

## Préambule

Après avoir travaillé pendant près de quarante ans comme ingénieur à Thalès Underwater Systems (TUS) à Sophia Antipolis, en tant que responsable d'un grand laboratoire d'essais en environnement (LEEE, Laboratoire d'Essais et d'Evaluation en Environnement), j'ai été amené à m'intéresser à des domaines aussi variés que la mécanique des chocs et des vibrations, aux problèmes climatiques et électromagnétiques de Compatibilité ElectroMagnétique (CEM), à la mesure, ainsi qu'au traitement du signal. Cette activité m'a amené naturellement à être sollicité par le COFRAC (COMité FRançais d'ACcréditation) comme évaluateur expert dans le domaine 38, qui traite des essais mécaniques et climatiques dans les laboratoires d'essais entre autres, ceci depuis une douzaine d'années à ce jour. C'est ce qui m'a permis de voir de près les besoins en formation des personnels travaillant dans ces domaines et c'est pourquoi j'ai pensé qu'il serait sans doute utile de mettre cette expérience à leur service, à travers ce livre qui se présente sous la forme d'un cours avec un esprit pédagogique d'ingénieur confirmé et donc avec une approche d'application pragmatique et pratique.

Le but de ce cours est de préciser les problèmes liés à l'environnement de vibrations mécaniques dans le profil de vie des matériels. En particulier, à travers leur simulation en laboratoire d'essais, par une meilleure connaissance du phénomène physique, des moyens à mettre en œuvre pour les simuler, des mesures et interprétations des résultats associés.

Il s'adresse aux techniciens de développement des bureaux d'études, des services qualité et essentiellement à ceux des laboratoires d'essais, ainsi qu'à tous ceux qui sont confrontés à des appels d'offre faisant référence aux essais en environnement et particulièrement ici, aux essais de vibrations. Par ailleurs, il devrait intéresser aussi les étudiants des écoles d'ingénieurs dans les domaines de compétence de leurs futurs métiers concernés par les vibrations.

On définira ainsi le phénomène de vibrations du point de vue du spécialiste en environnement à travers certaines notions de base indispensables pour savoir interpréter les documents normatifs édités à ce jour et effectuer quelques calculs prédictifs simples de comportement des matériels étudiés.

Enfin, je remercie vivement ici Henri Grzeskowiak et Christian Lalanne, mes amis et compagnons de route depuis une trentaine d'années au sein de l'ASTE, de la CINEG/DGA et du COFRAC pour leur aide efficace dans la relecture de cet ouvrage et les corrections pertinentes proposées.

Il se décomposera de la manière suivante :

- dans le chapitre 1, on trouve une introduction sur la théorie des vibrations, avec une description analytique classique des modèles utilisés à un et deux degrés de liberté, non amortis et amortis. Une approche plus pratique des types de phénomènes vibratoires appelés dans les spécifications et documents normatifs est ensuite proposée ;
- le chapitre 2 précise les outils mathématiques utilisés pour analyser ces phénomènes vibratoires. Il fait appel bien entendu à la théorie des signaux. On y trouvera les outils usuels de description temporelle des signaux et de description fréquentielle (DSP, série et transformée de Fourier), mais adaptés aux techniques de vibrations. L'approche proposée

décrit aussi les applications spécifiques aux signaux de vibrations rencontrés dans les laboratoires d'essais. En effet, les essais proposés par les documents normatifs appellent des balayages sinus, des essais aléatoires en bruit coloré ainsi que des essais composites comme le sinus sur bruit, qui présentent quelques particularités qu'il faut connaître ;

- le chapitre 3 propose une démarche qualité pour aborder le problème des essais dans les laboratoires d'essais. Elle s'inspire des documents normatifs sur le sujet, en particulier de la norme NF EN ISO/CEI 17025, qui régit l'accréditation des laboratoires d'essais et d'analyses. Elle permet ainsi d'initialiser une approche qualité internationalement reconnue ;

- le chapitre 4 donne une description analytique relativement complète des essais de vibrations en sinus et en bruit qui sont les essais les plus utilisés. Les développements sont orientés essais en laboratoire, avec les problèmes usuels rencontrés (vitesses de balayage, limitation en niveau des essais de bruit, etc.). On y trouvera l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur le sujet ;

- le chapitre 5 propose une analyse pratique complète des phénomènes vibratoires rencontrés dans la plupart des bureaux d'études et de développement et propose des règles de conception simples et usuelles qui doivent permettre une approche qualitative et quantitative simple pour éviter la plupart des gros problèmes que l'on peut rencontrer pour ce type d'environnement. Il décrit aussi une approche pratique à travers un exemple particulier qui est l'étude d'une baie électronique montée sur amortisseurs. Cet exemple simplifié permet de comprendre une démarche pratique (il en existe d'autres) qui résout la plupart des problèmes techniques et qui s'appuie sur la notion maintenant bien répandue de « personnalisation des essais » ;

- le chapitre 6 propose une approche simplifiée des problèmes de pilotage des moyens d'essais, en particulier des excitateurs de vibrations, en essais sinus, bruit, chocs, de manière à sensibiliser le lecteur sur les points durs habituellement rencontrés dans ces types de techniques ;

- le chapitre 7 décrit de manière succincte les aspects de métrologie et de mesure rencontrés dans l'utilisation des capteurs accélérométriques et des moyens d'essais de vibrations dans les laboratoires d'essais ;

- le chapitre 8 détaille le fonctionnement des deux principaux moyens d'essais de vibrations que sont les générateurs de vibrations électromagnétiques et hydrauliques. On retrouve ce chapitre dans la [réf. I18], mais il a été jugé utile de le reproduire intégralement ici.

Ce livre a été élaboré à partir de mon expérience professionnelle ainsi qu'avec l'aide d'une bibliographie traitant du sujet et qui comprend :

- des livres spécialisés dans le domaine des chocs et vibrations ;
- des cours que j'ai suivis et dispensés par des organismes divers proposant des stages de formation sur le sujet, ou que j'ai enseigné ;
- des revues techniques de fabricants ou fournisseurs de moyens d'essais et de mesures ;
- des articles, de la documentation et des bulletins techniques provenant de divers organismes spécialistes des chocs et vibrations ;
- des documents normatifs traitant du sujet ;

donc une synthèse a été effectuée, en reprenant tout ou partie de certains de ces documents, de manière à développer les thèmes qui doivent être connus pour bien appréhender le sujet. Or ce sujet est relativement mal perçu par les ingénieurs de développement, les bureaux d'études et généralement peu développé sous ses aspects pratiques dans les écoles et universités.

La bibliographie comprend la plupart des documents utilisés qui font encore aujourd'hui l'unanimité, mais qui ne sont pas forcément tous facilement accessibles. C'est pourquoi certains concepts ou calculs sont détaillés et développés jusqu'au bout de manière à faciliter leur compréhension.

On trouvera dans les annexes des informations plus ou moins développées d'aide à la compréhension de certains concepts utilisés tout au long du document.