

**TOUT EN
FICHES**

**MÉMO VISUEL DE
PHYSIQUE**

**TOUT EN
FICHES**

**MÉMO VISUEL DE
PHYSIQUE**

2^e ÉDITION

Sous la direction de Giancarlo Faini

Hervé Courtois
Sylvia Matzen
Charlotte Py
Pierre Seneor

DUNOD

Direction artistique: Élisabeth Hébert
Conception graphique de couverture: Pierre-André Gualino
Mise en page: Soft Office
Uniformisation des illustrations et mise en page des fiches:
Bernadette Coléno

Photographie de couverture :
©fototrm12-AdobeStock

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2017, 2020
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-081175-5

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.

Comment utiliser cet ouvrage	XII
Avant-propos	XIII
Remerciements	XIV
Constantes	XV
Conversions et ordres de grandeur	XVI

Partie 1 – Mécanique classique

LA CINÉMATIQUE DU POINT

LES COORDONNÉES ET REPÈRES

Fiche 1	Les référentiels dans l'espace et le temps	2
Fiche 2	La vitesse et l'accélération	3
Fiche 3	Les expressions dans le repère cartésien	4
Fiche 4	Les expressions dans les repères polaire et cylindrique	5
Fiche 5	Les expressions dans le repère sphérique	6
Fiche 6	Les expressions dans le repère de Frenet	7

LE CHANGEMENT DE RÉFÉRENTIEL

Fiche 7	Le changement de référentiel	8
Fiche 8	La composition des vitesses et des accélérations	9
Fiche 9	Application aux référentiels en translation	10
Fiche 10	Application aux référentiels en rotation autour d'un axe fixe	11

LA DYNAMIQUE DU POINT ET DES SYSTÈMES DE POINTS

LES LOIS DE NEWTON

Fiche 11	La 1 ^{re} loi de Newton: le principe d'inertie et les référentiels galiléens	13
Fiche 12	La 2 ^e loi de Newton: le principe fondamental de la dynamique	14
Fiche 13	La 3 ^e loi de Newton: le principe de l'action et de la réaction	15

LES FORCES

Fiche 14	La force d'attraction gravitationnelle	16
Fiche 15	Les forces de frottement	17
Fiche 16	Le travail d'une force	19
Fiche 17	Les forces conservatives	20
Fiche 18	Les forces d'inertie ou pseudo-forces	21

LES ÉNERGIES

Fiche 19	L'énergie potentielle	22
Fiche 20	L'énergie cinétique	23
Fiche 21	L'énergie mécanique	24

Table des matières

	LES SYSTÈMES EN ROTATION	
Fiche 22	Le moment d'une force	25
Fiche 23	Le théorème du moment cinétique	26
	LES OSCILLATEURS	
Fiche 24	Les oscillations harmoniques	27
Fiche 25	Les oscillations amorties	28
Fiche 26	Les oscillations forcées et le phénomène de résonance	29
	LES SYSTÈMES DE POINTS	
Fiche 27	La description d'un système de points	30
Fiche 28	La mécanique d'un système de points	31
Fiche 29	Collisions de systèmes de points	33
	LA MÉCANIQUE TERRESTRE ET CÉLESTE	
Fiche 30	Manifestations de la rotation de la Terre	34
Fiche 31	Les marées	36
Fiche 32	Forces centrales et lois de Kepler	37
	LA RELATIVITÉ	
Fiche 33	La relativité	38
	LA MÉCANIQUE DES FLUIDES	
Fiche 34	Les forces de pression	40
Fiche 35	La loi de l'hydrostatique	41
Fiche 36	La poussée d'Archimède	42
Fiche 37	L'écoulement d'un fluide visqueux: lois de Stokes et Poiseuille	43
Fiche 38	L'écoulement d'un fluide parfait: conservation du débit et relation de Bernoulli	44

Partie 2 – Thermodynamique

LES SYSTÈMES THERMODYNAMIQUES

Fiche 39	Les systèmes et les variables d'état	46
Fiche 40	La température et la thermométrie	48
Fiche 41	L'équation d'état et la fonction d'état	49
Fiche 42	Les gaz et les phases condensées	50
Fiche 43	Les gaz parfaits et les mélanges de gaz parfaits	51
Fiche 44	Les gaz réels	52
Fiche 45	La théorie cinétique des gaz parfaits	53
Fiche 46	L'étude microscopique du gaz parfait	54

LES PRINCIPES DE LA THERMODYNAMIQUE

ÉCHANGES ET BILANS D'ÉNERGIE

Fiche 47	Les transformations thermodynamiques	55
Fiche 48	L'énergie interne, l'énergie totale, l'enthalpie et les capacités thermiques	56
Fiche 49	Les coefficients thermoélastiques	57
Fiche 50	Transfert thermique et coefficients calorimétriques	58
Fiche 51	Énergies et capacités thermiques d'un gaz parfait	59
Fiche 52	Énergies et capacités thermiques d'une phase condensée	60
Fiche 53	Le travail des forces de pression	61
Fiche 54	Le 1 ^{er} principe de la thermodynamique pour un système fermé	62
Fiche 55	Le 1 ^{er} principe de la thermodynamique pour un système ouvert	63

SENS D'ÉVOLUTION ET BILAN D'ENTROPIE

Fiche 56	Le 2 ^e principe et les identités thermodynamiques	64
Fiche 57	L'interprétation statistique de l'entropie	66
Fiche 58	Transformations réversibles d'un gaz parfait	67
Fiche 59	Transformations irréversibles d'un gaz parfait (détentes)	68
Fiche 60	Les fonctions et potentiels thermodynamiques U, H, F et G	69
Fiche 61	Le potentiel chimique et le mélange monophasé	71

LES TRANSITIONS DE PHASE

Fiche 62	Les changements d'état d'un corps pur	72
Fiche 63	L'enthalpie massique de changement d'état	73
Fiche 64	Les équilibres entre phases	74
Fiche 65	Variations des fonctions d'état d'un corps pur diphasé liquide-vapeur	76

LES CYCLES THERMODYNAMIQUES

Fiche 66	Généralités et rendements des machines dithermes	77
Fiche 67	Le cycle de Carnot	78
Fiche 68	Les cycles moteurs à combustion interne	80
Fiche 69	Les cycles moteurs à changement d'état	81
Fiche 70	Les cycles récepteurs	82

LES TRANSFERTS DE MASSE ET DE CHALEUR

Fiche 71	Les transferts par diffusion: modélisation générale	83
Fiche 72	La diffusion particulaire	84
Fiche 73	La diffusion thermique par conduction	85
Fiche 74	La diffusion thermique par convection	87
Fiche 75	Les transferts thermiques radiatifs	89
Fiche 76	Les résistances thermiques	91
Fiche 77	La thermoélectricité	92

Table des matières

Partie 3 – Ondes et matière

LES ONDES

Fiche 78	Qu'est-ce qu'une onde ?	94
Fiche 79	La propagation des ondes	96
Fiche 80	Les ondes sinusoïdales	97
Fiche 81	Les ondes sphériques	98
Fiche 82	Les ondes planes	99
Fiche 83	L'impédance d'un milieu	100
Fiche 84	Le changement de milieu	101
Fiche 85	Les ondes acoustiques	102
Fiche 86	Ondes stationnaires, modes propres, résonance	103

LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

Fiche 87	Le photon	104
Fiche 88	Ondes et particules	105
Fiche 89	L'équation de Schrödinger	106
Fiche 90	L'effet tunnel et la microscopie tunnel	107

PHYSIQUE DE LA MATIÈRE

PHYSIQUE ATOMIQUE

Fiche 91	Les atomes	108
Fiche 92	Les postulats de Bohr et l'atome d'hydrogène	110
Fiche 93	Éléments de physique atomique	111
Fiche 94	Éléments de physique nucléaire	112
Fiche 95	La radioactivité	113
Fiche 96	Particules élémentaires et interactions fondamentales	114

PHYSIQUE DES SOLIDES

Fiche 97	La structure des solides	115
Fiche 98	Les propriétés mécaniques des solides	117
Fiche 99	Les propriétés électroniques des solides	118
Fiche 100	Les différents états électroniques des solides	119

Partie 4 – Optique géométrique et optique ondulatoire

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

Fiche 101	Le principe de Fermat	122
Fiche 102	Les lois de la réfraction	123

Table des matières

Fiche 103	L'indice de réfraction	125
Fiche 104	Les fibres optiques	126
Fiche 105	Le prisme	127
Fiche 106	La couleur	128
Fiche 107	Le phénomène de mirage	129
FORMATION DES IMAGES EN OPTIQUE		
Fiche 108	Conditions de Gauss et notion d'image optique	130
Fiche 109	Les foyers, plans focaux et plans principaux	131
Fiche 110	La relation de conjugaison d'un système mince	132
Fiche 111	Les miroirs	133
Fiche 112	Les lentilles minces	134
Fiche 113	La construction géométrique de l'image d'un objet	136
Fiche 114	La formation d'une image par un miroir	137
Fiche 115	La formation d'une image par une lentille	138
Fiche 116	La mesure de la distance focale d'une lentille	139
Fiche 117	Le microscope et le télescope	140
Fiche 118	L'œil humain	141
OPTIQUE ONDULATOIRE : INTERFÉRENCES ET DIFFRACTION		
LES INTERFÉRENCES		
Fiche 119	Notion de cohérence : temporelle et spatiale	142
Fiche 120	Interférences à deux ondes : source ponctuelle monochromatique	144
Fiche 121	Le dispositif des fentes de Young	146
Fiche 122	L'interféromètre de Michelson	147
Fiche 123	Interférence à deux ondes : source polychromatique	149
LA DIFFRACTION		
Fiche 124	La diffraction des ondes lumineuses	151
Fiche 125	La diffraction par une ouverture circulaire	152
Fiche 126	La diffraction par une ouverture rectangulaire	153
Fiche 127	La diffraction par deux fentes minces	154
Fiche 128	La diffraction par N fentes : le réseau	155
LA POLARISATION		
Fiche 129	La polarisation de la lumière	157
Fiche 130	Illustrations et applications de la polarisation	158

Table des matières

Partie 5 – Électricité, électromagnétisme et électronique

L'ÉLECTROSTATIQUE

Fiche 131	Charges électriques et force de Coulomb	160
Fiche 132	Champ et potentiel électrostatiques créés par des charges ponctuelles	161
Fiche 133	Expressions du champ et du potentiel électrostatiques	162
Fiche 134	Lien entre champ et potentiel électrostatiques	163
Fiche 135	Le dipôle électrostatique	164
Fiche 136	Théorème de Gauss et applications	166
Fiche 137	La détermination de la charge élémentaire de l'électron	168

LA MAGNÉTOSTATIQUE

Fiche 138	Sources et lignes de champ magnétique	169
Fiche 139	La loi de Biot et Savart	171
Fiche 140	Le théorème d'Ampère	172
Fiche 141	Les solénoïdes	173
Fiche 142	La force de Lorentz	174
Fiche 143	La force de Laplace sur un conducteur parcouru par un courant	175
Fiche 144	Le moment magnétique	176
Fiche 145	Effet Hall, résonance magnétique nucléaire	177

L'ÉLECTROMAGNÉTISME

Fiche 146	Induction magnétique: lois de Lenz et de Faraday	178
Fiche 147	Circuit fixe dans un champ magnétique variable: inductance propre et inductance mutuelle	179
Fiche 148	Circuit fixe dans un champ magnétique variable: applications	180
Fiche 149	Circuit mobile dans un champ magnétique constant	181
Fiche 150	Les opérateurs vectoriels	182
Fiche 151	Les équations de Maxwell	183
Fiche 152	La solution des équations de Maxwell sous forme d'ondes planes	184
Fiche 153	Énergie électromagnétique et vecteur de Poynting	185

L'ÉLECTRODYNAMIQUE

Fiche 154	Vision microscopique de l'électrodynamique	186
Fiche 155	Le modèle de Drude	187
Fiche 156	Les dipôles: types, conventions et caractéristiques	188
Fiche 157	Les différents régimes, notations complexes, association de dipôles	189
Fiche 158	Dipôles passifs usuels: les résistors	190
Fiche 159	Dipôles passifs usuels: les condensateurs	191
Fiche 160	Dipôles passifs usuels: les bobines	192
Fiche 161	Dipôles actifs: sources de tension ou de courant	193

Table des matières

Fiche 162	Exemples de circuit d'étude électro-cinétique	194
Fiche 163	Instruments usuels de mesure en électro-cinétique	195
Fiche 164	Loi des mailles et loi des nœuds (lois de Kirchhoff)	196
Fiche 165	Les théorèmes de l'électrocinétique	197
Fiche 166	Puissance et énergie dans un circuit électrique	198
Fiche 167	Régime transitoire: le circuit RC	199
Fiche 168	Régime transitoire: le circuit RL	200
Fiche 169	Régime transitoire: le circuit RLC	201
Fiche 170	Le circuit RLC en régime sinusoïdal	202
Fiche 171	Le diagramme de Fresnel	203
Fiche 172	Analogie mécanique-électrocinétique, quadripôle	204
Fiche 173	Les filtres électroniques	205
L'ÉLECTRONIQUE		
Fiche 174	La jonction PN	206
Fiche 175	Caractéristique I-V de la diode à jonction PN	207
Fiche 176	Étude statique et dynamique de la diode	209
Fiche 177	Le transistor bipolaire	210
Fiche 178	Régimes statique et dynamique du transistor bipolaire	211
Fiche 179	Paramètres hybrides et amplificateur à transistor	212
Fiche 180	L'amplificateur opérationnel (AO)	213
Fiche 181	Le transistor à effet de champ	214
Fiche 182	L'énergie photovoltaïque	215
Index		216
Crédits photographiques		221

Comment utiliser cet ouvrage



5 parties Les grands axes de la physique

 Renvois
entre Fiches

Plus de 180 fiches
réparties en 5 parties
Les notions essentielles du cours
pour réviser rapidement

600 schémas et photos
en couleurs
pour illustrer chaque notion
importante

Et aussi...

- Une liste des constantes, unités et ordres de grandeur
- Un index complet

78 FICHE
Qu'est-ce qu'une onde ?

Deux classes principales d'ondes

- **Ondes mécaniques** : elles nécessitent un milieu matériel pour se propager en la déformant. Par exemple les ondes sonores sont une perturbation de la pression locale du milieu.
- **Ondes électromagnétiques** : elles ne nécessitent pas un milieu et peuvent ainsi se propager dans le vide. Elles résultent d'oscillations du champ électrique et magnétiques.

Oscillations et direction de propagation

- **Onde transverse** : les oscillations ont lieu dans la direction perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (ex. : onde électromagnétique).
- **Onde longitudinale** : les oscillations ont lieu parallèlement à la direction de propagation (ex. : onde sonore dans un fluide). Tandis que les ondes mécaniques peuvent être transverses ou longitudinales, les ondes électromagnétiques dans l'espace libre sont transverses.

Exemple de la propagation d'ondes sismiques

Sens de la diffusion

Direction de la propagation

Onde gravitationnelle - une histoire de cent ans (1916-2016)

C'est une oscillation de la courbure de l'espace-temps générée par un objet massif dans l'univers et qui se propage à grande distance de son point de formation. Prédites par A. Einstein en 1916 dans le cadre de la relativité générale, ces ondes sont produites par des masses accélérées et se propagent à la vitesse de la lumière dans le vide. Longtemps ébauchées, l'existence des ondes gravitationnelles a été avérée par leur observation en 2015. C'est évidemment grâce à la coalescence de deux trous noirs d'environ 30 masses solaires chacun.

L'observation de ces ondes a été possible grâce aux avancées technologiques dans la réalisation de détecteurs interférométriques mesurant des infimes variations de distance : le passage de l'onde induit un déplacement maximal de $\pm 2 \cdot 10^{-18}$ m, environ 1 000 fois plus petit que la taille d'un proton. Les bras de l'antenne interférométrique VIRGO pour la détection de ces ondes, en Italie, font 3 km de long.

95

Les ondes

La physique, du grec «*η φυσικη*», signifie la connaissance de la nature. La physique a été la première science à s'attacher à l'explication du fonctionnement de toute chose, là où d'autres sciences se réduisaient souvent à la collecte et à la classification des données. Aujourd'hui, on peut toujours considérer que la physique a diffusé vers les autres disciplines une méthodologie particulière dans l'approche de la connaissance.

Le domaine de la physique englobe le large éventail allant de l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand, en passant par les objets à échelle humaine. Au-delà de l'explication de notre monde, la physique nous permet de construire des objets et systèmes pratiques, et envisage de nouvelles applications de la science. Bien que parfois accueillie avec appréhension à l'école, la physique ouvre nos esprits à des domaines aussi fascinants que le monde quantique, la réalité des trous noirs, la cryptographie ou encore la téléportation...

L'équipe qui a rédigé cet ouvrage a fait le pari de condenser en 178 fiches les grands concepts de la physique, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Les grands axes que sont la mécanique, la thermodynamique, les ondes et la matière, l'optique, l'électromagnétisme et l'électricité sont abordés. Des choix ont été faits pour couvrir au mieux les programmes de classes préparatoires et de licence tout en ne retenant que l'essentiel des notions de base nécessaires pour en comprendre les différents axes.

Cet ouvrage est conçu comme un outil de révision, permettant à tous de revenir de façon efficace et synthétique sur les connaissances essentielles. Sa structure n'est pas progressive comme le serait un cours, mais vise plutôt à une synthèse, en regroupant différents aspects d'un même concept ou objet sur une fiche unique. De plus, l'aspect visuel a été privilégié, au travers de nombreux schémas et illustrations.

L'équipe a tenu à illustrer les notions fondamentales d'une bonne partie des fiches de cet ouvrage par des exemples d'applications dans la vie de tous les jours mais aussi en lien avec d'autres disciplines telles que l'astronomie, la cosmologie, l'ingénierie, la chimie, la biologie, les sciences médicales ou encore de l'environnement. Au-delà de l'intérêt particulier d'une application, ceci met en évidence le fort caractère interdisciplinaire de la physique et son enracinement dans notre réalité quotidienne.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement le travail précieux de relecture, de corrections et modifications qui a été fait par :

Hélène Carrère, maître de conférences à l'INSA de Toulouse, laboratoire de physique et chimie des nano-objets (LPCNO);

Antoine Morin, professeur agrégé en classes préparatoires PCSI/PSI au lycée de l'Essouriau (CPGE en partenariat avec l'université Paris-Sud);

Vincent Reynaud, professeur agrégé en classes préparatoires PCSI/PSI au lycée de l'Essouriau (CPGE en partenariat avec l'université Paris-Sud);

Philippe Tamarat, professeur à l'université de Bordeaux, laboratoire photonique, numérique et nanosciences (LP2N).

Les auteurs remercient également Sylvie Zanier, professeure agrégée à l'université Grenoble Alpes, pour les très belles photos d'expériences d'optique qu'elle leur a fournies, ainsi que Gilles Patriarche et Jean-Christophe Harmand, directeurs de recherche au centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N-CNRS-UPSud), pour les images de microscopie à transmission de nanofils de semiconducteurs.

Constantes

Constante de gravitation	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Accélération de la pesanteur normalisée	$g = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cong 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Masse volumique de l'eau	$\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Viscosité de l'eau	$\eta \approx 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Coefficient de Laplace pour l'air	$\gamma = 1,4$
Permittivité diélectrique du vide	$1/\epsilon_0 \approx 36\pi \cdot 10^{-9} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
Perméabilité magnétique du vide	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$
Indice de réfraction de l'air, de l'eau et du verre	$n_{\text{air}} \cong 1$; $n_{\text{eau}} \cong 1,33$; $n_{\text{verre}} \cong 1,5$
Vitesse de la lumière	$c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge élémentaire	$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masse de l'électron	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Masse du proton	$m_p \approx 1\,800 m_e$
Constante de Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
Rayon de Bohr	$a_0 = 0,52 \text{ \AA}$
Constante de Boltzmann	$k_b = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Unité de masse atomique	$u = 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Conversions et ordres de grandeur

Conversions	
ångström (Å)	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
Énergie	
électronvolt (eV)	1 eV = 1,602 · 10 ⁻¹⁹ J
calorie (cal)	1 cal = 4,18 J
Calorie (Cal)	1 Cal = 1 000 cal = 4 180 J
Température	
degré Celsius (°C) et kelvin (K)	T(°C) = T(K) + 273,15
Pression	
bar	1 bar = 10 ⁵ Pa
atmosphère (atm)	1 atm = 1,013 10 ⁵ Pa
torr ou millimètre de mercure (mmHg)	1 Torr = 1 mmHg 1 Pa = 7,5 10 ⁻³ Torr

Préfixe	Symbole	Valeur
<i>zetta-</i>	Z	10 ²¹
<i>exa-</i>	E	10 ¹⁸
<i>peta-</i>	P	10 ¹⁵
<i>tera-</i>	T	10 ¹²
<i>giga-</i>	G	10 ⁹
<i>mega-</i>	M	10 ⁶
<i>kilo-</i>	k	10 ³
<i>hecto-</i>	h	10 ²
<i>déca-</i>	da	10 ¹
—	—	10 ⁰

Préfixe	Symbole	Valeur
<i>déci-</i>	d	10 ⁻¹
<i>centi-</i>	c	10 ⁻²
<i>milli-</i>	m	10 ⁻³
<i>micro-</i>	μ	10 ⁻⁶
<i>nano-</i>	n	10 ⁻⁹
<i>pico-</i>	p	10 ⁻¹²
<i>femto-</i>	f	10 ⁻¹⁵
<i>atto-</i>	a	10 ⁻¹⁸
<i>zepto-</i>	z	10 ⁻²¹



1

Mécanique classique

Les référentiels dans l'espace et le temps

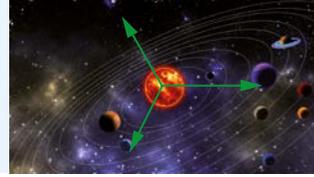
► Repérage dans l'espace

- En mécanique du point, on représente un corps matériel par un **point matériel**. Pratiquement, cela est possible si celui-ci ne peut pas rouler sur lui-même et si sa taille est bien inférieure aux distances parcourues.
- Pour décrire un mouvement ou un équilibre mécanique, on doit spécifier dans quel **référentiel** on se place : on choisit un solide comme référence. On associe à ce référentiel un **repère orthonormé direct** qui fixe le système de coordonnées utilisé.

♦ Le **référentiel terrestre** est le plus courant pour la mécanique du quotidien : le point de référence est un point fixe choisi à la surface de la Terre. Une personne immobile est fixe dans ce référentiel.

♦ Le **référentiel géocentrique** considère comme point de référence le centre de la Terre : on l'utilise pour décrire des mouvements autour de la Terre.

♦ Le **référentiel héliocentrique** est centré sur le Soleil et associé à trois axes pointant vers des étoiles lointaines considérées comme fixes : on l'utilise pour décrire les mouvements des planètes autour du Soleil.



11

► Repérage dans le temps

En mécanique classique, le temps est absolu et universel donc indépendant du référentiel et du mouvement, il est **irréversible**, **monotone** et **croissant** (ces hypothèses sont remises en cause par la théorie de la relativité). Pour décrire un mouvement dans le temps, on choisit arbitrairement une origine du temps $t = 0$.



33

Les unités de temps et d'espace

Dans le système d'unités international, l'unité de longueur est le **mètre (m)**, et l'unité de temps est la **seconde (s)**.

Les meilleures mesures de temps sont assurées par des **horloges atomiques** qui reposent sur l'extrême stabilité des fréquences de radiation émises lors de transitions entre niveaux d'énergie. Ainsi, aujourd'hui, la seconde correspond à 9 192 631 770 périodes de la radiation hyperfines de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Le mètre est ensuite défini via la vitesse de la lumière comme la distance parcourue par celle-ci dans le vide pendant $1 / 299\,792\,458$ s.



Les horloges atomiques présentes dans les satellites sont à la base du GPS.