

SUPER MANUEL

de

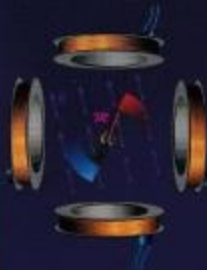
PHYSIQUE

TOUT-EN-UN

MPSI

PCSI

PTSI



- Un cours enrichi de méthodes et d'exercices
- Une pédagogie innovante et accessible
- Plus de 1500 illustrations 3D en couleurs

Jérôme Majou • Stéphane Komilikis

 **Éditions Belin**
L'ÉDITEUR DES PRÉPARAS

Le Supermanuel de Physique est conforme aux programmes des classes préparatoires MPSI, PCSI et PTSI entrés en vigueur en septembre 2013 et se destine en premier lieu aux étudiants de ces filières. Il poursuit naturellement le double objectif d'assurer la réussite au long cours dans ces classes et de préparer efficacement aux concours qui en constituent l'aboutissement.

Comment aborder ce manuel ?

La chronologie du manuel est celle du programme officiel, dont les intitulés sont repris par la plupart des titres de chapitres. Afin d'aider le lecteur à se repérer dans un ouvrage imposant, nous avons choisi de découper la première partie du programme en trois sous-domaines (signaux physiques, optique et électricité). Sur le fond, les onze chapitres concernés ont été conçus comme un ensemble cohérent, et on ne s'étonnera pas de trouver, dans la partie électricité, des exemples relevant d'autres domaines traditionnels de la physique, comme la mécanique ou la thermodynamique.

Bien que très fortement corrélées, les six parties de l'ouvrage ont été rédigées de façon à pouvoir être abordées séparément, l'ordre d'exposition en classe variant d'un enseignant à un autre. Dans cette optique, certaines notions sont introduites à plusieurs reprises, toujours sous des formes différentes. La notion de champ (d'abord scalaire, puis vectoriel) est ainsi présentée une première fois dans la partie signal, puis reprise dans les parties mécanique, thermodynamique et enfin magnétisme et induction. Il en va de même pour le calcul différentiel, qui est l'autre fil conducteur de cette première année. Nous espérons proposer ainsi l'expérience de lecture la plus fluide possible, mais cela peut conduire le lecteur à sauter un paragraphe lorsqu'il estime en maîtriser le contenu.

Où se trouve la pratique expérimentale, numérique et documentaire ?

Les nouveaux programmes mettent l'accent sur les approches expérimentales, numériques et documentaires. Un manuel ne se substituant pas, dans ces domaines, au travail effectué en classe, nous avons fait le choix d'intégrer ces approches au corpus du texte : la description des dispositifs ou des protocoles expérimentaux, l'exploitation de résultats obtenus par simulation numérique et les éléments à retenir à l'issue des études de documents font ainsi l'objet de parties ou de sous-parties intégrées à la progression du manuel et repérées par une signalétique spécifique.

Comment se structure chaque chapitre ?

Chaque chapitre comporte une page d'introduction, un cours contenant des exercices, un essentiel sur une double page puis de nouveaux exercices d'application. Tous les exercices font l'objet de corrigés détaillés.

Nous vous souhaitons une bonne découverte de cet ouvrage et une bonne première année.

Les auteurs

Partie A

Signaux physiques



1. Calcul différentiel

7

Plan - Le cours

- 1. Système physique unidimensionnel 8
- 2. Dérivation et intégration d'une fonction 13
- 3. La fonction exponentielle 20
- 4. Equations différentielles 23
- L'essentiel 36
- Les applications 38



2. Oscillateur harmonique non amorti

45

Plan - Le cours

- 1. Rôle de l'oscillateur harmonique en physique 46
- 2. Étude analytique de l'O.H.N.A. 51
- 3. Bilan énergétique de l'O.H.N.A. 56
- 4. Propriétés de l'O.H.N.A. 59
- 5. Trajectoire de phase de l'O.H.N.A. 61
- L'essentiel 62
- Les applications 64



3. Propagation d'un signal

75

Plan - Le cours

- 1. Le phénomène ondulatoire 76
- 2. Description d'un phénomène propagatif unidimensionnel 80
- 3. Transmission d'un signal par une onde 88
- 4. Superposition de signaux sinusoïdaux 90
- 5. Interférence de deux ondes sinusoïdales de même fréquence 94
- 6. Ondes stationnaires mécaniques 103
- 7. Diffraction à l'infini 110
- L'essentiel 112
- Les applications 114



4. Introduction au monde quantique

123

Plan - Le cours

- 1. La dualité onde corpuscule de la lumière 124
- 2. La dualité onde corpuscule de la matière 136
- L'essentiel 151

Partie B

Optique



5. Fondements de l'optique géométrique

161

Plan - Le cours

- 1. Lumière et sources lumineuses 162
- 2. Modèle géométrique de la lumière 169
- 3. Formation d'image 178
- 4. Miroirs et dioptries plans 188
- 5. Lentilles minces 190
- L'essentiel 196
- Les applications 198



6. Applications de l'optique géométrique	211
Plan - Le cours	
1. Œil et appareil photographique	212
2. Lunette de visée et collimateur	217
3. Technique de base au laboratoire d'optique	222
4. Mesures de longueur d'onde par goniométrie	227
L'essentiel	234
Les applications	236

Partie C

Electrocinétique



7. Circuit électrique dans l'A.R.Q.S	247
Plan - Le cours	
1. Phénomènes électriques	248
2. Grandeurs de l'électrocinétique	254
3. Validité de l'électrocinétique	259
4. Circuit électrique	263
5. Dipôles électriques	270
6. Dipôles linéaires idéaux	273
7. Modélisation des dipôles réels	278
8. Méthodes d'étude des circuits dans l'A.R.Q.S.	282
L'essentiel	290
Les applications	292



8. Systèmes linéaires du premier ordre	305
Plan - Le cours	
1. Modèle différentiel linéaire du premier ordre	306
2. Étude du système linéaire du premier ordre soumis à un échelon	308
3. Exemple du circuit RC	314
L'essentiel	320
Les applications	322



9. Oscillateur harmonique amorti	329
Plan - Le cours	
1. Analogie entre oscillateurs mécaniques et électriques	330
2. Étude expérimentale du régime libre de l'oscillateur amorti	335
3. Étude analytique du régime libre de l'oscillateur amorti	339
4. Étude du régime sinusoïdal forcé de l'oscillateur amorti	345
5. Circuit électrique en régime sinusoïdal	354
L'essentiel	358
Les applications	360



10. Filtrage linéaire	375
Plan - Le cours	
1. Principe du filtrage harmonique	376
2. Traitement du signal par une chaîne de quadripôles linéaires	382
3. Diagramme de Bode d'un quadripôle linéaire	390
4. Action d'un filtre sur un signal périodique	395
L'essentiel	400
Les applications	402



11. Instrumentation électrique au laboratoire

413

Plan - Le cours

1. Générateur basses fréquences
2. Alimentation stabilisée
3. Multimètre numérique
4. Oscilloscope numérique

414
417
418
421

L'essentiel

426

Les applications

428

Partie D

Mécanique



12. Cinématique du point et du solide

441

Plan - Le cours

1. Repérage dans l'espace d'un point fixe
2. Description du mouvement d'un point
3. Éléments cinématiques dans les différents systèmes de repérage
4. Étude de mouvements simples
5. Description du mouvement d'un solide

442
451
458
468

L'essentiel

472

Les applications

474
476



13. Loi de la quantité de mouvement

487

Plan - Le cours

1. Fondements de la dynamique classique
2. Interactions fondamentales
3. Poids dans le champ de pesanteur uniforme
4. Force de rappel élastique
5. Force de frottement fluide
6. Forces de contact avec un support
7. Forces exercées par des fils et des poulies
8. Mise en œuvre de la loi de la quantité de mouvement

488
502
507
510
512

L'essentiel

518
527

Les applications

529
532
534



14. Approche énergétique du mouvement d'un point

541

Plan - Le cours

1. Différentes formes d'énergie
2. De l'étude dynamique au bilan énergétique
3. Aspect énergétique des forces usuelles
4. Utilisation de l'énergie dans les problèmes unidimensionnels
5. Approximation harmonique

548
552
556
565
574

L'essentiel

578

Les applications

500



15. Mouvement de particules chargées dans des champs stationnaires et uniformes

593

Plan - Le cours

1. Effet des champs statiques sur les particules chargées
2. Étude du champ électrostatique uniforme
3. Mouvements dans un champ électrostatique uniforme
4. Mouvements dans un champ magnétostatique uniforme

594
598
601
606

L'essentiel

610

Les applications

612



16. Loi du moment cinétique

Plan - Le cours

1. Moment cinétique
2. Moment d'une force
3. Théorème du moment cinétique
4. Applications du théorème du moment cinétique

L'essentiel
Les applications

623

624

633

641

643

652

654



17. Bilan énergétique des systèmes étendus

Plan - Le cours

1. Bilan énergétique pour un solide
2. Bilan énergétique pour un système étendu

L'essentiel
Les applications

661

662

668

672

674



18. Mouvements dans un champ de force centrale

Plan - Le cours

1. Champ de force centrale
2. Conservation du moment cinétique
3. Conservation de l'énergie mécanique
4. Mouvements dans un champ gravitationnel

L'essentiel
Les applications

685

686

691

693

698

702

704

Partie E

Thermodynamique



19. Descriptions microscopique et macroscopique du système thermodynamique

Plan - Le cours

1. Limites de la mécanique appliquée aux systèmes macroscopiques
2. L'énergie interne
3. La température et l'équilibre thermique
4. Les états de la matière
5. La pression et l'équilibre mécanique
6. Vers le modèle macroscopique du gaz parfait

L'essentiel
Les applications

715

716

719

725

734

738

743

746

748



20. Transformations du système thermodynamiques

Plan - Le cours

1. Le système thermoélastique
2. Variables descriptives du système
3. Équilibre du système
4. Modèles macroscopiques des systèmes thermoélastiques usuels
5. Transformations du système

L'essentiel
Les applications

759

760

763

769

772

785

796

798



21. Premier principe de la thermodynamique

807

Plan - Le cours

1. Bilan énergétique en thermodynamique 808
 2. Transformations quasi-statiques usuelles du gaz parfait 814
 3. Transformations brutales du gaz parfait 820
 4. Propriétés des échanges énergétiques lors d'une transformation 822
 5. L'enthalpie 825
 6. Mesure de capacités calorifiques et d'enthalpies de changement d'état 833
- L'essentiel 836
Les applications 838



22. Deuxième principe de la thermodynamique

855

Plan - Le cours

1. Intérêt du deuxième principe 856
2. Introduction au deuxième principe 860
3. Mise en œuvre du deuxième principe 866
4. Expressions de l'entropie des systèmes usuels 872
5. Interprétation de l'entropie 877

L'essentiel

Les applications

884

886



23. Machines thermiques

895

Plan - Le cours

1. Principe de fonctionnement des machines thermiques 896
2. Étude formelle des machines thermiques 901
3. Réalisation pratique des machines thermiques 909
4. Étude d'un réfrigérateur à évaporation 914
5. Étude d'un moteur à essence 919

L'essentiel

Les applications

924

926



24. Statique des fluides

939

Plan - Le cours

1. Champ de pression d'un fluide en équilibre 940
2. Facteur de Boltzmann 946
3. Résultante des forces de pression sur une surface immergée 950
4. Théorème d'Archimède 954
5. Équation locale de la statique des fluides 960

L'essentiel

Les applications

966

968

Partie F

Magnétisme et induction



25. Champ magnétique

977

Plan - Le cours

1. Approche descriptive du magnétisme 978
2. Introduction au champ magnétique 984
3. Propriétés du champ magnétique 992

L'essentiel

Les applications

1015

1018



26. Actions magnétiques subies par un circuit ou un aimant

1025

Plan - Le cours

1. Actions de Laplace sur un circuit filiforme

1026

2. Étude de deux circuits de référence

1036

3. Action d'un champ uniforme sur un aimant ou une boucle de courant

1044

L'essentiel

1052

Les applications

1054



27. Induction au sein d'un circuit fixe dans un champ magnétique variable

1065

Plan - Le cours

1. Flux d'un champ magnétique

1066

2. Approche expérimentale du phénomène d'induction

1073

3. Induction par un aimant mobile. Loi de Faraday

1080

4. Auto-induction

1086

5. Induction dans un ensemble de deux circuits couplés

1102

6. Applications de l'induction dans la vie courante

1114

L'essentiel

1120

Les applications

1124