

Yves Granjon

DEUG SCIENCES



Mécanique du solide

- Des rappels de cours pour **apprendre**
- Des questions de réflexion pour **comprendre**
- Des exercices pour **appliquer**

531-12.1

DUNOD

Table des matières

Avant-propos	VII
Notations et conventions	IX
Formulaire	XI
TD 1 • Cinématique du solide	1
L'essentiel du cours	1
1. Mouvement d'un solide	1
2. Exemple de mouvement composé	5
3. Changement de référentiel	6
Pouvez-vous répondre ?	10
Questions de réflexion	12
Entraînement	16
Solutions	22
TD 2 • Cinétique du solide	39
L'essentiel du cours	39
1. Centre d'inertie d'un solide	39
2. Éléments cinétiques d'un système	42
3. Théorèmes de Koenig	44
4. Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe	45
Pouvez-vous répondre ?	49
Questions de réflexion	50
Entraînement	53
Solutions	57
TD 3 • Théorèmes généraux de la dynamique du solide	73
L'essentiel du cours	73
1. Notion de système mécanique et de forces	73
2. Théorème de la résultante cinétique	73

3. Théorème du moment cinétique	74
4. Principe fondamental de la mécanique du solide	75
5. Théorème du moment cinétique dans le référentiel barycentrique	76
6. Théorème de la résultante cinétique dans un repère entraîné	77
Pouvez-vous répondre ?	77
Questions de réflexion	80
Entraînement	83
Solutions	89
TD 4 • Travail et énergie mécaniques	113
L'essentiel du cours	113
1. Théorème de l'énergie cinétique	113
2. Travail des forces de pesanteur	114
3. Travail des forces extérieures appliquées à un solide	115
4. Travail des forces de réaction	117
5. Énergie potentielle	118
6. Conservation de l'énergie d'un système isolé	121
Pouvez-vous répondre ?	122
Questions de réflexion	123
Entraînement	124
Solutions	130
Index	145

Avant-propos

La mécanique du solide est la discipline qui s'intéresse au mouvement et plus généralement au comportement des corps non ponctuels lorsque ceux-ci sont soumis à des actions, par exemple à des forces extérieures.

Pour aborder avec succès la mécanique du solide, il est nécessaire de bien maîtriser les notions élémentaires de mécanique du point. La mécanique du solide étant, en quelque sorte, une généralisation des phénomènes étudiés lors de cette première approche simple. Nous ne saurions trop conseiller au lecteur, à cet égard, de se référer à l'ouvrage de la même collection TD consacré à cette discipline essentielle dont nous utiliserons çà et là, de nombreux résultats.

La mécanique du solide est une science très vaste dont nous n'aborderons ici que les rudiments en considérant uniquement le cas des solides indéformables. Plus tard, le lecteur désireux de poursuivre une étude plus approfondie de la mécanique pourra aborder des sujets encore plus passionnants comme la mécanique des solides déformables, la résistance des matériaux, etc.

Ces sujets nécessiteront sans aucun doute une bonne maîtrise des bases de la mécanique du solide. Nous avons donc tenté de les réunir dans cet ouvrage en abordant successivement les quatre grands domaines selon lesquels elle est, en général, découpée.

Le premier chapitre sera consacré à la cinématique du solide indéformable, discipline dont l'objectif est la description des mouvements de points d'un solide. Le lecteur pourra notamment se familiariser ou se refamiliariser avec les notations et conventions traditionnellement employées en mécanique.

Le second chapitre introduit, en plus de la cinématique, la notion d'inertie d'un solide. Il s'agit ici d'aborder quelques éléments de cinétique du solide, discipline dans laquelle on étudie, notamment, l'influence de la masse d'un corps sur son comportement mécanique.

Logiquement, un troisième chapitre nous mènera à l'étude des théorèmes fondamentaux de la dynamique du solide, lorsque celui-ci est soumis à des actions mécaniques extérieures : forces et moments.

Enfin, afin que le lecteur puisse disposer des outils figurant parmi les plus performants pour résoudre les problèmes de mécanique, nous aborderons l'étude du travail des actions auxquelles un solide est soumis ainsi que les notions d'énergie mécanique.

La mécanique du solide fait appel à un formalisme mathématique auquel le lecteur qui aura déjà étudié la mécanique du point sera déjà familiarisé : calcul vectoriel, géométrie, trigonométrie sont des outils mathématiques courants en mécanique. A ceux-ci s'ajoutent l'analyse, le calcul différentiel et quelques bases d'analyse vectorielle dont nous mentionnerons les principaux résultats utiles sans que le lecteur ait à se pencher sur ses développements théoriques.

En ce sens, la mécanique du solide fait partie des domaines les plus complets des sciences physiques et il est couramment admis qu'être bon en mécanique, c'est être bon en sciences, ..., tout simplement.

C'est pourquoi nous avons privilégié une approche simple des phénomènes décrits, sans délaisser le nécessaire formalisme sans lequel la résolution d'un problème ne serait que bricolage hasardeux, mais sans tomber dans une approche théorique excessive comme celle qui est souvent employée pour aborder la mécanique et qui, même si elle permet des modélisations très élégantes des problèmes, n'en reste pas moins difficile à aborder et en tout cas, parfois assez éloignée des considérations physiques qui doivent avant tout être au premier plan lorsque l'on étudie la mécanique.

Au sein de chaque chapitre, les résultats essentiels du cours sont présentés, sans démonstration (certaines d'entre elles étant reprises à titre d'exercice). Des tests de connaissances, suivis de questions de réflexion, permettront au lecteur d'asseoir ses compétences et d'aborder avec sérénité les exercices proposés. Ceux-ci sont progressifs et leurs solutions sont entièrement détaillées. Il est conseillé de les aborder dans l'ordre, sans brûler les étapes et sans négliger tel ou tel qui paraît trop simple : certains exercices assez simples regorgent d'astuces et de conseils permettant d'aborder facilement les autres, plus complexes. Bien évidemment, il est également conseillé de ne pas succomber trop rapidement à la tentation de lire la solution, les progrès effectués étant, très souvent proportionnels aux efforts que l'on doit déployer pour résoudre les premiers problèmes.

Ne vous découragez pas, donc, devant un exercice qui paraît difficile ; en mécanique comme partout ailleurs, les premiers pas ne sont pas toujours aisés.

Un dernier conseil avant de commencer : bien veiller à toujours respecter les mêmes conventions de signes et les notations proposées. La plupart des erreurs provient du non respect de ces règles élémentaires.

Cet ouvrage ayant été conçu avec un souci constant de pédagogie et la volonté de rendre les concepts de la mécanique du solide accessibles à tous, je souhaite que tout étudiant en ayant fait l'acquisition puisse y trouver les réponses à ses interrogations et les clés de sa réussite.