

Sous la direction de Thibaud Etienne



Licence de Sciences

Maths pour les sciences • Physique • Chimie
Géosciences • Sciences de la vie

DUNOD

© Dunod, 2020

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-081109-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Les selfies des auteurs	VII
Préambule	X
Remerciements	1

PARTIE

1

MÉTHODOLOGIE SCIENTIFIQUE

CHAPITRE	INTRODUCTION À L'ANALYSE DIMENSIONNELLE	4
1	1 Grandeurs physiques, dimensions et unités	4
	2 Les préfixes d'unités et les ordres de grandeur	7
	3 Homogénéité des expressions en sciences	8
	4 Quelques constantes	9
CHAPITRE	LA RÉOLUTION D'UN EXERCICE	10
2	1 Lecture attentive de l'énoncé	10
	2 Résolution du problème	10
	3 Répondre à la question posée	11
	4 Mise en situation	12
CHAPITRE	LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE	15
3	1 La méthode scientifique	15
	2 Le sens de l'esprit critique	16
CHAPITRE	SAVOIR COMMUNIQUER	19
4	1 Rigueur du langage, précision du vocabulaire	19
	2 Expression rigoureuse d'une grandeur numérique	20
	3 Les schémas, les graphes, les tableaux	21

PARTIE

2

MATHÉMATIQUES POUR LES SCIENCES

CHAPITRE	ÉLÉMENTS D'ALGÈBRE	24
5	1 Les nombres	24
	2 Les symboles	25
	3 Vers un langage formel	27
	4 Intervalles et ensembles	27
	5 Les opérations	28
	6 Racine carrée et puissance d'un nombre	33
	7 Les produits remarquables	34
	8 Les (in)équations	35

GÉOMÉTRIE ET CALCUL VECTORIEL	40
1 Les angles géométriques	40
2 Propriétés de formes géométriques élémentaires	41
3 Introduction au calcul vectoriel	47
4 Orientation du plan, cercle trigonométrique et angles orientés	52
5 Retour au calcul vectoriel : le produit scalaire	57

ANALYSE	59
1 Les suites numériques	59
2 Variations et convergence d'une suite	60
3 Fonction réelle d'une variable réelle	62
4 Calcul différentiel	71
5 Calcul intégral	78
6 Fonctions usuelles	82

PHYSIQUE

LA MÉCANIQUE DU POINT MATÉRIEL	96
1 La cinématique du point	96
2 La dynamique du point matériel	100
3 Puissance, travail et énergie en référentiel galiléen	111

LES ONDES	121
1 Les ondes mécaniques	122
2 Les ondes électromagnétiques	122
3 Les ondes progressives	123
4 Les ondes progressives sinusoïdales	124

L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE	129
1 De l'optique ondulatoire à l'optique géométrique	129
2 Propagation de la lumière	133
3 Instruments d'optique	140
4 Les lentilles minces	145
5 Application des lentilles minces	149

CHIMIE

L'ALPHABET DU CHIMISTE	154
1 Qu'est-ce qu'un élément chimique ?	154
2 Classer pour prévoir	156
3 De quoi est fait un atome ?	158
4 Prévoir les propriétés des éléments	165

LES COMPOSÉS CHIMIQUES

1	Les différents types de liaisons chimique	168
2	Écrire des formules chimiques	173
3	Nommer les composés	176

LES TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE

1	Modélisation par une équation chimique	181
2	Quelques grandes catégories de transformations	184

LES ASPECTS QUANTITATIFS

1	Quelques grandeurs importantes en chimie et leurs unités	189
2	Calculs basés sur la réaction chimique	195
3	Application au cas d'un titrage	201

GÉOSCIENCES**PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET SPÉCIFICITÉS**

1	Une science de l'observation	206
2	Durée et dimension des processus	209
3	Attention au vocabulaire	213

OUTILS MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES ET CHIMIQUES

1	Outils mathématiques pour les géosciences	215
2	La géophysique	219
3	La géochimie	223

DYNAMIQUE DE LA PLANÈTE TERRE

1	La planète Terre	231
2	La dynamique du globe	242

SCIENCES DE LA VIE**ANATOMIE HUMAINE**

1	Présentation générale	254
2	Quelques définitions et ordres de grandeur	255
3	Les systèmes du corps humain	256
4	Un système particulier : le système immunitaire	257

ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA CELLULE

1	Organisation des cellules procaryotes	260
2	Organisation des cellules eucaryotes	261
3	Les caractères distinctifs entre cellules procaryote et eucaryote	262

CHAPITRE	L'INFORMATION GÉNÉTIQUE ET SON EXPRESSION	266
20	1 Acides nucléiques : ADN et ARN	266
	2 Les protéines	268
CHAPITRE	LES DIFFÉRENTS PROCESSUS DE DIVISION CELLULAIRE	273
21	1 La mitose	273
	2 La méiose	275
CHAPITRE	LA DIVERSITÉ DU VIVANT	277
22	1 La diversité génétique intra-spécifique	277
	2 Facteurs et mécanismes influençant la biodiversité	278
	3 Diversité du vivant et évolution de la biodiversité	282
CHAPITRE	GRANDEURS ET CONVERSIONS UTILISÉES EN BIOLOGIE	285
23	1 Focus sur le dalton	285
	2 Préparation d'une solution	285
CHAPITRE	RÉSoudre UNE PROBLÉMATIQUE EN BIOLOGIE	288
24	1 Tracé d'un graphe	288
	2 Analyse de documents issus d'expériences en biologie	289
	Index	293
	Crédits iconographiques	299

Les selfies des auteurs

Thibaud Etienne



Je suis maître de conférences en chimie théorique à l'université de Montpellier, où j'enseigne principalement le calcul en première année de Licence, la mécanique et la chimie quantiques en Licence et en Master. Mes recherches portent sur la construction et l'utilisation de modèles mathématiques permettant de décrire et prédire ce qui se produit lorsque des molécules interagissent avec la lumière.

Jean-Luc Aymeric



Titulaire d'un doctorat de microbiologie de l'université d'Aix-Marseille I, je suis enseignant-chercheur à l'université de Montpellier. J'enseigne la microbiologie et l'immunologie, notamment sur les thématiques d'interactions hôtes-microorganismes. Depuis plus de dix ans, je suis responsable de la Licence des Sciences de la Vie et j'ai également assuré la responsabilité d'un Master de Biotechnologie, puis d'un Master de microbiologie. J'interviens également dans les préparations aux différents concours de l'enseignement (agrégation, CAPES et CAPET). Au sein de l'UMR, je m'intéresse à l'échappement immunitaire des bactéries entéropathogènes qui vivent en symbiose avec des nématodes.

Rodolphe Cattin



Je suis professeur à l'université de Montpellier, où j'enseigne en Licence et en Master la géodynamique, la géophysique et les risques naturels. Mes recherches portent sur la dynamique actuelle des chaînes de montagnes, notamment sur le rôle des phénomènes extrêmes comme les séismes et les crues éclair en Himalaya. J'ai commencé ma carrière à l'École Normale Supérieure de Paris, où j'ai pendant plusieurs années assumé la responsabilité de directeur des études du magistère interuniversitaire des sciences de la Terre. Depuis dix ans, j'anime en première année de Licence des cours interactifs permettant de faire découvrir aux étudiants les grands enjeux sociétaux que doivent relever les géosciences. L'idée est de faciliter la transition lycée-université en étant en prise directe avec les recherches actuellement menées pour comprendre le dérèglement climatique, répondre aux besoins énergétiques et minéraux, mieux gérer les ressources en eau et favoriser un aménagement réfléchi du territoire prenant en compte les risques naturels.

Anne-Laure Dalverny



Je suis professeure agrégée à l'université de Montpellier et docteure en chimie théorique. Formée à l'École Normale Supérieure de Cachan, j'enseigne aujourd'hui la chimie en Licence et en Master à la Faculté des Sciences de Montpellier. Responsable du Master MEEF Physique-chimie, je prépare les étudiants aux concours de l'enseignement. Depuis plusieurs années, je suis également impliquée dans des enseignements de médiation à destination des étudiants en première année de Licence.

Jérôme Dornnac



Je suis enseignant-chercheur en physique théorique dans l'équipe « Systèmes Complexes et Physique Non linéaire » du laboratoire Charles Coulomb de l'université de Montpellier. Je travaille sur des thèmes de recherche assez variés comme les excitations non linéaires classiques et quantiques, la dynamique des nano-leviers ou encore des problèmes à l'interface entre physique et biologie. Depuis un peu plus de dix ans, je consacre une part importante de mes activités à l'enseignement de la physique et du calcul en Licence 1. J'ai notamment créé et mis en place une UE de calcul destinée aux étudiants de première année de l'université de Montpellier. J'interviens également comme responsable de la physique dans le « parcours d'adaptation » qui propose une remise à flot scientifique en Licence 1 et je participe régulièrement à des dispositifs de soutien ou de transition lycée-université. Enfin, je m'intéresse aussi beaucoup à la psychophysique de la couleur que j'enseigne en Licences 2 et 3.

Laila Gannoun



Je suis maître de conférences à l'université de Montpellier, docteure en biochimie et habilitée à diriger les recherches en biochimie/biologie moléculaire. Diplômée de l'université Paris 7 (Paris Diderot), j'ai effectué ma thèse de doctorat en sciences biologiques et biochimiques à l'université Paris-Est Créteil. Au sein de la faculté des sciences de Montpellier, j'enseigne essentiellement la biochimie en Licence, et j'interviens aussi en biologie moléculaire et en microbiologie en Master. Je suis également responsable de la licence Sciences de la Vie à l'université de Montpellier. J'effectue mes travaux de recherche au sein du laboratoire CNRS-UMR 5235, dans lequel je suis responsable d'un axe de recherche sur l'étude des interactions hôtes-bactéries pathogènes et sur la recherche de nouvelles stratégies anti-infectieuses.

Frédéric Lemoigno



Après une thèse en chimie théorique à l'Institut des Matériaux Jean Rouxel de Nantes, je suis devenu maître de conférences à l'université de Montpellier. J'y enseigne la chimie physique et la chimie théorique. Je suis également responsable de la remédiation à la faculté des sciences depuis plusieurs années où j'enseigne la chimie aux étudiants « oui, si » engagés dans le parcours adapté.

Fleurice Parat



Je suis enseignante-chercheuse en Pétrologie-Géochimie à l'université de Montpellier. Mes recherches portent sur la genèse des magmas et plus spécifiquement sur le rôle des fluides profonds. Mes principaux chantiers d'étude sont le rift Est-Africain, le Hoggar algérien, le Haut Atlas marocain et l'Islande. Responsable de l'équipe « Manteau et Interfaces » à Géosciences Montpellier, j'anime les recherches sur les interactions magmas-roches et fluides-roches en couplant pétrophysique et pétro-géochimie. J'enseigne la pétrologie magmatique, la minéralogie, la géochimie et les ressources minérales en Licence et en Master « Sciences de la Terre et de l'Environnement » et « Biologie-Ecologie ». Corresponsable de la préparation à l'Agrégation SV-STU, je prépare également les étudiants aux concours de l'enseignement.

Nicolas Saby



Après avoir soutenu ma thèse en mathématiques à l'université Joseph Fourier de Grenoble, je suis devenu maître de conférences à la faculté des sciences de Montpellier où j'ai pris la direction du département de mathématiques de 2003 à 2006. Actuellement directeur du département d'enseignement scientifique et de recherche sur l'enseignement (DESCiRE) de Montpellier et ancien directeur de l'IREM (institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques) à Montpellier également, la pédagogie des mathématiques est une question centrale dans mon activité professionnelle.

Coralie Weigel



Je suis enseignante-chercheuse en physique à la Faculté des Sciences de l'université de Montpellier. J'ai obtenu mon doctorat en sciences des matériaux à Sorbonne Université (Paris). Mes recherches portent sur la physique des verres, en particulier les propriétés mécaniques et structurales des verres d'oxydes. Je suis fortement impliquée dans les enseignements de L1 depuis plus de 10 ans. J'ai eu l'occasion d'enseigner la mécanique du point, l'optique géométrique, la thermodynamique ainsi que l'électrostatique en première année de licence.

Préambule

Chaque rentrée universitaire est l'occasion pour nous de constater à quel point il existe une différence significative entre les acquis du lycée et les prérequis universitaires, c'est-à-dire entre ce qui a été effectivement intégré au lycée et les bases réellement « attendues » avant la toute première heure de cours à l'université.

Nous avons tenu à présenter dans cet ouvrage, dans un format aussi synthétique que possible, un contenu dont la maîtrise, nécessaire mais pas suffisante à la réussite de la première année, est considérée comme un exigible pour les nouveaux entrants qui abordent des études scientifiques universitaires.

Par souci de concision et de pragmatisme, nous nous sommes strictement focalisés sur les connaissances et compétences fondamentales, primitives, et qui donnent les clés nécessaires à l'abord d'autres matières. Ainsi, ne sont pas mentionnés les outils acquis au lycée et pouvant être déduits des prérequis élémentaires repris ici. Nous avons délibérément fait le choix de ne conserver que les prérequis strictement essentiels, et donc indispensables à la réussite.

Dans un contexte où les « attendus » prennent une place importante dans l'accès aux études supérieures, nous avons tenu à fournir une référence relative à ce qui était réellement « attendu » d'un étudiant entrant en première année de licence en sciences naturelles (physique, chimie, géosciences et sciences de la vie) et ce, au-delà d'un savoir purement disciplinaire. Cette première année constitue une véritable charnière entre les enseignements reçus au lycée et ceux qui suivront à l'université : une grande partie de ce qui est vu au lycée est revue en Licence 1, mais avec une teinte plus formelle et conceptuelle, à laquelle beaucoup d'étudiants ne sont pas préparés. Nous insistons dans cet ouvrage sur l'importance (et l'éventuelle difficulté) du passage d'une approche à l'autre.

Nous avons également voulu offrir une formulation des concepts connus qui permette de rafraîchir des connaissances tout en les revisitant dans une approche plus proche de celle à laquelle les étudiants seront confrontés pendant leurs études supérieures.

Ce livre n'est donc pas un manuel scolaire pour la fin de lycée, ni un manuel de cours pour la Licence 1, mais bien un ouvrage-outil destiné à accompagner les bacheliers entamant des études en sciences naturelles, durant cette étape de transition lycée-université. Ils y trouveront également, en plus des parties dédiées explicitement aux disciplines fondamentales que sont la physique, la chimie, les sciences de la vie et les géosciences, une introduction à la **méthodologie scientifique** et des rappels de **mathématiques pour les sciences**.

Remerciements

L'ensemble des chapitres de ce manuel a fait l'objet d'une relecture attentive. Les auteurs souhaitent remercier vivement les personnes suivantes :

Pour la partie Mathématiques pour les sciences :

- Sophie Beaud, professeur au lycée Gosse à Clermont l'Hérault ;
- Dominique Moinet, professeur au lycée Joffre à Montpellier ;
- Pascale Sénéchaud, maître de conférences à l'université de Limoges.

Pour la partie Physique :

- Michel Goetz, professeur à l'École de l'Air à Salon de Provence ;
- Carole Gaulard, maître de conférences au Laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie.

Pour la partie Chimie :

- Pierre Méjean, professeur au lycée Frederic Bazille à Montpellier, intervenant en APESS (ancienne année L0 à l'université de Montpellier) ;
- Nathalie Perol, maître de conférences à l'université de Lyon 1.

Pour la partie Géosciences :

- Christophe Barreau, professeur au lycée Joffre à Montpellier ;
- Laurent Jolivet, professeur à Sorbonne Université.

Pour la partie Sciences de la Vie :

- Sophie Bleves, professeur à Aix-Marseille Université ;
- Martine Boccara, professeur à Sorbonne Université.

Après avoir détaillé les notions de grandeur, dimension, unités, ordre de grandeur, etc., nous allons introduire une méthodologie de résolution d'exercice se décomposant en plusieurs actions : la lecture attentive de l'énoncé, la résolution du problème posé, et sa formulation dans une réponse claire et exprimée avec rigueur et précision.

Nous présenterons ensuite quelques concepts simples permettant d'aborder la notion de « méthodes scientifiques ». Celles-ci sont mises en œuvre dès les premières années de licence car elles permettent notamment d'apporter un cadre pour la rédaction des compte-rendus de travaux pratiques (TP) ou des rapports de stages. Nous aborderons également la notion d'esprit critique, qui est un élément essentiel de toute approche scientifique.

Finalement, nous donnerons quelques conseils relatifs à la manière d'exprimer une information ou un ensemble d'informations. Nous reprendrons un rappel sur la rigueur à observer dans l'usage de certaines terminologies, avant de nous tourner vers l'expression d'un résultat : nous rappellerons comment écrire correctement un résultat numérique, et quelles sont les choses importantes à observer lorsque l'on schématise, que l'on trace un graphe, ou que l'on rapporte des données numériques dans des tableaux.

Méthodologie scientifique

CHAPITRE

1

Introduction à l'analyse dimensionnelle _____ 4

CHAPITRE

2

La résolution d'un exercice _____ 10

CHAPITRE

3

La démarche scientifique _____ 15

CHAPITRE

4

Savoir communiquer _____ 19

Introduction à l'analyse dimensionnelle

Ce chapitre introduit le lecteur aux notions d'**analyse dimensionnelle** qui permettent de comprendre et de caractériser ce que représente physiquement une **grandeur**. Cela s'avère particulièrement utile lorsqu'un phénomène physique fait apparaître une quantité (grandeur) dont on ne cerne pas aisément *a priori* la signification.

1 Grandeurs physiques, dimensions et unités

La **mesure** d'une grandeur physique G est sa détermination quantitative par une expérience qui permet de la comparer à l'**étalon** de cette grandeur. C'est cet étalon qui définit l'**unité** de la grandeur G que l'on notera $u(G)$. Ainsi, si on note $\{G\}$ la valeur numérique de G dans l'unité $u(G)$, on a

$$G = \{G\} u(G)$$

Exemple

Supposons qu'une masse soit de 1,17 kilogramme. Appelons m la grandeur « masse ». Comme nous le verrons ci-après, le symbole caractérisant l'unité de la masse dans le système international est $u(m) = \text{kg}$. La valeur de la masse est ici $\{m\} = 1,17$. On écrit donc simplement : $m = 1,17 \text{ kg}$.

1.1 Les unités de base du système international (SI)

Le Système International d'unités (SI) est le système d'unités le plus employé en sciences. Il est fixé par la conférence générale des poids et mesures, qui le révisé tous les quatre ans. Ce système comprend sept unités de base (ou fondamentales) qui quantifient toutes les grandeurs physiques indépendantes. Le tableau ci-dessous présente le nom des grandeurs fondamentales, leur unité, le symbole de cette unité ainsi que le symbole de leur dimension.

1.2 La dimension

La **dimension** d'une grandeur physique G indique, indépendamment de ses unités, de quelle puissance des grandeurs fondamentales celle-ci se compose. On la note généralement $[G]$. Les symboles usuels des dimensions des grandeurs fondamentales sont indiqués dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1 Les sept grandeurs SI fondamentales.

Grandeur	Unité	Symbole d'unité	Symbole de dimension
Longueur	mètre	m	L
Masse	kilogramme	kg	M
Temps	seconde	s	T
Courant électrique	ampère	A	I
Température	kelvin	K	Θ
Quantité de matière	mole	mol	N
Intensité lumineuse visuelle	candela	cd	J

Exemple

La vitesse v , définie par le rapport d'une distance et d'un temps, a la dimension $[v] = L \cdot T^{-1}$. On dit encore qu'elle est homogène à une distance divisée par un temps. Son unité SI est donc le mètre par seconde, $u(v) = m \cdot s^{-1}$.

Grandeur sans dimension

Lorsqu'une grandeur physique G n'a pas de dimension, on note $[G] = 1$. De la sorte, le produit $G \times A$ a manifestement la même dimension que celle de A . En effet, $[G \times A] = [G] \times [A] = 1 \times [A] = [A]$.

Attention ! Le fait qu'une grandeur n'ait pas de dimension n'implique pas qu'elle n'ait pas d'unité ! En effet, un angle est défini comme le rapport de la longueur de l'arc de cercle qu'il sous-tend au rayon de ce cercle : il est donc sans dimension. Néanmoins, son unité SI est le radian. De même, sa généralisation à trois dimensions, l'angle solide, qui est un rapport de deux surfaces, est lui aussi sans dimension mais s'exprime dans une unité SI appelée stéradian.

1.3 Les unités dérivées du système international

Toutes les quantités (grandeurs) physiques dimensionnées ont une unité. Toutefois, seules les sept quantités citées précédemment sont fondamentales. Toute autre grandeur physique a une **unité dérivée** de ces dernières même si certaines quantités physiques possèdent un nom d'unité de mesure qui leur est propre. C'est, par exemple, le cas de la force dont l'unité SI est le newton (N) ou encore de la pression, qui représente une force par unité de surface et dont l'unité SI est le pascal (Pa). Ces unités proviennent généralement du nom du scientifique qui en a formalisé le concept. On peut toujours en donner une expression en terme des unités de bases en utilisant une expression les reliant aux quantités fondamentales.

Exemple

La relation fondamentale de la dynamique de Newton, $\vec{F} = m\vec{a}$, permet de trouver que le newton est équivalent au produit d'une masse par une accélération, soit $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$.