

Ernst MACH

# LA MÉCANIQUE

EXPOSÉ HISTORIQUE ET CRITIQUE  
DE SON DÉVELOPPEMENT



ÉDITIONS  
JACQUES GABAY

531-22.1

## INTRODUCTION

---

Les principes de la Mécanique ont fait en France dans ces dernières années l'objet de nombreuses études. A un point de vue général et philosophique, peu de questions présentent une aussi grande importance ; leur intérêt n'est pas moindre au point de vue de l'enseignement, chacun sentant combien certaines expositions traditionnelles, longtemps indiscutées, présentent d'ineohérences. A parler franc, on peut se demander si une exposition bien cohérente est possible dans un premier enseignement de la mécanique. Il semble qu'en cette matière les expositions didactiques et bien ordonnées, comme les aime trop quelquefois l'enseignement français, sont excellentes seulement pour ceux qui savent déjà quelque peu de quoi il s'agit. Plus j'y réfléchis, plus je me persuade que l'enseignement élémentaire de la dynamique gagnerait beaucoup à rester moins étranger au point de vue historique. Au lieu de se trouver devant une science hiératique et figée, quel intérêt il y aurait pour le débutant à suivre le développement des idées de Galilée, de Huyghens et de Newton ! C'est une erreur de croire qu'il faudrait beaucoup de temps pour un tel enseignement, dont le professeur pourrait tirer en outre des leçons d'une haute portée philosophique. Mais, pour enseigner ainsi l'histoire de la

science, il faut la bien connaître et ne pas se contenter de quelques notions plus ou moins vagues. La lecture des œuvres des fondateurs de la Mécanique n'est pas facile, et ne peut être abordée avec profit par tous. Il existe fort heureusement un livre où la sûreté de la critique s'unit à une connaissance approfondie du sujet, je veux parler du Livre, depuis longtemps classique en Allemagne, de M. Mach, sur l'histoire de la Mécanique. M. Emile Bertrand a bien voulu traduire l'important ouvrage du savant professeur de l'Université de Vienne ; cette traduction sera certainement accueillie en France avec reconnaissance.

Au point de vue où je me plaçais tout à l'heure, le deuxième chapitre relatif au développement des principes de la Mécanique est à signaler tout particulièrement. Galilée, Huyghens et Newton sont les trois fondateurs de la science du mouvement. Galilée fonde la mécanique du mouvement d'un point matériel dans un champ constant ; il ne s'occupe d'ailleurs que d'un seul point, et ne fait pas de distinction, entre la masse et le poids. M. Mach nous montre comment Galilée arrive très incidemment à la loi de l'inertie, et de quelle manière il est amené à cette notion fondamentale que les circonstances déterminantes du mouvement produisent des accélérations. Avec Huyghens nous passons aux forces variables et à la dynamique des systèmes matériels. Ce n'est pas que la notion de masse présente encore pour lui une bien grande précision, mais il n'en traite pas moins un problème, alors extrêmement difficile, dont la solution constitue son œuvre capitale, le problème du pendule composé, faisant usage en réalité pour la première fois du théorème des forces vives. Newton constitue définitivement la dynamique. Quoiqu'il regarde d'une manière peu heureuse la masse comme étant la

quantité de matière, Newton sent le premier avec netteté qu'il y a dans chaque point matériel une constante caractéristique du mouvement différente de son poids : c'est la masse. La discussion de cette notion capitale tient une grande place dans la remarquable critique faite par M. Mach des idées de Newton ; le mode d'exposition qu'il propose et qui lui offre l'avantage de rendre inutile l'énoncé du principe de l'égalité de l'action et de la réaction, se déroule d'une manière très cohérente et peut très bien être adopté. J'avoue toutefois, pour un premier enseignement, préférer un autre mode d'exposition qui se rapproche davantage de l'ordre historique et correspond à un stade moins avancé du développement de la science, en utilisant les expériences faites en divers lieux sur différents pendules et l'identité expérimentale entre les mesures statique et dynamique de la force.

Toute cette histoire critique du développement de la dynamique est traitée de main de maître. De nombreuses citations nous font entrer dans la pensée des inventeurs, et des appareils de démonstration expérimentale décrits et figurés dans le texte laisseront au lecteur l'impression que, à ses débuts au moins, la mécanique est une science physique. Après cette période d'induction, qui est l'âge héroïque de la dynamique, vient une période déductive où on s'efforce de donner aux principes une forme définitive. Le développement mathématique et formel joue alors le rôle essentiel. C'est ici que les mathématiques sont indispensables ; elles permettent de réaliser cette moindre dépense intellectuelle qui donne à la science, d'après M. Mach, un caractère *économique*. On pourrait ajouter que, sans le langage analytique, les principes mêmes ne peuvent recevoir leur plus grande extension.

Quoique le but de l'ouvrage soit surtout d'étudier, dans son développement, la partie purement physique de la science mécanique, il n'était pas possible à l'auteur de laisser entièrement de côté le développement formel de la mécanique ; en particulier, les questions de maximum et de minimum, dont le principe de la moindre action est l'exemple le plus célèbre, conduisent à des remarques historiques du plus haut intérêt, et donnent l'occasion de discuter l'influence des conceptions théologiques dans l'histoire des notions qui sont à la base de la science actuelle.

On sait quelle importance on tend aujourd'hui à donner au point de vue formel dans l'exposé des principes généraux de la science. On ne garde en quelque sorte de l'ancienne mécanique que le moule des équations auxquelles elle a conduit, par exemple la forme des équations de Lagrange, en les complétant, s'il est nécessaire, par l'introduction de nouveaux termes, comme ceux dus à la viscosité, au frottement ou à l'hystérésis ; on a les équations différentielles permettant de prédire les phénomènes, et c'est en cela que consiste, pour certains, une explication mécanique. Nous sommes loin là de ce qu'une intuition vague appelait jadis une explication mécanique ; aussi en est-il d'autres qui préfèrent ne pas tant s'éloigner des anciens points de vue, et appellent à leur secours des masses cachées et des mouvements cachés, ou cherchent à construire des modèles parlant aux yeux. Dès la première édition, déjà ancienne, de son ouvrage, M. Mach se rangeait parmi ceux qui se contentent de la description des phénomènes par des équations différentielles, comme devait dire Hertz quelques années plus tard ; c'est ce dont témoigne le dernier chapitre de son livre sur les rapports

de la Mécanique avec d'autres sciences, où l'opinion qu'il faut chercher une explication mécanique de tous les phénomènes physiques est traitée de préjugé. Il semble bien que, pour le moment au moins, ce point de vue tend à prédominer chez les physiciens; cependant les représentations moléculaires et atomiques et les vieilles notions, quelque peu anthropomorphiques, des anciens mécaniciens n'ont sans doute pas encore épuisé leur fécondité. Il ne faut pas oublier que ce sont elles qui ont conduit aux moules analytiques, qui nous sont aujourd'hui familiers, et peut-être conduiront-elles quelque jour à y faire des retouches. Il sera donc toujours indispensable de connaître leur histoire. Aussi remercions-nous M. Hermann, toujours soucieux des intérêts de la science et de l'enseignement français, d'avoir édité la traduction de M. Emile Bertrand, qui rendra grand service à nos professeurs et à nos étudiants.

EMILE PICARD.

Le 13 septembre 1903.

# TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION . . . . .	V
PRÉFACE . . . . .	I

## CHAPITRE PREMIER

### DÉVELOPPEMENT DES PRINCIPES DE LA STATIQUE

I. — Le principe du levier . . . . .	15
II. — Le principe du plan incliné. . . . .	30
III. — Le principe de la composition des forces . . . . .	40
IV. — Le principe des déplacements virtuels . . . . .	53
V. — Vue d'ensemble du développement de la statique . . . . .	76
VI. — Les principes de la statique dans leur application aux liquides . . . . .	83
VII. — Les principes de la statique dans leur application aux gaz . . . . .	102

## CHAPITRE II

### DÉVELOPPEMENT DES PRINCIPES DE LA DYNAMIQUE

I. — Travaux de Galilée . . . . .	119
II. — Travaux de Huyghens . . . . .	147
III. — Travaux de Newton . . . . .	180
IV. — Discussion du principe de l'égalité de l'action et de la réaction . . . . .	196
V. — Critique du principe de l'égalité de l'action et de la réaction et du concept de masse . . . . .	210
VI. — Les idées de Newton sur le temps, l'espace et le mouvement. . . . .	216
VII. — Critique synoptique des énoncés de Newton . . . . .	235
VIII. — Aperçu rétrospectif du développement de la dynamique . . . . .	241
IX. — La mécanique de Hertz . . . . .	250

## CHAPITRE III

## EXTENSION DES PRINCIPES ET DÉVELOPPEMENT DÉDUCTIF DE LA MÉCANIQUE

	Pages
I. — Portée des principes de Newton . . . . .	259
II. — Les formules et les unités de la mécanique . . . . .	269
III. — Théorème de la conservation de la quantité de mouvement, du mouvement du centre de gravité et de la conservation des aires. . . . .	280
IV. — Les lois du choc . . . . .	296
V. — Le théorème de d'Alembert. . . . .	316
VI. — Le théorème des forces vives . . . . .	327
VII. — Le théorème de la moindre contrainte. . . . .	334
VIII. — Le principe de la moindre action . . . . .	346
IX. — Le théorème de Hamilton . . . . .	362
X. — Application des théorèmes de la mécanique à la solution de quelques problèmes d'hydrostatique et d'hydrodynamique . .	365

## CHAPITRE IV

## DÉVELOPPEMENT FORMEL DE LA MÉCANIQUE

I. — Les problèmes d'isopérimètres. . . . .	397
II. — Conceptions théologiques, animiques et mystiques dans la mécanique . . . . .	419
III. — La mécanique analytique . . . . .	435
IV. — La science comme économie de la pensée. . . . .	449

## CHAPITRE V

## RAPPORTS DE LA MÉCANIQUE AVEC D'AUTRES SCIENCES

I. — Rapports de la mécanique avec la physique. . . . .	465
II. — Rapports de la mécanique avec la physiologie. . . . .	476
NOTE. — EXAMEN DE QUELQUES OBJECTIONS . . . . .	479
EXTRAITS DES ÉCRITS DE GALILÉE . . . . .	493
INDICATIONS CHRONOLOGIQUES. . . . .	495