

AVANT-PROPOS

L'agrégation de sciences physiques est un concours qu'il est difficile de bien préparer, car il faut dans le même temps acquérir une masse imposante de connaissances et prendre du recul vis-à-vis de celle-ci.

Il est d'abord indispensable, pour aborder sereinement les épreuves, de revoir et d'approfondir les programmes des deux premiers cycles universitaires. Sans ce socle solide, on ne peut guère espérer réussir l'agrégation. Ces révisions représentent beaucoup de travail, de sorte qu'il est tentant de s'y limiter ; mais ce serait oublier l'essentiel : les connaissances brutes ne suffisent pas.

Ce que recherche le jury, ce n'est certainement pas la capacité à régurgiter des pages de manuel apprises par cœur – ou plutôt, il tient pour acquis que tous les candidats sérieux en seraient capables si on le leur demandait. Le jury cherche à évaluer la maturité scientifique des futurs enseignants, ce qui signifie posséder une vue d'ensemble du programme, savoir critiquer ses idées et résultats, et être autonome, c'est-à-dire faire preuve d'initiative.

Aucun ouvrage spécifique à l'agrégation ne peut vous présenter l'ensemble des connaissances à maîtriser. Vous devez pour cela vous reporter à vos cours et, surtout, aux ouvrages de référence. On ne peut pas davantage vous enseigner directement la maturité scientifique que vous devez acquérir ; en revanche, nous pouvons vous aider efficacement à faire son apprentissage : tel est l'objectif de ce livre.

Les vingt-trois thèmes d'étude que nous vous proposons dans ce recueil doivent beaucoup à la « prépa agreg » de l'École normale supérieure de Lyon, où nous avons étudié, puis enseigné. Ils ont notamment profité des suggestions et critiques de nos étudiants lorsqu'ils étaient confrontés à un devoir écrit ou à une leçon, d'oral ou de montage.

Le principe directeur de chaque problème est de reproduire la démarche scientifique. Ainsi, un phénomène naturel (marées, circulation des vents, mirages, etc.) peut être d'abord observé puis modélisé, ce qui permet de distinguer les paramètres physiques pertinents, par exemple à l'aide d'une analyse dimensionnelle ; on formule alors a priori des hypothèses, qui devront permettre de rendre compte des comportements essentiels (qualitatifs et quantitatifs) du système ; enfin, on vérifie a posteriori la validité des hypothèses. Une démarche analogue peut être appliquée à des objectifs technologiques (vase Dewar, fibres optiques, piège optique, etc.). Enfin, à l'occasion de plusieurs problèmes vous devrez porter un regard critique sur les notions qui sont en apparence les plus élémentaires – mais qui révéleront des idées fondamentales.

Les thèmes que nous abordons sont empruntés à la mécanique au sens large, la thermodynamique, l'optique, la physique ondulatoire et la physique non linéaire. Nous ne couvrons pas toute l'étendue des « planches » possibles : d'une part il faudrait y consacrer plus de pages que vous n'aurez le temps d'en étudier en un an, d'autre part ce serait tout à fait inutile, car le recul s'acquiert par une réflexion personnelle (même si elle est guidée) et non par la répétition ou la reproduction d'un corrigé déjà vu.

Enfin, nous vous suggérons de ne pas considérer cet ouvrage comme une somme fermée de problèmes mais comme une invitation à découvrir par vous-même une littérature riche et éclairante. Nous avons en effet pris soin d'indiquer, pour chaque problème, quelles sources ou références bibliographiques nous ont servi à concevoir les divers aspects du sujet. Afin que vous puissiez à votre tour vous reporter à ces textes fondateurs, nous nous sommes limités à des ouvrages et revues aisément accessibles en bibliothèque ou en librairie.

Vous avez désormais tous les atouts en main pour préparer avec confiance le concours de l'agrégation. Bon courage, et bonne réussite !

Les auteurs

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Évaluation des problèmes	5
Tables des leçons et montages	7

Mécanique du point et des solides

Thème n°1	Caractère non galiléen du référentiel terrestre	17
	I. Dynamique dans le référentiel terrestre	
	II. Ordres de grandeur	
Thème n°2	Déviations vers l'est vue dans le référentiel géocentrique	28
Thème n°3	Les marées océaniques	36
	I. Théorie statique de Newton – Description et limites	
	II. Vers une théorie dynamique des marées	
Thème n°4	Le frottement et les 4×4	54
Thème n°5	Vélo et effets gyroscopiques	60
	I. Aspect intuitif	
	II. Effet réel sur un vélo	

Mécanique des fluides

Thème n°6	Écoulement de Poiseuille et eau minérale	69
Thème n°7	Effet de sol	77
Thème n°8	Expérience de Stokes	82
	I. Diffusion de particules	
	II. Diffusion de quantité de mouvement	
Thème n°9	Les vents géostrophiques	90
	I. Équation de Navier-Stokes	
	II. L'approximation géostrophique	
	III. Cyclones et anticyclones	
	IV. Déstabilisation de l'écoulement en cyclones	

Thermodynamique

Thème n°10	Diffusion thermique chez les gros dinosaures	109
Thème n°11	Le vase Dewar	117
	I. Diffusion thermique dans les gaz	
	II. Pertes par diffusion thermique	
	III. Pertes par rayonnement	
Thème n°12	Refroidissement par désaimantation	127
	I. Modèle microscopique	
	II. Refroidissement	

Thème n°13	Transferts d'énergie dans les fluides	135
	I. Bilans d'entropie dans un fluide	
	II. Transferts thermiques dans les fluides	
	III. Application : l'anémomètre à fil chaud	
Thème n°14	Thermodynamique du contact entre deux solides	150

Optique

Thème n°15	Analogies entre optique géométrique et mécanique du point .	157
Thème n°16	Les mirages	165
	I. Étude qualitative	
	II. Mirages inférieurs. Convection de l'atmosphère	
	III. Mirages latéraux	
Thème n°17	Marche d'un rayon dans une fibre à gradient d'indice	181
Thème n°18	Un piège optique	187

Ondes et physique non linéaire

Thème n°19	Propagation des vibrations dans une chaîne d'oscillateurs . .	193
Thème n°20	La couche anti-reflet	201
	I. Coefficients de Fresnel	
	II. Traitement anti-reflet	
Thème n°21	Effets de la dispersion sur un paquet d'ondes	213
	I. Paquet d'ondes dans un milieu non dispersif	
	II. Introduction au concept de dispersion	
	III. Milieux faiblement dispersifs – Déformation	
	IV. Lien dispersion/dissipation	
Thème n°22	Propagation des solitons dans les fibres	235
	I. Approche qualitative des effets non linéaires	
	II. Instabilité modulationnelle de Benjamin-Feir	
	III. Enveloppe du soliton – Analogies mécaniques	
Thème n°23	Oscillateur de Van der Pol	245
	I. Montage à résistance négative	
	II. Diagramme de bifurcation	
	III. Déformation du cycle, oscillations de relaxation	
	IV. Régime fortement non linéaire	

Bibliographie	263
Index	268