atténue au rayonnement les moyennes et hautes fréquences uniquement. La forme des gaines peut également être considérée. Celles qui sont circulaires rayonnent moins que les rectangulaires et seront donc favorisées pour les réseaux. En revanche, elles atténuent peu les basses fréquences des bruits générés par les ventilateurs et sont donc à éviter en local technique. Les gaines à section rectangulaire sont préférables aux gaines à section carrée, toutefois les rapports de côtés excédant 4/1 doivent être évités, car de telles gaines ont tendance à vibrer et à résonner. Pour le des-

## Un logiciel de simulation acoustique très attendu

Déterminer le niveau sonore final dans un local dès la conception du bâtiment, pour ce qui est des bruits aérauliques, est désormais possible grâce au logiciel Cibebe développé conjointement par la société France-Air (01) et la société BBS Slama (63), ainsi que par d'autres intervenants. Attendu par toute la profession, il est disponible en ligne en juin 2009. Il prend en compte les données techniques de la centrale choisie et la géométrie des réseaux. Il permet de déterminer d'une part le niveau sonore obtenu par un réseau pièce par pièce, et de calculer en fonction de ces paramètres la



correction nécessaire pour obtenir le niveau sonore final recherché. Il permet également de déterminer les pièges à sons éventuellement nécessaires, et donc le budget des corrections pour de l'existant défaillant. Autre atout : il permet de simuler des vitesses et des diamètres différents et leur impact acoustique (et donc économique) sur le projet. Il est accessible gratuitement sur le site France-Air espace pro.

sin du réseau, quelques grandes règles sont à observer. En priorité : la vitesse d'écoulement. Les bruits régénérés par des vitesses excessives dans les réseaux de gaines, au passage des registres, des boîtes de mélange, des clapets sont très difficiles et très coûteux à atténuer quand ces dispositifs sont situés à proximité des locaux sensibles ou terminaux. Les vitesses admises sont de l'ordre de 2,5 à 3 m/s dans les tronçons principaux, et de 1,5 à 0,4 m/s après pléniums d'arrivée en fonction des bouches et de la portée choisies. Afin de diminuer la régénération du bruit d'écoulement dans les basses fréquences, il faut des coudes, des piquages et des transitions les plus carénés possibles : coudes arrondis ou avec aubes, piquages à 45°, et ce d'autant plus que la vitesse est élevée. Les changements de sections doivent être si possible réalisés avec un angle inférieur à 30°. Ce phénomène de «régénération du bruit», est la faculté d'un réseau aéraulique de produire lui-même un rayonnement sonore autre que celui transmis du local technique par les gaines. Il est produit par son dessin, mais surtout par les bouches de soufflage, et les registres et clapets de réglage. Il faut savoir qu'une variation de quelques degrés dans leur fermeture peut facilement générer une dizaine de décibels dans certaines bandes d'octaves. Chaque branche du collecteur principal sera correctement équilibrée par des registres de réglage primaires accessibles, ce qui permettra aux clapets terminaux de rester dans un domaine d'utilisation correct. En effet, il n'est pas souhaitable de compenser les déséquilibres du réseau par les seuls registres terminaux. Mieux vaut également éviter une vitesse trop forte dans les sections terminales (écrasement des gaines, coudes

trop «pliés», réductions brusques en faux plafond...). Ces sections terminales seront souvent réalisées avec des gaines flexibles aluminium isolées microperforées (laine verre densité 16 kg/m<sup>3</sup>) à forte atténuation

### Conduits absorbants en implantation terminale

Il est à noter que le bon calcul du ventilateur et de ses caractéristiques évite souvent le recours aux fermetures exagérées des registres et clapets de réglage, ou du moins peut les utiliser dans des plages non-critiques. Le maître-mot au niveau des bouches de soufflage, outre leur bonne adaptation à la configuration du local, est la vitesse de l'air qui les traverse. Elles devront en conséquence avoir des surfaces suffisantes, et pas avoir à atténuer d'autres bruits que ceux de l'air qui les traverse. Leur niveau sonore dépend souvent de la vitesse d'entrée et du bon équilibrage des débits. Enfin, reste le phénomène des «ponts phoniques» de pièces à pièces, transmis par les gaines. Le son ne suit pas obligatoirement le sens de déplacement de l'air, et se déplace parfois en sens inverse du flux. Ainsi, pour éviter ou limiter ce phénomène il y a lieu d'utiliser des conduits absorbants en implantation terminale. Le piquage en croix, à éviter (et ce d'abord sur le plan acoustique), crée souvent cet effet. Il faut privilégier des piquages simples, espacés, moins la valeur du diamètre du collecteur disposés, si possible, de façon alternée. À la mise en route, l'opération d'équilibrage du réseau, qui sera rendu possible par des registres de réglage accessibles, est essentielle et prépondérante pour obtenir des niveaux sonores corrects. □ J.-C. T.

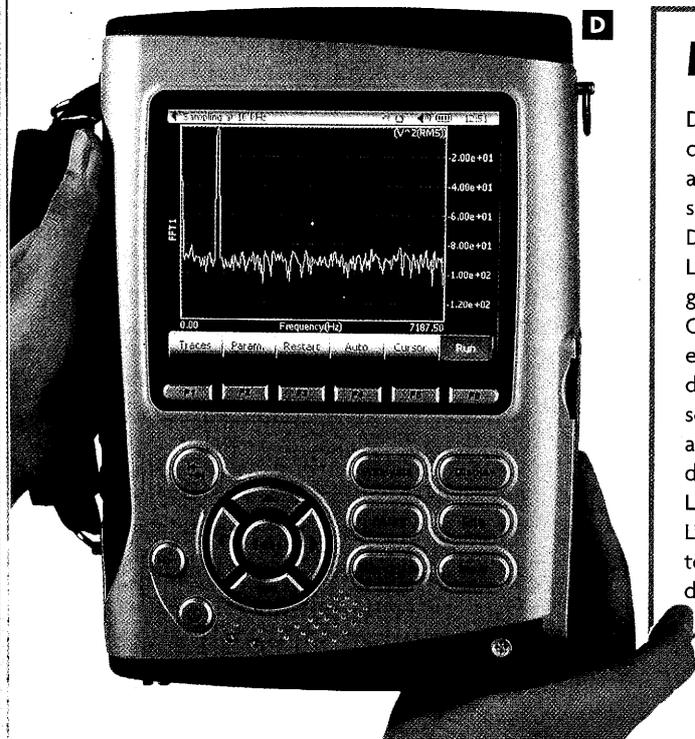
# 4 LOGICIELS

## De la conception à la vérification

Les logiciels de calculs acoustiques sont des outils indispensables à l'étude d'une salle de spectacles, par exemple. Toutefois, vu leur complexité, seuls les spécialistes peuvent les exploiter.

Dans le bâtiment, les logiciels acoustiques remplissent principalement trois fonctions. Tout d'abord, ils aident à la conception de salles de spectacles. C'est une tâche spécifique pour laquelle deux méthodes sont en compétition : d'une part, la mesure acoustique dans une maquette du projet au 1/50°, d'autre part, des logiciels de conception très spécialisés, comme Rap-One de Soft dB, Catt-Acoustic d'Euphonia ou Epidaure développé par le Cstb. Le maniement de ces applications requiert à la fois de bonnes compétences acoustiques et une grande familiarité avec l'architecture et les matériaux. Pour les grands projets, le conseil en acoustique intervient dès le concours. Le Cstb a ainsi accompagné l'architecte Paul Andreu dans deux projets d'envergure en Chine : le Centre oriental d'Art à Shanghai (2005) et le Grand théâtre national de Chine (National Grand Theatre of China, 2008) à Pékin, comptant chacun trois salles de spectacles. Lors de la phase APS, les acousticiens du Cstb ont guidé l'architecte sur la géométrie des salles offrant le meilleur compromis entre archi-

itecture et acoustique. Dès la phase APD, des simulations numériques ont permis de tester les différentes configurations envisagées et « d'entendre l'acoustique » de chacune des salles avant même leur réalisation. Les essais effectués ensuite dans les trois salles ont prouvé la fiabilité des prévisions du logiciel Epidaure. La seconde fonction des logiciels est le calcul de conformité aux exigences acoustiques de la NRA (nouvelle réglementation acoustique), de la démarche HQE ou pour répondre à un cahier des charges. Ce ne sont plus les mêmes applications. En construction neuve et en rénovation performante, acoustique et thermique influent étroitement l'une sur l'autre. En ERP, dans les locaux scolaires, l'harmonisation de ces deux exigences constitue l'essentiel des synthèses à mener. Les bureaux d'études et les AMO (assistance à maîtrise d'ouvrage), actifs en optimisation des bâtiments très performants, rêvent d'applications de simulation intégrées qui permettraient de prendre en compte la thermique et l'acoustique. Parmi les applications de simulation les plus avancées :

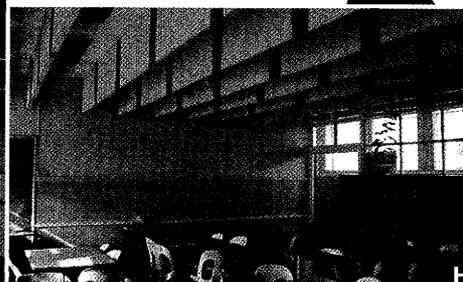
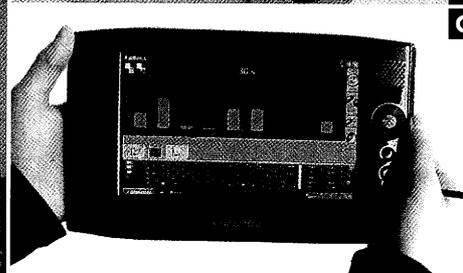
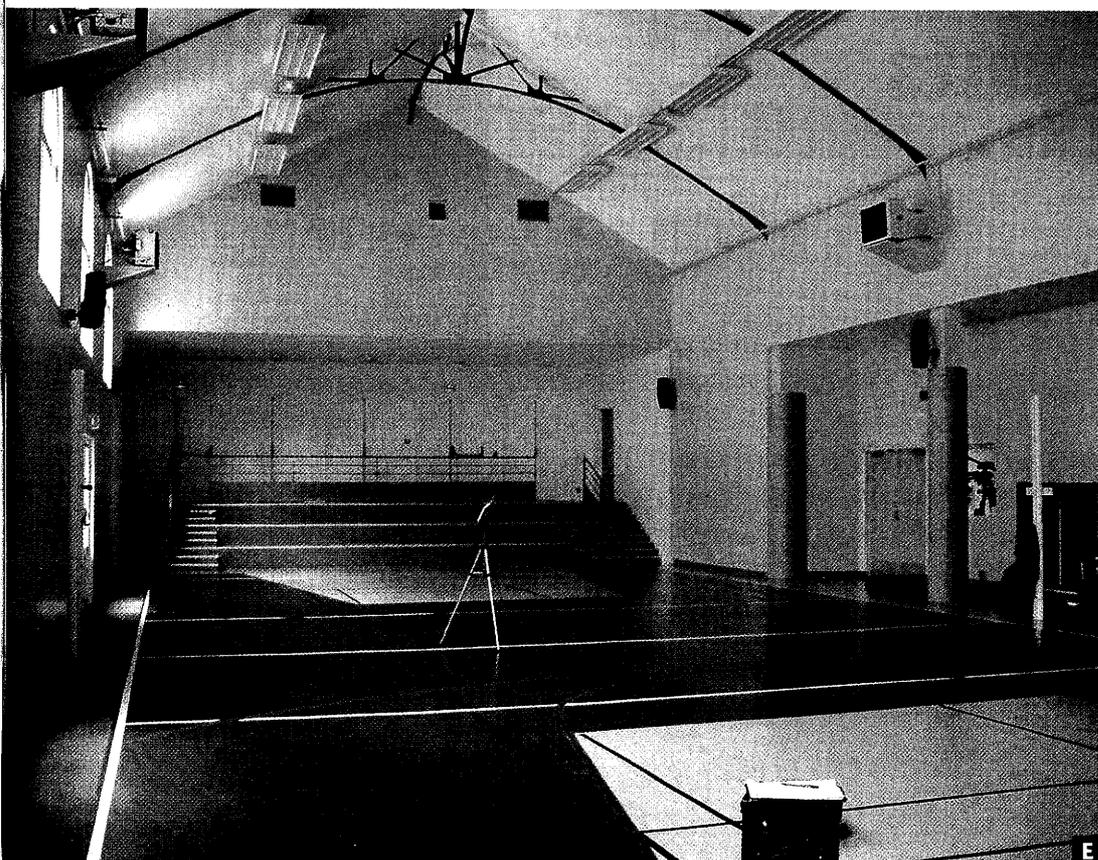


### Mithra : des bruits en 3D

Développé par le Cstb, le logiciel Mithra permet de visualiser ou d'entendre en 3D les bruits issus des transports routiers, ferroviaires et aériens. C'est le logiciel phare pour l'étude d'impacts acoustiques des grands projets routiers, aéroportuaires et ferroviaires et pour l'évaluation des sites retenus pour de grands équipements, comme des hôpitaux.

Des développements récents ont permis d'intégrer le bruit des avions et des tramways. Les efforts se sont portés sur l'interfaçage du logiciel avec le système d'Information géographique (SIG) pour des cartographies sonores (Mithra-SIG), le couplage avec le logiciel Cadna (Cadna-Mithra), en réponse aux demandes en cartographie du bruit de la Directive européenne de 2002. Le module supplémentaire Mithra-Son est dédié à la lecture simultanée de résultats de calculs Mithra et de données d'enregistrements de trafic et autres sources sonores urbaines. À partir de ces informations, il est possible de naviguer dans le site modélisé afin d'évaluer l'environnement sonore. Cet outil performant utilise des techniques de traitement de signal et de restitution sonore spatialisée développées au Cstb.

Le logiciel restitue les bruits de circulation, en conservant leurs propriétés spatio-temporelles. L'interface reproduit la carte du site modélisé et permet à l'auditeur de se déplacer librement à tous points. C'est avec cet outil que le Cstb a réalisé des simulations pour de grands aménagements d'infrastructures routières et ferroviaires.



Design Builder de DesignBuilder Software (1) et Virtual Environment de IES (Integrated Environmental Solutions) le permettent. Le premier est utilisé en France par une petite quinzaine de sociétés et bureaux d'études. Le second compte un maximum de 10 utilisateurs dans l'Hexagone. Dans les deux cas, si les programmes traitent à la fois de l'acoustique et de la thermique, il faut que l'opérateur maîtrise les deux domaines, ce qui n'est pas fréquent. Ainsi, la plupart des acteurs campent sur leurs spécialités respectives et dialoguent avec le bureau d'études complémentaire pour optimiser les bâtiments en phase de conception. Pour les calculs réglementaires, les acousticiens disposent de plusieurs applications, parmi lesquelles Acoubat Sound du Cstb domine nettement. Fondé sur les normes de simulation NF EN 12354-1, 2, 3 et 6, Acoubat Sound V 5.0 (version 2008) permet d'évaluer les isollements acoustiques aux bruits aériens et aux bruits d'impacts dans les bâtiments. Il comporte une base de données acoustiques comportant environ 2000 produits du bâtiment. La version 2008 s'est enrichie de nouvelles classes de produits : planchers et plafonds techniques, façades filantes, toitures. Elle ajoute de nouvelles géométries : comble aménagé, comble perdu, deux locaux + couloir, dans le but de traiter complètement les problèmes d'isollement acoustiques entre bureaux, en incluant les

éléments filants et les différents courts-circuits acoustiques possibles, comme la circulation. Plus simple, Acous Stiff de Gamba Acoustique calcule l'affaiblissement acoustique des parois simples, doubles ou triples, en fonction des lames d'air, des matériaux, etc.

### Nécessaire vérification sur site

Troisième fonction, l'analyse acoustique sur site repose sur des sources de bruit normalisées, des sonomètres étalonnés et sur des logiciels d'acquisition et d'analyse. Pour cela, 0dB1-Metravib propose l'ensemble Choralis qui comporte les sonomètres Blue Solo pour la mesure des niveaux sonores et des spectres en octave et en tiers d'octave et la mesure de la durée de réverbération T60, la télécommande dBSolo-B pour le pilotage des sonomètres et des sources de bruit à distance, le logiciel dB Bati pour l'analyse des mesures relevées et des isollements acoustiques et enfin différentes sources de bruit (machines à choc, source directionnelles et omnidirectionnelles, etc.) pour mesurer l'isollement aux bruits aériens, aux bruits d'impacts, la décroissance spatiale et l'acoustique des salles. Les sonomètres sont raccordés par câble USB.

Le logiciel dB Bati comporte des critères de salles en option pour accélérer les tâches d'acquisition et d'analyse. □ P. P.

1 - Disponible en français à l'adresse <http://www.batisim.net/>

**A F** Sur chantier, la plupart des solutions incorporent désormais le report des informations collectées vers des PDA ou vers des Smartphones pour un contrôle et une exploitation immédiats. (Doc. DR.)

**B C** La vérification de la conformité d'un bâtiment avec les exigences acoustiques d'un cahier des charges requiert des sonomètres et des sources de bruit calibrées de différentes sortes : impacts, bruits aériens, etc.

(Doc. 0dB1-Metravib.)

**D** Les logiciels d'acquisition acoustique fonctionnent sous Windows CE. Ce qui permet leur portage à la fois vers des PDA ou vers des terminaux graphiques spécifiquement « durcis » pour le chantier.

(Doc. Sanyo.)

**E** Le contrôle des performances acoustiques requiert une suite d'équipements : logiciels d'acquisition, sources de bruit, sonomètres, etc. (Doc. DR.)

**G** Le logiciel dB Bati de 0dB1-Metravib restitue graphiquement les données acoustiques acquises pour une exploitation directement sur site. Il fonctionne sous Windows XP et sous Windows Mobile sur des PDA. (Doc. 0dB1-Metravib.)

**H** Les mesures correctives de l'acoustique d'une salle se traduisent par l'ajout de panneaux dont la composition, la géométrie et la densité sont déterminés par des outils logiciels comme Acoubat, par exemple.

(Doc. Cstb.)