

Physique

Chimie

Tout le catalogue sur
www.dunod.com



ÉDITEUR DE SAVOIRS

PARAMÉDICAL

Physique Chimie

Ergothérapeute, Manipulateur radio, Audioprothésiste

3^e édition

Germain Weber
Erwan Guélou

DUNOD

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, 2018

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

ISBN 978-2-10-078430-1

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

PARTIE 1	Évolution des systèmes mécaniques	1
	▀ Les lois de Newton	3
<i>Fiche 1</i>	▸ Système et référentiel	4
<i>Fiche 2</i>	▸ Cinématique	5
<i>Fiche 3</i>	▸ Les lois de Newton et la quantité de mouvement	7
<i>Fiche 4</i>	▸ La relativité	8
<i>Fiche 5</i>	▸ Forces	9
<i>Fiche 6</i>	▸ Travaux des forces et énergie d'un système en translation	13
<i>Entraînement</i>		15
<i>Corrigés</i>		18
	▀ Mouvements plans	19
<i>Fiche 7</i>	▸ Chute libre	20
<i>Fiche 8</i>	▸ Chute verticale d'un solide	21
<i>Fiche 9</i>	▸ Mouvements dans le champ de pesanteur uniforme	23
<i>Fiche 10</i>	▸ Mouvement dans un champ électrostatique uniforme	25
<i>Fiche 11</i>	▸ Les satellites	26
<i>Entraînement</i>		29
<i>Corrigés</i>		32
	▀ Les systèmes oscillants	33
<i>Fiche 12</i>	▸ Le système solide-ressort en régime libre non amorti	34
<i>Fiche 13</i>	▸ Le système {solide-ressort} en régime libre amorti	37
<i>Fiche 14</i>	▸ Le pendule simple	38

<i>Entraînement</i>	40
<i>Corrigés</i>	50
PARTIE 2 Propagation d'une onde	61
▶ Ondes mécaniques progressives	63
<i>Fiche 15</i> ▶ Définition d'une onde mécanique	64
<i>Fiche 16</i> ▶ Propriétés d'une onde mécanique	65
<i>Fiche 17</i> ▶ Ondes mécaniques périodiques	67
<i>Fiche 18</i> ▶ Cas des ondes sonores	69
<i>Entraînement</i>	71
<i>Corrigés</i>	74
▶ La lumière : Modèle ondulatoire	75
<i>Fiche 19</i> ▶ Diffraction de la lumière	76
<i>Fiche 20</i> ▶ Interférences	78
<i>Fiche 21</i> ▶ L'effet Doppler	79
<i>Entraînement</i>	80
<i>Corrigés</i>	87
PARTIE 3 Transformations nucléaires	91
▶ Décroissance radioactive	93
<i>Fiche 22</i> ▶ Stabilité du noyau	94
<i>Fiche 23</i> ▶ La radioactivité	96
<i>Fiche 24</i> ▶ Loi de décroissance radioactive Temps de demi-vie	98
<i>Entraînement</i>	100
<i>Corrigés</i>	102
▶ L'énergie du noyau	103
<i>Fiche 25</i> ▶ Énergie de liaison d'un noyau	104
<i>Fiche 26</i> ▶ Les réactions de fusion et fission	106
<i>Entraînement</i>	108
<i>Corrigés</i>	110

■	L'atome, ouverture au monde quantique	111
<i>Fiche 27</i>	\ Quantification de l'énergie d'un atome	112
<i>Fiche 28</i>	\ Spectres de raies atomiques	113
<i>Entraînement</i>	_____	115
<i>Corrigés</i>	_____	122
PARTIE 4	Les lois de l'électricité	129
<i>Fiche 29</i>	\ La loi des mailles et des nœuds	130
<i>Fiche 30</i>	\ Puissance et énergie	132
<i>Entraînement</i>	_____	135
<i>Corrigés</i>	_____	137
PARTIE 5	Les transferts thermiques	139
<i>Fiche 31</i>	\ Les transferts thermiques	140
<i>Fiche 32</i>	\ Énergie interne	142
<i>Fiche 33</i>	\ Bilan énergétique d'un système	143
<i>Entraînement</i>	_____	144
<i>Corrigés</i>	_____	147
PARTIE 6	Images et couleurs	149
■	Constructions des images	151
<i>Fiche 34</i>	\ Représentation et caractéristiques des lentilles convergentes	152
<i>Fiche 35</i>	\ Construction géométrique	153
<i>Fiche 36</i>	\ Relation de conjugaison et grandissement	154
<i>Fiche 37</i>	\ Schématisation de l'œil	156
<i>Entraînement</i>	_____	157
<i>Corrigés</i>	_____	158
■	Vision et couleurs	159
<i>Fiche 38</i>	\ Couleurs et longueurs d'ondes dans le vide	160
<i>Fiche 39</i>	\ Propagation d'une onde lumineuse dans les milieux	161

Fiche 40	▾ La lumière	163
Entraînement		165
Corrigés		168
PARTIE 7 Chimie		171
▾ Les réactions acido-basiques		173
Fiche 41	▾ Les réactions acido-basiques	174
Fiche 42	▾ Le pH	179
Fiche 43	▾ Les titrages acido-basiques	184
Entraînement		191
Corrigés		200
▾ Les réactions d'oxydoréduction		211
Fiche 44	▾ Les réactions d'oxydoréduction	212
Fiche 45	▾ Les piles	215
Fiche 46	▾ Les électrolyseurs	220
Entraînement		224
Corrigés		237
▾ La chimie organique		253
Fiche 47	▾ Les composés organiques	254
Fiche 48	▾ Les réactions chimiques	261
Fiche 49	▾ Les esters	264
Fiche 50	▾ L'analyse des composés organiques	270
Entraînement		275
Corrigés		290
Annexes		305
Fiche 1	▾ L'analyse dimensionnelle	307
Fiche 2	▾ Formulaire de chimie	309

ÉVOLUTION DES SYSTÈMES MÉCANIQUES

1

Partie

1	▲ Les lois de Newton	3
2	▲ Mouvements plans	19
3	▲ Les systèmes oscillants	33



LES LOIS DE NEWTON

1	▲ Système et référentiel	4
2	▲ Cinématique	5
3	▲ Les lois de Newton et la quantité de mouvement	7
4	▲ La relativité	8
5	▲ Forces	9
6	▲ Travaux des forces et énergie d'un système en translation	13

Objectifs

- Savoir définir le système étudié.
- Savoir caractériser position, vitesse et accélération d'un système.
- Connaître les différentes lois de Newton.
- Connaître le principe de la relativité.
- Savoir quelles forces agissent et les caractériser.
- Quantifier l'énergie et les effets des forces sur les systèmes.

1

Systeme et référentiel

Dans toute cette partie du programme, il sera important de définir un **système** et un **référentiel** avant toute étude du cas considéré.

DÉFINITION

On appelle **système** le centre d'inertie du système.



Attention Le plus souvent le centre d'inertie est le centre de gravité.

DÉFINITION

- **Référentiel** : un référentiel d'étude permet la description d'un mouvement en donnant la position du système ainsi que la date à laquelle il occupe cette position.

On en dénombre trois parmi les plus utilisés :

- le **référentiel terrestre** permet l'étude de tout objet à la surface de la Terre ou dans son voisinage immédiat. Il peut s'agir de tout solide de référence à la surface de la Terre.
- le **référentiel géocentrique** permet l'étude de tout objet gravitant autour de la Terre. Il a pour origine le centre de la Terre.
- le **référentiel héliocentrique** permet l'étude de tout objet gravitant autour du Soleil. Il a pour origine le centre du Soleil.

La cinématique va décrire l'évolution d'un système sans se préoccuper des causes qui le provoquent. On va alors décrire l'évolution du système par sa position, sa vitesse $v(t)$ et son accélération $a(t)$.

1 Trajectoire et position du système

On utilise pour cela un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$:

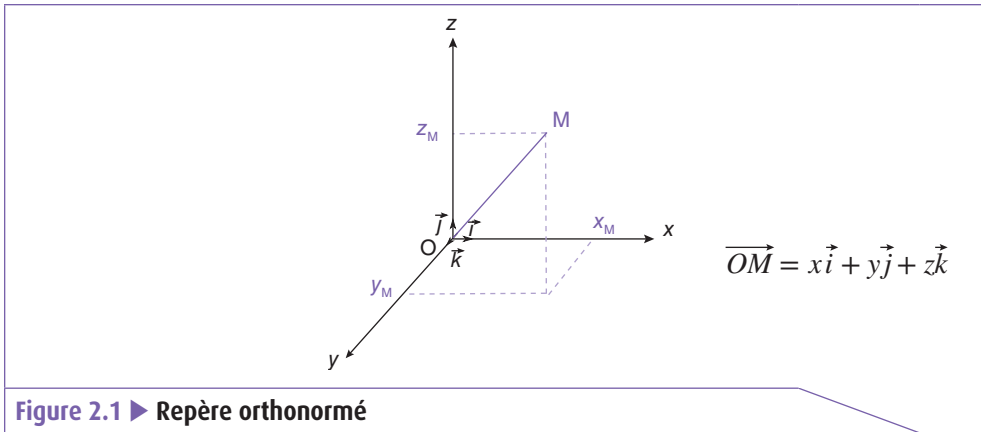


Figure 2.1 ► Repère orthonormé

La trajectoire d'un système est l'ensemble des positions successives prises par le système.

2 Vitesse et accélération

La vitesse instantanée, à un instant t , d'un point de la trajectoire s'écrit :

$$\vec{v}(t) = \frac{\overline{OM}(t + \Delta t) - \overline{OM}(t)}{\Delta t}$$

Le vecteur vitesse instantanée s'écrit : $\vec{v}(t) = \frac{d\overline{OM}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$ (2.1)

Pour un mouvement circulaire uniforme l'accélération est centripète et constante :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{u}_n$$

La vitesse moyenne se calcule en faisant : $v_{moyenne} = \frac{\text{Distance parcourue}}{\text{Durée de parcours}}$

On définit l'accélération, à un instant t , d'un point de la trajectoire : $\vec{a}(t) = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t}$

Le vecteur accélération instantanées s'écrit :

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k} \quad (2.2)$$



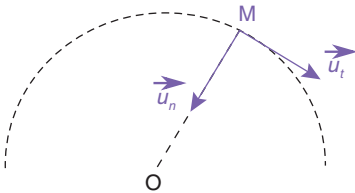
Attention Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.

3 Mouvement circulaire

On définit, pour un mouvement circulaire, la vitesse angulaire ω : $\omega = \frac{d\theta}{dt}$,
avec $v = R\omega$ (2.3)

Avec v la vitesse en $m \cdot s^{-1}$, ω la vitesse angulaire en $rad \cdot s^{-1}$ et R le rayon du cercle (en m).

On utilise une base de Frenet (\vec{u}_t, \vec{u}_n) qui va permettre de décomposer plus facilement le vecteur accélération :



$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{R} \vec{u}_n \quad (2.4)$$

Figure 2.2 ► Base de Frenet



Attention

- Pour un mouvement rectiligne uniforme la norme du vecteur vitesse est constante et l'accélération est nulle.
- Pour un mouvement rectiligne uniformément varié (ou accéléré) la valeur de la vitesse varie mais le vecteur accélération est constant.

1 Les lois de Newton

1.1 Première loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un système persévère dans son état immobile ou de mouvement rectiligne uniforme s'il est soumis à aucune force ou que les forces qui s'exercent sur lui se compensent (on parle de système pseudo-isolé). La réciproque est vraie (**Principe d'inertie**).

C'est ce qui définit les référentiels galiléens.

1.2 Deuxième loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures qui s'exercent sur un système est égale à la masse du système multipliée par son accélération soit :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

1.3 Troisième loi de Newton

Considérons deux systèmes A et B en interaction dans un référentiel galiléen. Alors, la force exercée par A sur B est égale à la force exercée par B sur A, soit :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

C'est ce qu'on appelle le **principe des actions réciproques**.

2 La quantité de mouvement

La quantité de mouvement d'un système assimilé à un point matériel est le produit de la masse d'un système par sa vitesse dans le référentiel d'étude.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (3.1)$$

Pour tout système fermé, on peut alors écrire d'après la seconde loi de Newton :

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \Sigma \vec{F}$$

La quantité de mouvement d'un système pseudo-isolé se conserve.

4

La relativité

Postulat d'Einstein : quel que soit le référentiel d'étude la propagation de la lumière se fait toujours à la même célérité dans le vide :

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}.$$

Les lois des phénomènes physiques sont les mêmes dans deux référentiels R et R' galiléens.

Considérons que R' se déplace par rapport à R, à une vitesse v proche de celle de la lumière. Du fait de l'invariance de la célérité de la lumière, l'intervalle de temps entre deux événements mesurés dans deux référentiels différents ne peut pas être identique.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4.1)$$

Avec Δt_0 l'intervalle de temps propre entre deux événements mesuré dans le référentiel galiléen R et $\Delta t'$ l'intervalle de temps entre ces mêmes événements mesurés dans le référentiel galiléen R'.



Attention

Il apparaît que $\Delta t' > \Delta t_0$, c'est ce qu'on appelle la dilatation apparente des durées qui est d'autant plus marquée que la vitesse v de déplacement de R' par rapport à R est proche de c .

Les vecteurs forces vont être caractérisés par :

- le point d'application ;
- la direction ;
- le sens ;
- la norme qui s'exprimera toujours en newton (N) dans le système SI.

1 La force d'attraction gravitationnelle

Il s'agit de la force qui s'exerce entre deux corps ayant une masse et qui tend à les rapprocher. Par exemple la force gravitationnelle qu'exerce la Terre sur un système de masse m et à une altitude z , en gravitation autour d'elle s'écrit :

$$\vec{F} = \frac{GM_T m}{(R_T + z)^2} u_n \quad (5.1)$$

- Point d'application : le centre d'inertie du système.
- Direction : selon une droite passant par le centre de la Terre et le centre du système.
- Sens : vers le centre de la Terre.
- Norme : $\vec{F} = \frac{GM_T m}{(R_T + z)^2} u_n \quad (5.1)$ avec m en kg et z en m.

Données :

MT = Masse de la Terre = $5,98 \cdot 10^{24}$ kg.

RT = Rayon de la Terre = 6 380 km.

G = Constante universelle de gravitation = $6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.

2 Le poids

Pour tout système présentant une masse, on définit le poids comme suit :

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (5.2)$$

- Point d'application : le centre d'inertie du système.
- Direction : selon une droite passant par le centre de la Terre et le centre du système.

- Sens : vers le bas.
- Norme : $\|\vec{P}\| = mg$ avec m en kg.

Remarque

Le poids est en fait la force d'attraction gravitationnelle au voisinage immédiat de la Terre c'est-à-dire z négligeable devant R_T .

On a alors d'après (3.1) et (4.1) : $g = \frac{GM_T}{R_T^2} = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, g est l'accélération de la pesanteur.

On peut définir le champ gravitationnel créé par la Terre à une altitude z au-dessus de la Terre de la même façon : $g(z) = \frac{GM_T}{(R_T + z)^2}$

3 La réaction du support

Il s'agit d'une force de contact, que l'on retrouve lorsqu'un objet est sur un support. Elle se décompose en deux vecteurs forces l'un tangent à la trajectoire \vec{R}_T et l'autre normal à la trajectoire \vec{R}_N :

$$\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T \quad (5.3)$$

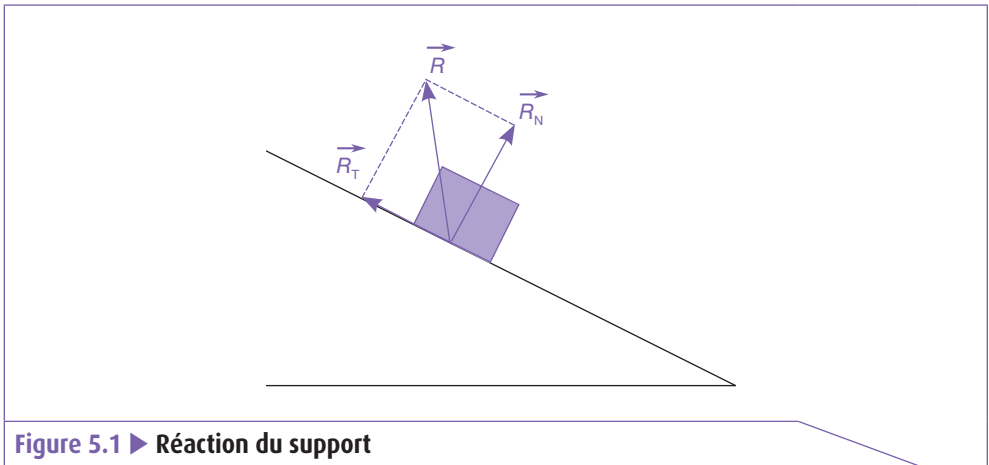


Figure 5.1 ► Réaction du support

Remarque

La composante tangentielle \vec{R}_T résulte de force de frottement ou d'adhérence sur la surface de contact. Elle est négligeable dans de nombreux cas.

4 La force de frottement fluide

Il s'agit des forces de contact qu'exerce un fluide sur un système.

$$\vec{f} = -k\vec{v} \quad (5.4)$$

- Point d'application : le centre d'inertie du système.
- Direction : la même que celle de \vec{v} .
- Sens : opposé à celui de \vec{v} .
- Norme : $\|\vec{f}\| = kv$, avec k en $\text{N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}$ et v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Remarque

Si la vitesse est grande alors : $\vec{f} = -k\vec{v}^2$. La forme de la force f sera donnée par l'énoncé des problèmes.

Le coefficient k , dépendant des paramètres physiques du fluide et du système.

5 La poussée d'Archimède

C'est la force qu'exerce un fluide lorsqu'un système est plongé en son sein. Celle-ci dépend de la masse de fluide déplacée donc du volume immergé du système et de la masse volumique du fluide puisque $\rho V = m$ (avec $\rho =$ masse volumique et $V =$ volume).

$$\vec{\Pi} = m_{\text{fluide}} \vec{g} = -\rho_{\text{fluide}} V_{\text{immergé}} \vec{g} \quad (5.5)$$

- Point d'application : le centre d'inertie du système.
- Direction : verticale.
- Sens : vers le haut.
- Norme : $\|\vec{\Pi}\| = \rho_{\text{fluide}} V_{\text{immergé}} g$ avec ρ_{fluide} en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et $V_{\text{immergé}}$ en m^3 .

Remarques

- Un fluide est soit un liquide soit un gaz.
- Dans de nombreux cas la poussée d'Archimède sera négligeable devant les autres forces qui s'exercent sur le système, notamment le poids.

6 Force électrostatique

Deux corps immobiles A et B porteurs de charges q_A et q_B , dont les centres sont séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des actions mécaniques modélisées par des forces dites électrostatiques :

$$\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = F$$

- Point d'application : le centre d'inertie de la charge étudié.
- Direction : selon une droite passant par le centre des deux corps A et B.
- Sens : si les charges sont de mêmes signes la force est répulsive, si les charges sont de signes opposés la force est attractive.
- Norme : $F = k \frac{|q_A||q_B|}{d^2}$ avec q_A et q_B en C et d en m.
- Données :
K = Constante de Coulomb = $9,0 \cdot 10^9$ SI dans l'air et dans le vide.



Attention

Tout point matériel M, de masse m et de charge q , dans un référentiel du laboratoire supposé galiléen où règne un champ électrostatique uniforme E sera soumis à une force électrique $\vec{F} = q\vec{E}$.