Avant-propos

Cet ouvrage est issu pour l'essentiel d'enseignements que les auteurs ont effectués à l'École Centrale de Lyon et à l'Université de Lyon, à des niveaux variant de la licence L3 au master M2. Il a aussi bénéficié de leurs interactions avec les auditeurs de sessions de formation permanente, tenues notamment au Collège de Polytechnique.

L'ouvrage s'adresse aux étudiants, universitaires et élèves ingénieurs, ainsi qu'aux doctorants et aux praticiens de l'industrie qui sont de plus en plus confrontés à la prise en compte de contraintes de nature acoustique lors du développement de nouveaux produits. Il se limite à l'acoustique des milieux fluides, avec des applications en acoustique aérienne et sous-marine.

L'ouvrage est divisé en deux volumes. Le premier est consacré aux éléments fondamentaux dont la connaissance permet une bonne maîtrise de l'acoustique dans les fluides. Le second constitue une introduction à des aspects plus avancés, dont certains font l'objet de recherches intensives et dont le statut est parfois encore en évolution (aéroacoustique, propagation dans un milieu en mouvement, acoustique non linéaire). Quelques problèmes de synthèse sont également proposés autour de thématiques relatives au contrôle du bruit.

Le volume 1 est constitué de 10 chapitres complétés d'une annexe de rappels de mécanique des fluides et d'une seconde proposant quelques éléments mathématiques.

Les deux premiers chapitres établissent les équations de l'acoustique dans les fluides homogènes et décrivent les propriétés des ondes planes et des ondes sphériques, éléments fondamentaux pour la construction de solutions plus générales.

Le chapitre 3 constitue une parenthèse dans l'analyse physique qui est proposée dans le cours de l'ouvrage. Il est consacré à des éléments de traitement du signal utiles à l'acousticien, à la définition des niveaux sonores et des échelles de décibels, ainsi

qu'à des notions sur la perception des sons par l'homme et sur la caractérisation des nuisances associées.

Le chapitre 4 décrit les phénomènes de réflexion et de transmission des ondes planes et sphériques aux interfaces entre deux fluides ou entre un fluide et un solide. La transmission des ondes planes au travers d'une paroi mince vibrant en flexion est notamment abordée.

Dans le chapitre 5, les sources acoustiques volumiques associées à des apports de masse, de force ou de chaleur au sein du fluide sont décrites. La méthode puissante des fonctions de Green est ensuite largement discutée et utilisée.

Les méthodes intégrales, qui complètent les formulations locales utilisées jusque-là, sont introduites au chapitre 6, ainsi que leur application au rayonnement de surfaces vibrantes et à la diffraction par des obstacles.

Le chapitre 7 décrit plus en détail ces phénomènes de diffraction avec leur application à la caractérisation de l'efficacité des écrans acoustiques. La diffusion des ondes par des obstacles rigides est ensuite discutée, et on met en évidence les comportements basse fréquence (diffusion de Rayleigh) et haute fréquence (limite géométrique). L'effet d'inclusions fluides présentant un faible contraste par rapport au milieu ambiant est abordé dans le cadre de l'approximation de Born.

Les chapitres 8 et 9 traitent de la propagation guidée dans les conduits, d'abord dans la forme générale utilisant la notion de modes de propagation, puis dans la version limitée aux basses fréquences des réseaux monodimensionnels. Cette formulation simplifiée est très utile pour définir des filtres acoustiques comme les résonateurs de Helmholtz et les silencieux passifs qui permettent de réduire les niveaux sonores de façon sélective.

Le chapitre 10 est consacré à l'acoustique des espaces clos et aux applications en acoustique des salles. On y introduit notamment le concept de champ diffus et la notion de temps de réverbération, ainsi que des éléments sur la caractérisation de la qualité acoustique des salles du point de vue de la perception humaine.

Chaque chapitre est accompagné d'un nombre restreint d'exercices dont le niveau varie d'une simple application de définitions et de formules à des problèmes nécessitant une analyse théorique plus poussée, voire une résolution numérique.

Tout au long de l'ouvrage, nous avons eu la volonté d'illustrer les résultats théoriques par de nombreuses figures issues de mesures et de simulations numériques résultant de l'évaluation de formules théoriques complexes ou de l'utilisation de codes de calcul par éléments finis. Ces illustrations ont pour objet de faciliter l'interprétation physique des phénomènes mis en jeu en faisant nôtre cet aphorisme de Richard

Hamming : « The purpose of computing is insight, not numbers. » Elles ne remplacent évidemment pas les développements théoriques qui permettent de mettre en évidence le rôle des paramètres les plus influents. Les formulations théoriques sont cependant trop souvent limitées à des situations très simplifiées ou asymptotiques. Plutôt que des expressions souvent peu intuitives utilisant des séries de fonctions spéciales, il nous a paru préférable de tracer par exemple des cartographies de niveaux acoustiques qui sont beaucoup plus parlantes.

Cet aspect différencie quelque peu notre ouvrage de la très large bibliographie existante, qui est d'ailleurs beaucoup plus abondante en langue anglaise qu'en langue française. Les principaux travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés lors de la rédaction de cet ouvrage sont indiqués dans la bibliographie, qui est bien sûr très loin d'être exhaustive. Nous renvoyons dans le texte à certains de ces ouvrages ou articles pour des éléments complémentaires ou des détails de calcul qu'il nous a semblé inutile de développer.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous nos collègues du Centre acoustique du LMFA à l'École Centrale de Lyon avec lesquels nous avons longuement interagi lors de différents enseignements ou de travaux de recherche.