

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 agrég » 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 |