



L'acoustique et les acousticiens en 2010

L'ACOUSTIQUE

L'acoustique est la science des sons; le mot, qui vient du verbe grec « écouter », inclut donc non seulement les aspects physiques du son, mais aussi ses aspects perceptifs. C'est Joseph Sauveur qui l'introduisit en 1700. Pour qu'un son soit entendu, il doit se propager dans l'air, et être dans une certaine gamme de fréquences, dite gamme audible (20 à 20 000 Hz). Pourtant l'acoustique est aujourd'hui la science des sons dans tous les milieux (gaz, liquides, solides) et à toute fréquence, ce qui inclut les infrasons et les ultrasons. Dans les solides, le terme « onde élastique » est en général préféré à « onde acoustique », ce qui est expliqué ci-après.

L'acoustique est une science, mais c'est aussi une pratique. L'insonorisation d'un bâtiment, la construction d'une salle de concert, la prise de son, la sonorisation d'un concert, l'audioprothèse ou l'échographie médicale, l'écoute des bruits sous-marins sont des pratiques, utilisant de près ou de loin les connaissances scientifiques.

1. Quelques généralités sur le son

Le son, chacun le sait, se propage comme une onde : l'air vibre, mais en moyenne reste sur place, alors que l'onde, c'est-à-dire le mouvement, se propage de proche en proche sur de grandes distances. On compare souvent ce phénomène à celui qui se produit dans une chaîne de masses et de ressorts : une masse, en oscillant, comprime et relâche les ressorts contigus, qui mettent en mouvement cette masse ainsi que les masses suivantes, etc. L'air est cependant un milieu continu, au moins vu à l'échelle macroscopique, et l'image d'un ressort long, ayant une certaine masse par unité de longueur, serait déjà plus fidèle.

Que l'air soit un ressort, nous en avons tous l'expérience en bouchant l'extrémité d'une pompe à vélo : si on comprime l'air, puis qu'on relâche la poignée, celle-ci est rejetée par l'air. Une autre expérience peut être faite à domicile : dans une pièce où la fenêtre s'ouvre à l'intérieur et la porte à l'extérieur, ouvrir brutalement la fenêtre comprime l'air qui va ouvrir la porte, quand celle-ci est juste tirée.

Quant à la masse de l'air, elle est faible, de 1,3 kg par mètre cube, soit un peu plus qu'un millième de celle de l'eau. Plus le ressort est mou et plus la masse est lourde, moins l'onde se propage rapidement. Ceci nous explique pourquoi l'eau et l'air ont des vitesses du son qui ne sont pas extrêmement différentes (1 500 mètres par seconde pour l'eau contre 340 m/s pour l'air dans les conditions normales) : l'eau est beaucoup plus lourde, mais elle est beaucoup plus rigide (ce qu'on peut constater encore avec une pompe à vélo). Quant aux solides, la vitesse du son y est encore plus grande, souvent autour de 5 000 m/s.

On note qu'à la différence des ondes électromagnétiques (dont la lumière est un cas particulier), le son a besoin d'un support matériel pour se propager, alors que les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide. Ajoutons que les mouvements (oscillants) du fluide se font dans la direction de propagation ; l'onde est dite longitudinale. Toutefois, dans un solide, il existe une autre onde, dite transversale, les mouvements se faisant perpendiculairement à la direction de propagation (il en est ainsi des vibrations d'une corde).

2. Les applications de l'acoustique et les thèmes scientifiques

Le chapitre 1 a présenté diverses applications de l'acoustique dans les grands secteurs d'activité économique, sociale ou culturelle, sans rechercher l'exhaustivité. L'ensemble a déjà été publié dans *Acoustique et Techniques* (n° 53, 2008). Le bruit des transports ou des appareils ménagers, la transmission du bruit dans le bâtiment, représentent des applications bien connues du grand public. Mais souvent on n'imagine guère que pour un même objet (une automobile par exemple), de nombreuses spécialités scientifiques différentes sont nécessaires, car les bruits aérodynamiques, les bruits de moteurs ou les bruits de contact pneu/chaussée mettent en jeu des phénomènes très différents. Que dire alors des applications des ultrasons ? Ou des

nombreuses applications que nous n'avons pas mentionnées ? Un petit inventaire à la Prévert : le réfrigérateur acoustique, le bruit des marteaux-piqueurs, le bruit des sous-marins (et son importance stratégique), la mesure des constantes universelles par mesure acoustique, la synthèse de la parole, la détection d'explosions nucléaires, le codage MP3, le design sonore, le contrôle non-destructif de matériaux, le nettoyage par ultrasons, etc. On voit que le son et le bruit peuvent être utiles comme nuisibles. Tout le monde sait qu'une voiture entièrement silencieuse peut être très dangereuse.

Nous avons choisi de présenter les applications dès le chapitre 1, car c'est par elles que le grand public a accès aux problématiques de l'acoustique. Le chapitre 3 porte un regard plus scientifique sur l'acoustique. Il présente les thèmes scientifiques et les recherches actuelles. En principe on retrouve pour chaque thème les diverses applications détaillées au chapitre 1 ; en pratique on en trouve souvent bien d'autres. Le découpage s'est avéré beaucoup plus délicat que celui des secteurs d'activité, et les solutions retenues sont nécessairement contestables, car toute classification présente des défauts. Prenons un seul exemple : les recherches sur les transducteurs ultrasonores (un transducteur transforme de l'énergie électrique en énergie acoustique et

vice-versa, c'est un haut-parleur ou un microphone) sont-elles à classer dans la section transducteurs ou la section ultrasons ? La difficulté est réelle et inévitable, d'autant que la réponse n'est pas unanime.

Pour les thèmes scientifiques, on aurait pu se limiter à trois sections, comme le veut une certaine tradition : production, propagation et perception des sons. Dans un ordre différent, c'est à peu près le titre des trois premières sections. En fait, nous commençons par la perception qui inclut des thèmes fondamentaux sur l'audition mais aussi beaucoup de thèmes liés aux applications. Les transducteurs représentent un type de sources produisant sons ou bruit. Quant à la propagation, on la retrouve dans tous les milieux : air, eau, sols, etc. Puis on revient à la production avec deux types de sources dues aux vibrations (« vibroacoustique », section 4) et aux écoulements (section 5). La section 6 traite des matériaux dits acoustiques, qui sont largement utilisés en insonorisation, et la section 7 d'ultrasons. Les sections 8 et 9 traitent de l'acoustique musicale et de parole. Puis viennent l'acoustique animale (section 10) et l'acoustique non linéaire, c'est à dire à fort niveau. Enfin la section 12 présente un sujet transversal : les méthodes (théoriques, numériques, expérimentales).



[FIGURE 1] Vue synoptique des métiers de l'acoustique : les quatre champs d'activités, les domaines de l'ingénierie, les secteurs spécialisés (de l'extérieur vers le centre). Adapté du diagramme de R. B. Lindsay, J. Acoust. Soc. Am., 36, 1964.

Le tableau synoptique dû à R. B. Lindsay permet de voir comment ces thèmes (en jaune) se situent les uns par rapport aux autres, par rapport à l'ingénierie et aux différentes pratiques (en vert), enfin par rapport aux grandes branches de la science (en orangé). Ce tableau est remarquable, car il n'a guère changé depuis bientôt 50 ans.