

Avant-propos

Le présent ouvrage s'adresse aux étudiant(e)s des écoles spécialisées et des universités des sciences et technologies ainsi qu'aux filières professionnelles des secteurs industriels. Il est basé sur des études de cas solutionnées, ciblées et commentées. Son contenu est la traduction de nos propres cours de conception mécanique appliquée. Il synthétise les éléments d'analyse des connaissances et des méthodes d'analyse et de choix des matériaux. Il constitue un didacticiel guidant la démarche conception dont la référence aux industries est significative.

La conception est d'abord supportée par l'*intuition* où les arts et métiers sont la pièce centrale. Les chaires de technologies proposent des solutions aux problèmes posés en conception mais sans toujours présenter un dossier exhaustif des étapes nombreuses à suivre en la matière. Parfois, les solutions proposées en conception mécanique se réfèrent aux dessins sans dire le comment, le pourquoi, ni le où, etc. La réflexion sur la conception est beaucoup plus subtile, approfondie et, à bien des égards, complexe qu'elle n'y paraît à première vue. La démarche conception doit d'abord se baser sur des méthodes concises qui permettent de :

- clairement poser le(s) problème(s) ;
- comparer des solution(s) analytiques succinctes ;
- opérer des choix et des sélections éclairées et dûment documentées.

Dans cet ouvrage, nous présentons un formalisme qui qualifie et quantifie le besoin, partant d'un cahier des charges fonctionnel (CdCF) clairement rédigé. Les méthodes et analyses visent la satisfaction du besoin exprimé.

En exergue, il est indispensable de disposer d'outils mathématiques et physiques pour mener à terme des calculs de résistance des matériaux. La connaissance du comportement des matériaux est au centre de toute conception éclairée. Les

resultants de calculs, aussi justes soient-ils, constituent de simples exercices mathématiques sans conséquence sur la décision du projet de conception. Les études de cas ici présentées sont le résultat de nos laboratoires et travaux dirigés de conception mécanique. Elles sont puisées à même nos cours qui, à leur tour, s'inspirent de manuels et d'ouvrages divers incluant les catalogues de manufacturiers à l'échelle internationale.

À la fin du présent travail, nous proposons des études de cas ayant déjà fait l'objet de solutionnaires dans le cadre de nos cours. Le lecteur pourrait en faire une étude pédagogique appropriée, en lien avec les outils d'ateliers et de laboratoire dont il dispose. En conception mécanique appliquée, il n'existe pas une solution mais des solutions eu égard aux moyens et méthodes exploités.

Introduction

En conception, la modélisation demeure une étape clé incontournable. Dans l'avant-projet d'une conception, il est impératif de faire des esquisses (croquis cotés) accompagnés d'une grossière modélisation *grapho-analytique*. Dans le cas où l'avant-projet esquissé fonctionne, nous continuerons vers les autres facteurs de la conception progressive. Les principes de calculs intègrent des combinaisons de propriétés pour présenter les meilleures performances du projet. La modélisation mathématique s'appuie sur des valeurs précises des contraintes, et des déformations de composant qui sont encadrées par des limites d'emploi. Dans cet ouvrage, nous avons proposé des exemples concrets avec des géométries sollicitées par divers chargements. Les poutres, les barres, les disques et les cylindres, pour ne citer que ces formes classiques, ont déjà des hypothèses répertoriées dans les ouvrages spécialisés. Il convient de s'en inspirer pour former des projets concrets. L'important c'est de savoir succinctement que l'information existe et qu'il faut s'en servir à bon escient. Les formules ici présentées sont issues de la documentation spécialisée citée dans la bibliographie de l'ensemble des chapitres. Les tableaux, normes, formules et autres cas sont ici présentés à titre d'orientation. En aucun cas, ce qui suit ne constitue un aide-mémoire exhaustif. On se référera aux ouvrages spécialisés.

De tous les temps, la conception des produits qui constituent des mécanismes et des machines est au centre des sciences et techniques de l'ingénieur. Le développement des outils informatiques et du dessin assisté par ordinateur (DAO) a largement contribué, les normes aidant, à mieux présenter les résultats graphiques de dessins de définitions de produits. Les méthodes d'optimisation, les nouvelles organisations de travail et les outils mathématiques utilisés en construction mécanique sont facilement exploitables par les projeteurs-concepteurs. Partant d'un cahier de charges fonctionnel clairement rédigé, le concepteur atteint ses objectifs au moindre coût en temps et matériels. Un avant-projet clairement présenté constitue un garant efficace à concrétiser une conception sûre et bien documentée.

Il n'existe aucune recette reproductible ni préfabriquée à une bonne conception de systèmes mécaniques. Il n'existe que des méthodes de proche en proche optimisées pour atteindre les objectifs ciblés. Le présent ouvrage se base sur une double expérience formatrice et industrielle. Il traite des outils indispensables qui orientent et guident le concepteur dans la recherche des solutions. Il se base sur une pédagogie d'approche par compétence et présente ainsi les vecteurs cibles dont :

1) **méthodologie** : l'utilisateur de cet ouvrage suivra les étapes de l'analyse du besoin de la recherche de solutions concertées (client/concepteur) jusqu'à la présentation d'avant-projet documenté. Les CdCF, les méthodes de créativité (FAST), le Gantt et l'AMDEC de conception sont ici exploités ;

2) **principes de calculs** : les éléments d'analyse et de calculs traditionnellement exploités en construction demeurent le propre des outils mathématiques et physique appliquées. La nouveauté de cet ouvrage apporte une pédagogie documentée. La démarche analytique suit adéquatement les principes de calculs. Les matériaux et les procédés, sujets des systèmes mécaniques, sont clairement documentés ;

3) **outils grapho-analytiques** : les méthodes graphiques et/ou analytiques sont exploitées de telle sorte que l'ingénieur, le technicien ou l'étudiant(e) puisse s'en inspirer dans ses projets. Les fondements de la CAO-DAO sont logiquement exploités par les logiciels recommandés par l'industrie ;

4) **études de cas pédagogiques et industrielles** : les exemples résolus ici exploités sont issus de nos propres expériences industrielles et universitaires. Ces exemples couvrent bien de domaines des industries manufacturières (engins récréatifs, levages et transports, mécanismes de démonstration pédagogiques etc.). Les études traitent également du choix judicieux des matériaux et des structures.

Le présent ouvrage, dédié à la conception mécanique appliquée, est documenté par des études de cas issues de nos propres expériences professionnelles et universitaires. Il s'appuie sur une méthodologie et une pédagogie qui se veulent rigoureuses car faisant place aux mathématiques et à la physique appliquée. Présenter un ouvrage de conception mécanique est une tâche ardue. Ceci est expliqué par la pluridisciplinarité de la matière et des outils informatiques indispensables à la célérité des calculs de dimensionnements. La conception n'est pas une matière singulière. Présenter un projet accompli de conception nécessite le concours inéluctable de plusieurs disciplines techniques, scientifiques et technologiques en plus d'une clarté relative à la rédaction des dossiers qui constituent les études.

Le **premier chapitre** traite de l'organisation du travail de projets. Elle guide le projecteur-concepteur tout le long de la démarche organisationnelle partant de l'esquisse globale au lancement de l'idée issue du cahier de charges. Cette partie

s'attellera à la recherche de solutions judicieuses qui guideront les projets. C'est, en quelque sorte, l'art de mener un projet de conception.

Le **deuxième chapitre** présente les principales tâches de conception en mettant l'accent sur l'emploi judicieux des matériaux et de la géométrie. Nous présentons tout le long des douze chapitres des études de cas avec des solutionnaires pour proposer une démarche pédagogique.

Le **troisième chapitre** présente les principes de calculs des éléments de machines, des matériaux et des structures. C'est ici que les outils de calculs s'avèrent indispensables à l'analyse de conception. On y présente la nécessité d'analyse des procédés et des matériaux. C'est aussi à ce niveau que le dimensionnement s'opère et que la géométrie (GPS : *Geometrical Product Specifications*) prend sa part démonstrative. On aborde également la théorie de contact au sens hertzien.

Le **quatrième chapitre** est dédié aux formes géométriques particulières en conception mécanique appliquée : profilés et pièces incurvées (NURBS).

Le **cinquième chapitre** de cet ouvrage est consacré à l'utilisation adéquate des principes de calculs des éléments de machines exploités en construction mécanique. On y aborde des cas de résistance des matériaux en y ajoutant des études de cas, avec solutionnaires, pouvant servir d'exemples concrets à exploiter dans les travaux dirigés et autres ateliers de conception mécanique appliquée.

Le **sixième chapitre** présente des études de cas dédiés aux bruits et aux vibrations des éléments et des supports de machines. Les solutionnaires ici présentés permettent d'en projeter d'autres cas lors des travaux dirigés.

Le **septième chapitre** encadre davantage quelques cas usuels des assemblages soudés et des calculs de fatigue des pièces fixes et des roulements.

Le **huitième chapitre** présente des études de cas dédiées aux freins et aux embrayages exploités en conception mécanique appliquée.

Le **neuvième chapitre** traite des assemblages mécaniques boulonnés, comme des rondelles des ressorts et des arbres.

Le **dixième chapitre** est spécialement dédié aux principes de calculs des éléments de machines en matériaux plastiques.

Le **onzième chapitre** présente des projets concrets réalisés dans le cadre de nos cours et travaux dirigés d'où les solutionnaires commentés menés.

Dans l'[annexe](#), on a délibérément regroupé un glossaire, des tableaux de référence aux normes de construction et de conception mécanique. Au terme des parties ci-avant désignées, nous contribuerons à la présentation de quelques recommandations quant à la rédaction et la présentation finale des projets.

Cet ouvrage est singulièrement orienté vers la résolution de problèmes de conception mécanique. Il ne vise point les concepts de la mécanique mais s'y appuie pour proposer des solutions succinctes. C'est là où réside sa vertu formatrice et pédagogique. L'utilisateur trouve un guide de solutionnaires commentés.