

Les Cours du



Physique – Chimie
Seconde
Corrigés des activités et des exercices

Rédaction :

Guy Le Parc
Philippe Briand

Coordination :

Jean Bousquet
Pierre Rageul
Jean-Michel Le Laouénan

Ce cours est la propriété du Cned. Les images et textes intégrés à ce cours sont la propriété de leurs auteurs et/ou ayants droit respectifs. Tous ces éléments font l'objet d'une protection par les dispositions du code français de la propriété intellectuelle ainsi que par les conventions internationales en vigueur. Ces contenus ne peuvent être utilisés qu'à des fins strictement personnelles. Toute reproduction, utilisation collective à quelque titre que ce soit, tout usage commercial, ou toute mise à disposition de tiers d'un cours ou d'une œuvre intégrée à ceux-ci sont strictement interdits.

©Cned-2010



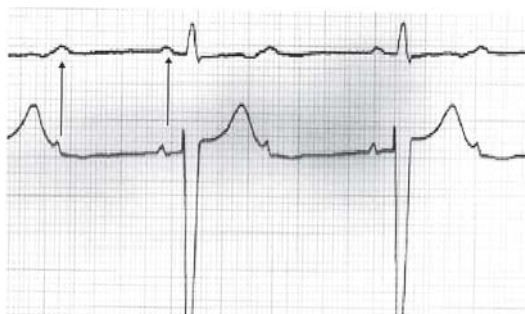
Corrigés des activités

Physique

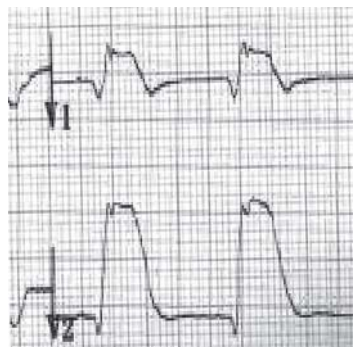
Activité 1

- ❶ W. Einthoven reçoit le prix Nobel de physiologie et médecine en 1924 pour la mise au point du 1^{er} électrocardiographe (1887).
- ❷ 12 électrodes sont placées sur le corps pour faire un ECG.
- ❸ Dans un électrocardiogramme, on mesure l'activité électrique du cœur.

Activité 2



ECG 1

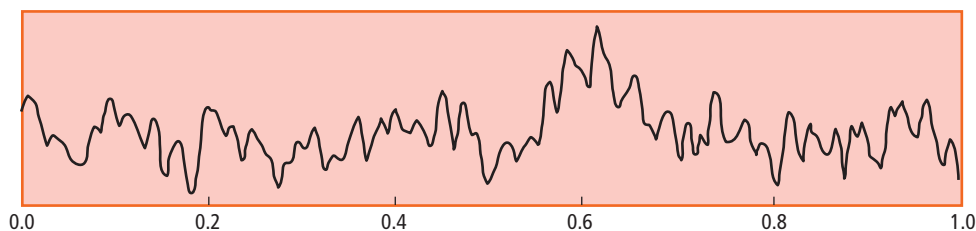


ECG 2



ECG 3

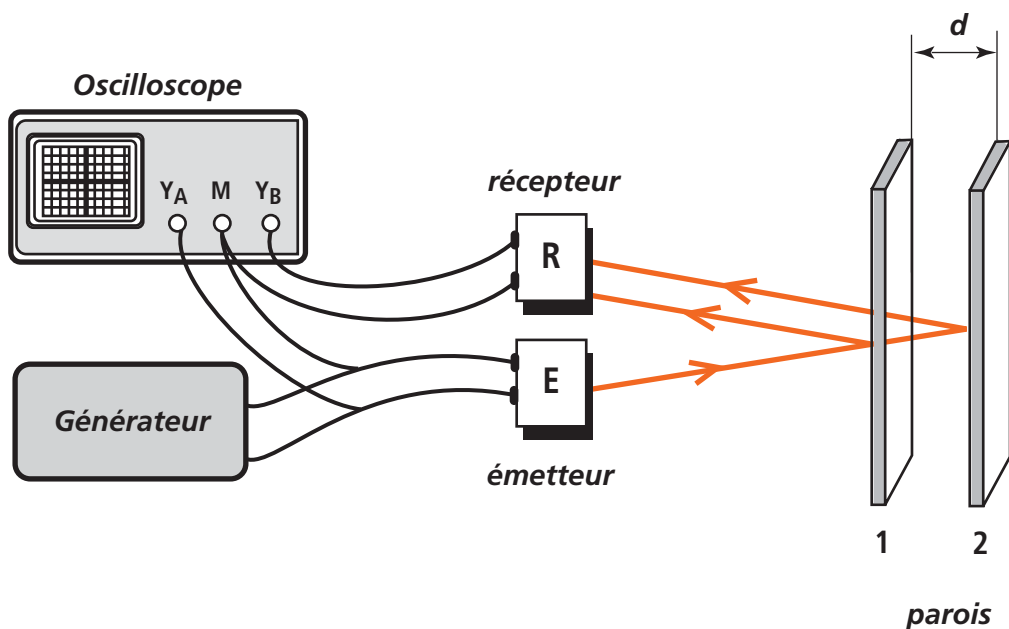
L'enregistrement ECG 2 n'est pas périodique; il ne se reproduit pas identiquement à lui-même.

Activité 3 Enregistrement d'une seconde

Le signal enregistré sur une seconde n'est pas périodique ; il ne se reproduit pas identiquement à lui-même.

Activité 4 Étude d'un document

- ❶ L'ECG a été découverte en 1924.
- ❷ Une vingtaine d'électrodes sont nécessaires pour réaliser un EEG.
- ❸ L'électroencéphalogramme enregistre l'activité électrique du cerveau.

Activité 5

Le décalage en durée Δt entre les deux échos correspond au supplément de distance parcourue par l'onde qui se réfléchit sur la paroi P_2 , c'est-à-dire pratiquement la distance $2d$.

La vitesse est égale au quotient de la distance parcourue par la durée de parcours : $v = \frac{2d}{\Delta t}$.

La distance d séparant les deux parois est donnée par : $d = \frac{v\Delta t}{2}$.

Application numérique : $d = \frac{1500 \times 10 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,0075$ m soit environ 7,5 mm.

Activité 6 C'est une analogie avec le marteau de forgeron qui tape sur une enclume.

Le marteau, solidaire du tympan, transmet les vibrations à l'enclume qui fait vibrer à son tour l'étrier (dont le nom rappelle la forme).

C

Corrigés des activités

Chimie

Activité 1 Sodium : Na : $(K)^2 (L)^8 (M)^1$
Calcium : Ca : $(K)^2 (L)^8 (M)^2$
Potassium K : $(K)^2 (L)^8 (M)^8 (N)^1$

Activité 2 Les ions monoatomiques des éléments sodium : Na^+ car $(K)^2 (L)^8$: couches saturées.
Calcium : Ca^{2+} car $(K)^2 (L)^8$: couches saturées.
Potassium K^+ car $(K)^2 (L)^8 (M)^8$: couches saturées.

Activité 3 Il existe aussi l'iode 127, l'iode 129 et l'iode 131.
Les valeurs indiquées indiquent le nombre de nucléons des noyaux.
Ce sont des isotopes.



Corrigés des exercices

Physique

Exercice 1 Oscilloscope

- 1 La sensibilité est 2 V/div, la tension maximale est obtenue en multipliant 3 (3 divisions) par 2 V/div : $U_m = 6V$.
- 2 Le temps de balayage est 5 ms/div, la période est obtenue en multipliant 8 (8 divisions) par 5 ms/div : $T = 40ms$.

La fréquence du signal s'exprime par : $f = \frac{1}{T}$. A.N. : $f = \frac{1}{40 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ Hz}$.

Exercice 2 Utilisation d'un oscilloscope

La sensibilité est 5 V/div, la tension maximale est obtenue en multipliant 2 (2 divisions) par 5 V/div : $U_m = 10V$.

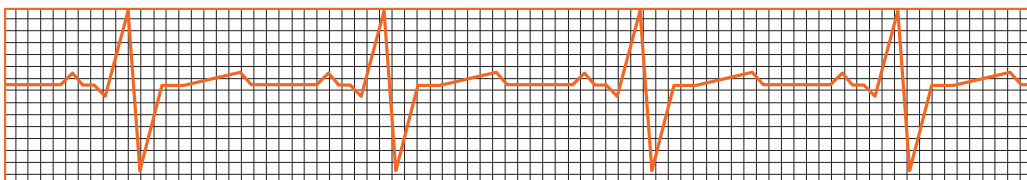
$$\text{A.N. : } U = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,1$$

La fréquence du signal s'exprime par : $f = \frac{1}{T}$.

Le temps de balayage est 5 μs /div, la période est obtenue pour 1 division : $T = 5 \mu s$.

$$\text{A.N. : } f = \frac{1}{5 \cdot 10^{-6}} = 200\,000 \text{ Hz}.$$

Exercice 3 ECG

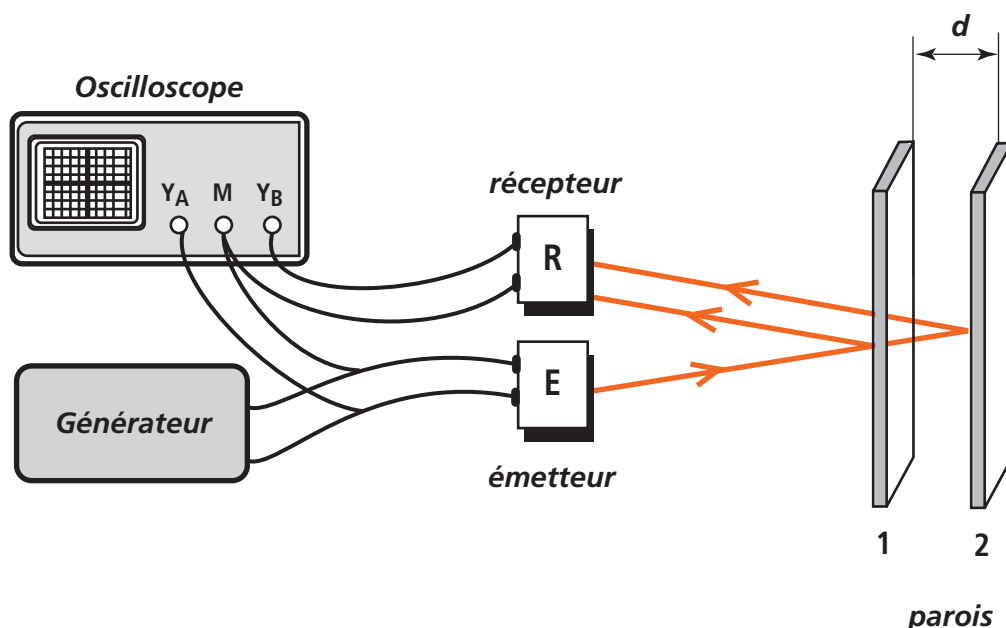




- ❶ La durée d'un cycle cardiaque correspond à 20 carreaux soit 1,0 s.
- ❷ Le rythme cardiaque est égal à $\frac{60}{1,0} = 60$ soit 60 cycles effectués en une minute.

Exercice 4 Échographie

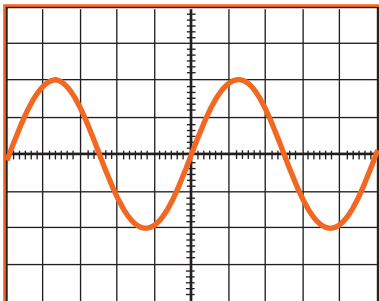
- ❶ Principe de l'échographie.



Le décalage en durée Δt entre les deux échos correspond au supplément de distance parcourue par l'onde qui se réfléchit sur la paroi P_2 .

- ❷ On émet des salves d'ultrasons et non un son continu pour éviter que les ondes réfléchies par différentes parois ne se chevauchent.
- ❸ La vitesse de propagation des sons et des ultrasons dans les tissus humains est de 1500 m.s^{-1} .
- ❹ Les deux fonctions de la sonde ultrasonore utilisées dans un appareil échographique sont l'émission et la réception de l'onde sonore.
- ❺ Selon la perméabilité des tissus rencontrés, l'intensité de l'onde réfléchie est plus ou moins importante ce qui se traduit par des contrastes différents sur les images.

Exercice 5 Hauteur du son

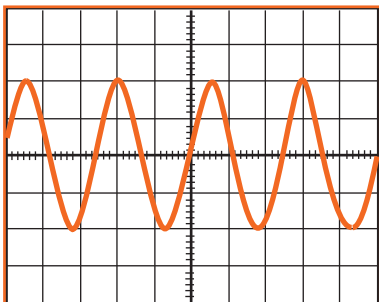


Base de temps : 0,1 ms/div.

La période correspond à (5 div) soit : $T = 0,5 \text{ ms}$.

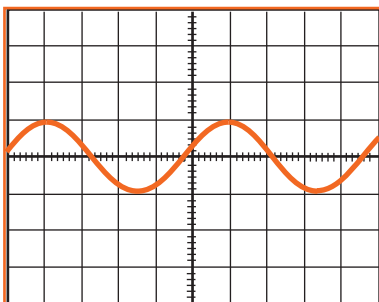
La fréquence du son émis est : $f = \frac{1}{T}$.

Application numérique : $f = 2000 \text{ Hz}$.



La période correspond à (2,5 div) soit :

$T = 0,25 \text{ ms} \Rightarrow f = 4000 \text{ Hz}$.



La période correspond à (5 div) soit :

$T = 0,5 \text{ ms} \Rightarrow f = 2000 \text{ Hz}$.

Le son émis par le haut-parleur est le plus aigu pour l'oscillogramme du milieu ; la fréquence est la plus élevée (4000 Hz).

C

Corrigés des exercices

Chimie

Chapitre 1 Un modèle de l'atome

QCM 1 La charge électrique portée par un électron est égale à

b. $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

QCM 2 La charge électrique portée par un proton est égale à

a. $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

QCM 3 2 particules ont une masse presque égale

a. le proton et le neutron

Exercice 1 Composition des atomes

Raisonnons sur l'exemple du lithium : $Z = 3$ donc l'atome contient 3 protons et donc 3 électrons puisqu'il est neutre. De plus, $A = 7$ donc il y a $7 - 3 = 4$ neutrons dans le noyau de l'atome.

Les autres résultats donnent

Élément	^1_1H	^7_3Li	$^{14}_7\text{N}$	$^{16}_8\text{O}$	$^{20}_{10}\text{Ne}$	$^{23}_{11}\text{Ne}$	$^{39}_{19}\text{K}$
Nombre de protons	1	3	7	8	10	11	19
Nombre d'électrons	1	3	7	8	10	11	19
Nombre de neutrons	0	4	7	8	10	12	20

Exercice 2 Représentation symbolique d'atomes

a. 6 protons et 6 neutrons : $^{12}_6\text{X}$

b. 17 protons et 18 neutrons $^{35}_{17}\text{X}$

c. 92 protons et 143 neutrons $^{235}_{92}\text{X}$

Exercice 3 *Concentration de la matière dans l'atome*

Soit l'atome de sodium $^{23}_{11}\text{Na}$

a. La masse **exacte** de cet atome :

$$m_{\text{atome}} = Z.m_{e^-} + Z.m_p + (A-Z).m_n = 11 \times 9,1.10^{-31} + 23 \times 1,67.10^{-27} = 3,84.10^{-26} \text{ kg.}$$

b. La masse **approchée** de cet atome :

$$m \approx A.m_p = A.m_n = 23 \times 1,67.10^{-27} = 3,84.10^{-26} \text{ kg.}$$

c. La masse des électrons est négligeable devant celle des nucléons.

Exercice 4 *Composition d'un atome*

Soit un atome d'arsenic As dont le noyau contient 42 neutrons et dont la charge électrique globale du noyau est égale à : $5,28.10^{-18} \text{ C}$.

a. Le numéro atomique Z du noyau est égal au nombre de protons, seules particules chargées du noyau donc il faut diviser la charge du noyau par la charge élémentaire portée par chaque proton :

$$Z = \frac{5,28.10^{-18}}{1,6.10^{-19}} = 33$$

b. Son nombre de masse $A = Z + N = 33 + 42 = 75$.

c. Sa représentation symbolique : $^{75}_{33}\text{As}$

Exercice 5 *L'aspirine*

L'aspirine : $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$.

a. 9 atomes de carbone, 8 d'hydrogène et 4 d'oxygène.

$$\begin{aligned} \text{b. } m_{\text{C}} &= 12 \times 1,67.10^{-27} = 2,00.10^{-26} \text{ kg ; } m_{\text{H}} = 1 \times 1,67.10^{-27} = 1,67.10^{-27} \text{ kg ;} \\ m_{\text{O}} &= 16 \times 1,67.10^{-27} = 2,67.10^{-26} \text{ kg .} \end{aligned}$$

c. La masse approchée de la molécule d'aspirine :

$$9 \times 2,00.10^{-26} + 8 \times 1,67.10^{-27} + 4 \times 2,67.10^{-26} = 3,00.10^{-25} \text{ kg .}$$

C

Corrigés des exercices

Chimie

Chapitre 2 Les éléments chimiques

QCM 1 Les atomes dont les noyaux sont représentés par : ${}^{16}_8?$ ${}^{17}_8?$ ${}^{18}_8?$

- a. sont isotopes
- d. appartiennent au même élément chimique
- e. ont le même nombre de protons

QCM 2 Les atomes dont les noyaux sont représentés par : ${}^{14}_6?$ ${}^{14}_7?$

- b. ont le même nombre de nucléons

QCM 3 Soit l'ion magnésium $\text{Mg}^{2+} = (Z = 12 ; A = 24)$.

- a. Sa structure électronique est : $(\text{K})^2(\text{L})^8$

Exercice 1 Composition des ions

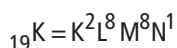
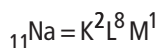
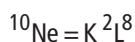
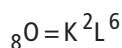
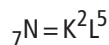
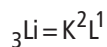
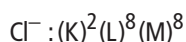
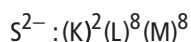
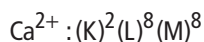
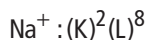
Toujours à partir de l'élément lithium, l'ion Li^+ perd 1 électron donc il n'en reste plus que 2.

	Li^+	Na^+	${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$	${}^{32}_{16}\text{S}^{2-}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$
Nombre de protons	3	11	20	16	17
Nombre d'électrons	2	10	18	18	18
Nombre de neutrons	4	12	20	16	18

Exercice 2 Représentation symbolique d'ions

Donner la représentation symbolique des ions (utiliser le symbole X) dont la composition est :

- a. 8 protons, 10 électrons et 8 neutrons : ${}^{16}_8\text{O}^{2-}$
- b. 29 protons, 27 électrons et 34 neutrons : ${}^{63}_{29}\text{Cu}^{2+}$
- c. 13 protons, 10 électrons et 14 neutrons : ${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$

Exercice 3 *Structure électronique des atomes***Exercice 4** *Structure électronique des ions***Exercice 5** *Isotopie*

1. les atomes isotopes sont les atomes ayant même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différents, soit X et Y
2. Ce sont deux isotopes de l'élément néon : ${}^{10}_{10}\text{Ne}$ et ${}^{11}_{10}\text{Ne}$

Exercice 6 *Les ions isotopes*

L'élément silicium possède 4 isotopes ${}^{28}_{14}\text{Si}$ ${}^{29}_{14}\text{Si}$ ${}^{30}_{14}\text{Si}$ ${}^{31}_{14}\text{Si}$

- a. La structure électronique du 1^{er} isotope : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^4$, les 3 autres isotopes possèdent la même structure électronique car ils ont le même nombre d'électrons.
- b. Les électrons perdus sont les électrons de la couche externe M, ce qui donne l'ion Si^{4+} .

Exercice 7 *Le sucre*

- a. Le saccharose corps pur composé car il est constitué de plusieurs éléments chimiques.
- b. il y a 12 atomes de carbone, 22 d'hydrogène et 11 d'oxygène.

Exercice 8 *Élément chimique*

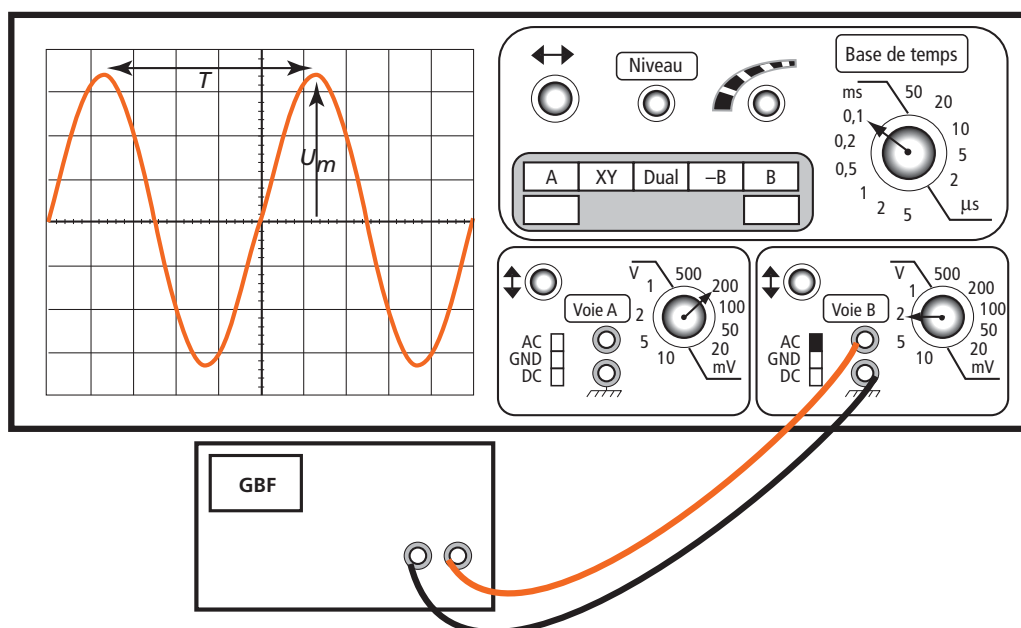
- a. Il y a présence de l'élément fer dans les épinards. Ceux-ci sont-ils quand même consommables car le fer est présent à l'état d'ions fer.
- b. Il s'agit de l'isotope 18 du fluor.

C

Corrigé du devoir autocorrectif

Physique

Exercice 1 ① Un phénomène périodique est un phénomène qui se reproduit identiquement à lui-même à intervalles de temps réguliers.



② Sur la base de temps, on lit 0,1 ms/div ; le temps de balayage est donc 0,1 ms div.

La période est obtenue en multipliant 5 (5 divisions) par 0,1 ms/div :

$$T = 0,5 \text{ ms.}$$

③ La fréquence du signal s'exprime par : $f = \frac{1}{T}$.

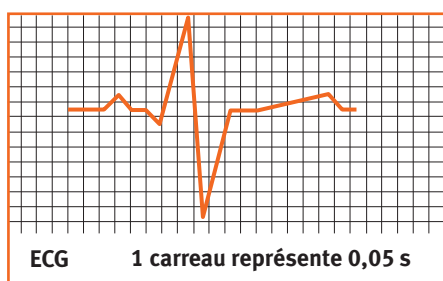
$$\text{A.N.: } f = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 2000 \text{ Hz.}$$

④ La sensibilité lue sur l'oscilloscope est 2 V/div, la tension maximale est obtenue en multipliant 3,4 (3,4 divisions) par 2 V/div. La valeur maximale de cette tension est : $U_m = 6,8 \text{ V.}$

Exercice 2

- ① L'ECG est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur; c'est l'électrocardiogramme
- ② L'analyse d'un électrocardiogramme permet de vérifier la régularité du rythme cardiaque (nombre de cycles par minute) et de détecter ainsi d'éventuelles anomalies cardiaques.
- ③ Au cours du fonctionnement du cœur, chaque fibre se comporte comme un générateur de tension variable.

Les électrodes servent à détecter les variations de tension ainsi créées qui se propagent dans les tissus conducteurs; on les retrouve au niveau des cellules de la peau.



- ④ En couler un cycle cardiaque.
- ⑤ La durée d'un cycle cardiaque correspond à 20,5 carreaux soit 1,02 s.
- ⑥ Le rythme cardiaque est égal à $\frac{60}{1,02} = 59$ soit 59 cycles effectués en une minute.
- ⑦ Lors d'un électroencéphalogramme, les électrodes enregistrent l'activité électrique du cerveau, comme l'électrocardiogramme enregistre l'activité électrique du cœur.

Chimie

Composition d'un atome

- a. Le numéro atomique Z du noyau est égal au nombre de protons, seules particules chargées du noyau donc il faut diviser la charge du noyau par la charge élémentaire portée par chaque proton :

$$Z = \frac{3,84 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 24$$

- b. Son nombre de masse $A = Z + N = 24 + 28 = 52$.

- c. Sa représentation symbolique ${}^{52}_{24}\text{X}$

Les ions du sang

- ① Cl: 17 protons, 17 électrons et $(35 - 17) = 18$ neutrons
K: 19 protons, 19 électrons et $(39 - 19) = 20$ neutrons
- ② Un élément chimique est caractérisé par un symbole chimique (et un nom) qui lui sont propres.
- ③ $m \approx A \cdot m_p = A \cdot m_n = 39 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 6,51 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.

- 4 Les atomes isotopes du potassium possèdent le même numéro atomique : 19 ; ce sont donc les atomes ${}^{40}_{19}\text{K}$ ${}^{41}_{19}\text{K}$
- 5 $\text{Cl} : (\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^7$ $\text{K} : (\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^8 (\text{N})^1$
- 6 7 électrons sur la couche externe (M) de Cl et 1 seul pour le potassium (N).
- 7 Cl gagne 1 électron sur sa couche externe (saturée) tandis que K perd l'électron de sa couche externe qui devient la couche M (saturée).
- 8 Un ion K^+ pour un ion Cl^- donc : KCl.



Corrigés des activités

Physique

Activité 1 L'énergie thermique du rayonnement infrarouge est utilisée en kinésithérapie ; l'échauffement des tissus produit une vasodilatation (c'est pour cela que la peau rougit), et un effet sédatif sur les lombagos, ou les arthrites...

Le corps humain (si la température n'est pas trop élevée) émet des rayonnements infrarouges. La visualisation de ces radiations infrarouges se fait grâce à des détecteurs (caméras infrarouges, thermographie médicale, thermomètre médical,).

Activité 2

	UVC	UVB	UVA
Intervalle de longueur d'onde	10 à 280 nm	280 à 320 nm	320 à 400

Les UVC, de courte longueur d'onde, sont les UV les plus nocifs.

Les UVB, de longueur d'onde moyenne, ont une activité biologique importante, mais ne pénètrent pas au-delà des couches superficielles de la peau. Ils sont responsables du bronzage et des brûlures à retardement.

Les UVA, dont la longueur d'onde est relativement longue, représentent près de 95 % du rayonnement UV qui atteint la surface de la terre. Ils peuvent pénétrer dans les couches profondes de la peau et sont responsables de l'effet de bronzage immédiat.

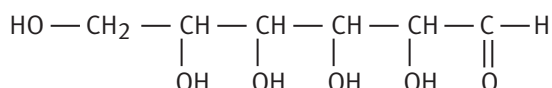
- Activité 3**
- 1 La grandeur associée au carbone (à l'oxygène ou à l'azote) qui permet de dire que le carbone absorbe peu les rayons X est le numéro atomique Z.
 - 2 Les os contiennent les éléments phosphore et calcium : P ($Z = 15$) ; Ca ($Z = 20$).
Les poumons contiennent principalement des éléments oxygène, carbone, azote et hydrogène : O ($Z = 8$), N ($Z = 7$), C ($Z = 6$) et H ($Z = 1$).
 - 3 Le plomb est un élément chimique « lourd » qui absorbe les rayons X.
 - 4 Ordre de grandeur des distances interatomiques dans les cristaux : 0,1 nm.
 - 5 Dans les radiographies médicales, la source de rayons X doit être proche du patient pour éviter l'absorption des rayons par l'air : Ils sont facilement absorbés par l'air.

C

Corrigés des activités

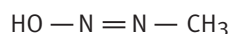
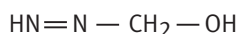
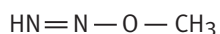
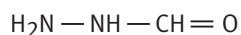
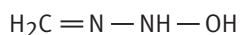
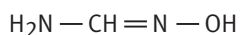
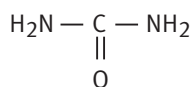
Chimie

- Activité 1**
- 1 Les éléments présents dans la molécule de glucose sont : carbone C, hydrogène H et oxygène O.
 - 2 La molécule contient 6 atomes de carbone, 12 atomes d'hydrogène et 6 atomes d'oxygène.
 - 3 Une formule semi-développée non cyclique possible



- Activité 2**
- 1 Les éléments présents dans la molécule de cholestérol sont : carbone C, hydrogène H et oxygène O.
 - 2 La molécule contient 27 atomes de carbone, 46 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène.

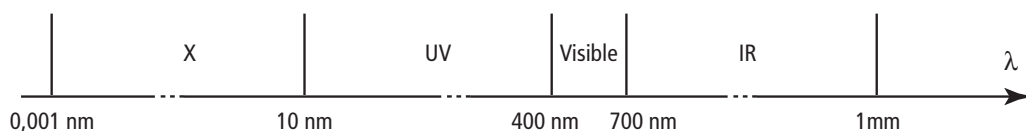
- Activité 3**
- 1 Les éléments présents dans la molécule d'urée sont : carbone C, hydrogène H, azote N et oxygène O.
 - 2 La molécule contient 1 atome de carbone, 4 atomes d'hydrogène, 2 atomes d'azote et 1 atome d'oxygène.
 - 3 Les 7 formules semi-développées de tous les isomères non cycliques de l'urée.



Corrigés des exercices

Physique

Exercice 1 Domaine des ondes électromagnétiques



Exercice 2 Vrai ou faux

- ❶ Faux; la fréquence d'une onde électromagnétique est inversement proportionnelle à la longueur d'onde $\nu = \frac{c}{\lambda}$.
- ❷ Vrai; plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie des photons augmente $E = h \frac{c}{\lambda}$.
- ❸ Vrai; plus le numéro atomique Z d'un élément augmente et plus les rayons X sont absorbés par cet élément.

Exercice 3 Lampe à vapeur de mercure

- ❶ L'énergie E d'un photon est reliée à la fréquence ν par: $E = h\nu$.
Application numérique: $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 1,5 \cdot 10^{15} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- ❷ La longueur d'onde λ dans le vide est donnée par: $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
Application numérique: $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{15}} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ soit $\lambda = 200 \text{ nm}$.
- ❸ a. Ce rayonnement appartient au domaine du rayonnement ultraviolet (UV).
b. Le Soleil émet un rayonnement ultraviolet.

Exercice 4 Ondes hertziennes

- ❶ Les ondes radioélectriques sont des ondes électromagnétiques.
a. L'énergie E d'un photon est reliée à la fréquence ν par: $E = h\nu$.
Application numérique: $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 40 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^{-23} \text{ J}$.

b. La vitesse de propagation (ou célérité) de ces ondes dans le vide est égale à la célérité de la lumière dans le vide $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

② La longueur d'onde λ dans le vide est donnée par : $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Application numérique : $\lambda = \frac{3.10^8}{40.10^9} = 0,0075 \text{ m}$ soit $\lambda = 7,5 \text{ mm}$.

Exercice 5 La thermographie

① c'est la vitesse de propagation (ou célérité) des ondes électromagnétiques dans le vide, égale à la célérité de la lumière dans le vide ; unité : m.s^{-1} .

② La longueur d'onde λ dans le vide est donnée par : $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Application numérique : $\lambda = \frac{3.10^8}{3,22.10^{13}} = 9,0.10^{-6} \text{ m}$ soit $\lambda = 9 \mu\text{m}$.

③ Le rayonnement précédent émis par le corps humain est un rayonnement infrarouge. La longueur d'onde calculée dans la question 2 correspond au rayonnement infrarouge.

④ L'énergie E d'un photon est reliée à la fréquence ν par : $E = h\nu$.

⑤ Application numérique : $E = 6,62.10^{-34} \times 3,22.10^{13} = 2,13.10^{-20} \text{ J}$.

Exercice 6 La radiographie

① Le tube de Coolidge peut produire des rayons X.

② L'absorption des rayons X dépend de la longueur d'onde du rayonnement et du numéro atomique de l'élément chimique traversé.

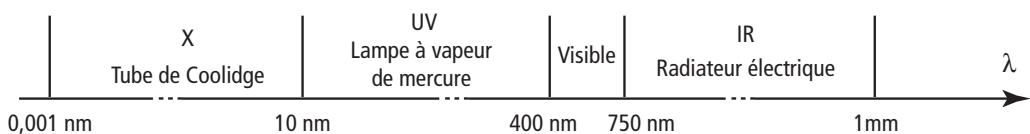
③ Les os contiennent du phosphore et du calcium dont les numéros atomiques sont plus élevés que ceux des éléments constituant les poumons ; ils apparaissent blancs parce qu'ils absorbent les rayons X ; la plaque photographique n'est pas impressionnée. Les poumons sont noirs sur le cliché parce qu'ils n'absorbent pas les rayons X.

④ Le métal le plus approprié est le plomb qui a le numéro atomique le plus élevé.

⑤ Les rayons X sont ionisants. Ils peuvent provoquer des mutations génétiques sur le fœtus.

Exercice 7 Ondes électromagnétiques

① ② Domaines et sources des rayons X, des infrarouges et des ultraviolets



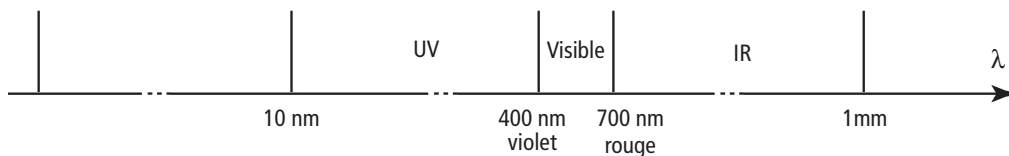
- 3 Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
- 4 a. La fréquence ν_1 d'une radiation de longueur d'onde λ_1 est donnée par :

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}.$$
 Application numérique : $\nu_1 = \frac{3.10^8}{750.10^{-9}} = 4,0.10^{14} \text{ Hz}.$
- b. Application numérique : $\nu_2 = \frac{3.10^8}{10.10^{-9}} = 3,0.10^{16} \text{ Hz}.$
- c. Plus la fréquence d'une onde est élevée, plus sa longueur d'onde est petite.
- 5 a. L'énergie E_1 d'un photon est reliée à la fréquence ν_1 par : $E_1 = h\nu_1$
 Application numérique : $E = 6,62.10^{-34} \times 4.10^{14} = 2,648.10^{-19} \text{ J}.$
- b. Application numérique : $E = 6,62.10^{-34} \times 3,0.10^{16} = 1,986.10^{-17} \text{ J}.$
- c. Plus la fréquence d'une onde est élevée, plus son énergie est forte.

Exercice 8 UV

- 1 2 Le symbole λ est associé à la longueur d'onde.

Valeurs limites (dans le vide) du spectre visible



- 3 Valeurs de la célérité c de la lumière dans le vide : 3.10^8 m.s^{-1} ; $300\,000 \text{ km.s}^{-1}$.
- 4 a. Le symbole ν désigne la fréquence.
 b. Unité : le hertz (Hz).
 c. Unité d'énergie : le Joule (J).
- d. L'énergie E d'un photon est reliée à la longueur d'onde par : $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}.$
 Application numérique : $E_{11} = 6,62.10^{-34} \times \frac{3.10^8}{300.10^{-9}} = 6,62.10^{-19} \text{ J}.$
- 5 a. C'est le rayonnement UV qui en est responsable.
 b. Deux exemples de sources de ce rayonnement : le Soleil et les lampes à mercure.

Exercice 9 IR

- ① La longueur d'onde λ dans le vide est donnée par : $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Application numérique : $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{3,4 \cdot 10^{14}} = 8,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ soit 882 nm.

L'énergie E d'un photon est reliée à la fréquence par : $E = h\nu$.

Application numérique : $E_\gamma = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 3,4 \cdot 10^{14} = 2,25 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Source de radiations infrarouges : fil de tungstène chauffé (dans une lampe).

- ② Plus la longueur d'onde d'une onde est faible, plus son énergie est forte.

Les photons associés aux radiations visibles sont plus énergétiques que ceux associés aux rayonnements infrarouges.

C

Corrigés des exercices

Chimie
Chapitre 4

Classification périodique

QCM 1 Les gaz nobles

- a. se trouvent sur la dernière colonne du tableau périodique
- d. sont quasiment inertes chimiquement

QCM 2 Dans la classification périodique des éléments

- b. les éléments dont les atomes ont la même structure électronique externe sont sur la même colonne
- d. les éléments sont classés par numéro atomique croissant

QCM 3 L'iode, le brome et le chlore

- a. appartiennent à la même colonne de la classification
- c. appartiennent à une même famille d'éléments chimiques
- d. appartiennent à la famille des halogènes

Exercice 1 Structure électronique

Azote : 2^e période donc 2 couches d'électrons (K et L).
 5^e colonne donc 5 électrons périphériques soit $(K)^2(L)^5$.

Calcium : 4^e période donc 4 couches : K, L, M, et N.
 2^e colonne donc 2 électrons périphériques : $(K)^2(L)^8(M)^8(N)^2$.

Exercice 2 Position dans le tableau

- ① Sodium Na : 3 couches donc 3^e période
 1 électron périphérique donc colonne I.
- ② L'atome de sodium aura tendance à **perdre** son électron périphérique pour acquérir la structure du néon (règle de l'octet) et donner l'ion Na^+ .

Exercice 3 *Le magnésium*

- ① $_{12}\text{Mg}$ donc $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8$ donc 3^e période, 2^e colonne.
- ② L'atome de magnésium aura tendance à **perdre** ses 2 électrons périphériques pour acquérir la structure du néon (règle de l'octet) et donner l'ion Mg^{2+} .

Exercice 4 *Le soufre et le calcium*

- ① Soufre $_{16}\text{S}$: $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^6$
calcium $_{20}\text{Ca}$: $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8(\text{N})^2$
- ② Le soufre a tendance à gagner 2 électrons pour saturer sa couche M, donc: ion $(\text{S})^{2-}$.
Le calcium a tendance à perdre 2 électrons pour saturer sa couche M, donc: ion Ca^{2+} .
- ③
 - a. FAUX, car le soufre n'a que 3 couches → 3^e période tandis que le calcium possède 4 couches → 4^e période.
 - b. FAUX: car le soufre possède 6 électrons périphériques → colonne VI; tandis que le calcium possède 2 électrons → colonne II

Exercice 5 *Ions monoatomiques*

L'ion monoatomique que peut donner un atome dépend de sa position dans le tableau périodique

L'ion obtenu correspondra au gain ou à la perte d'un minimum d'électron pour l'atome de façon à acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche.

La réponse est donc: Na^+ , Cl^- , O^{2-} , Al^{3+} .

Exercice 6 *Les composés ioniques en médecine*

- a. Le magnésium a pour structure électronique: $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^2$ donc 3 couches donc 3^e période et 2 électrons périphériques donc colonne II.
- b. Le chlore appartient à la famille des halogènes. $Z = 17$ donc $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$ donc il possède 7 électrons sur sa couche externe.

- c. Le magnésium perd ses 2 électrons donc : Mg^{2+} , tandis que le chlore gagne 1 électron donc Cl^- .
- d. La formule brute du chlorure de magnésium est donc MgCl_2 puisqu'il faut 2 ions chlorure pour 1 ion magnésium pour obtenir un composé neutre électriquement.

Exercice 7 Les éléments du corps humain

Le corps humain est principalement constitué des éléments : C, H, O, N, S, P, Na, K, Mg, Ca et Cl.

Il contient aussi d'autres éléments en quantité beaucoup plus faible (oligoéléments) : Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Sn, As..... Ces oligoéléments sont indispensables au bon fonctionnement du métabolisme.

a.

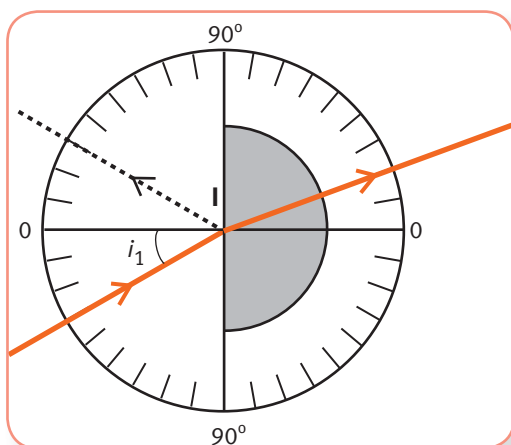
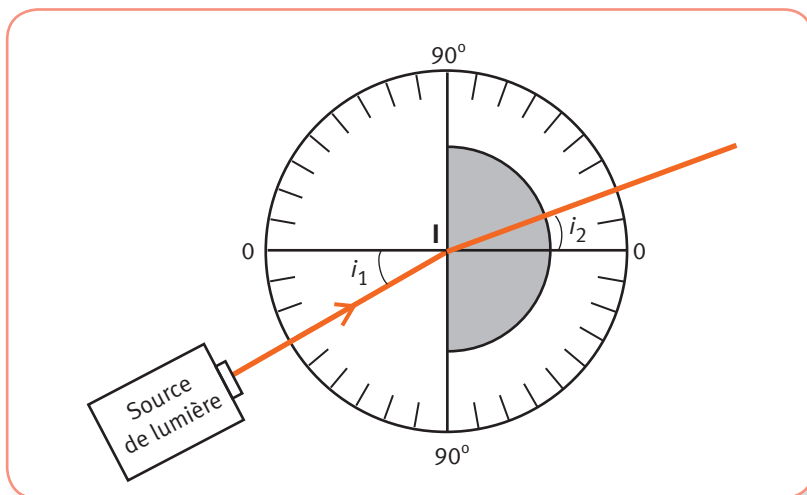
Colonne I	Colonne II	Colonne IV	Colonne V	Colonne VI	Colonne VII
H					
		C	N	O	
Na	Mg		P	S	Cl
K	Ca				

- b. Les oligoéléments se trouvent au centre de la classification.
- c. Les oligoéléments se trouvent sous forme d'ions dans le corps humain ?



Corrigés des activités

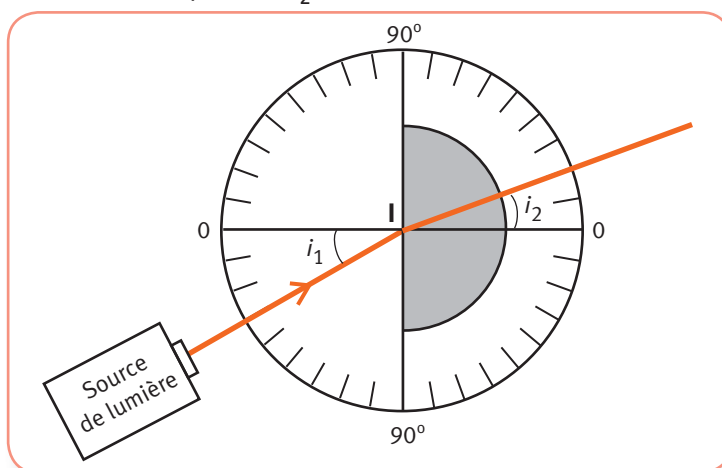
- Activité 1** ❶ La lumière n'est pas déviée ($i_2 = 0$) lorsqu'elle arrive selon la normale au dioptre ($i_1 = 0$).



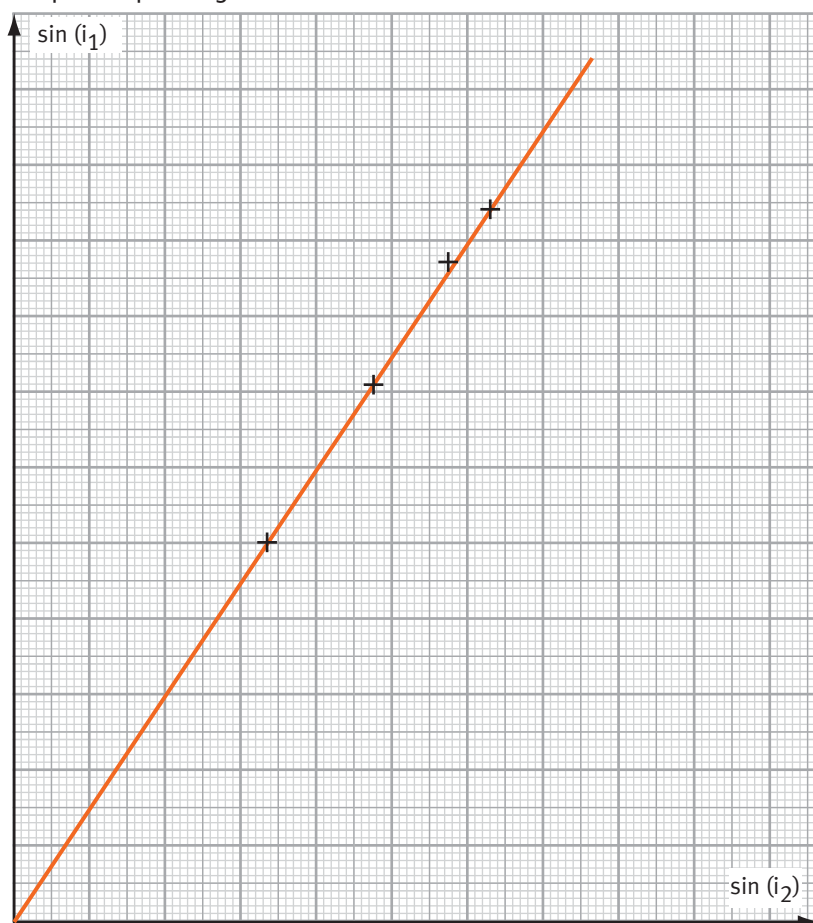
- ❷ Pour un rayon incident d'incidence $i_1 = 30^\circ$, on observe deux autres rayons : le rayon réfracté à droite et un rayon réfléchi à gauche représenté en pointillé.
- ❸ On réalise plusieurs expériences et on obtient le tableau suivant :

$i_1(^{\circ})$	0	20	30	45	60	70
$i_2(^{\circ})$	0	13	20	28	35	39
$\sin i_1$	0	0,34	0,50	0,71	0,87	0,94
$\sin i_2$	0	0,22	0,34	0,47	0,57	0,63

Sur le schéma, on peut lire : $i_2 = 19^\circ$.



- 4 On trace le graphe $\sin i_1 = f(\sin i_2)$. L'allure de la courbe est une droite passant par l'origine.



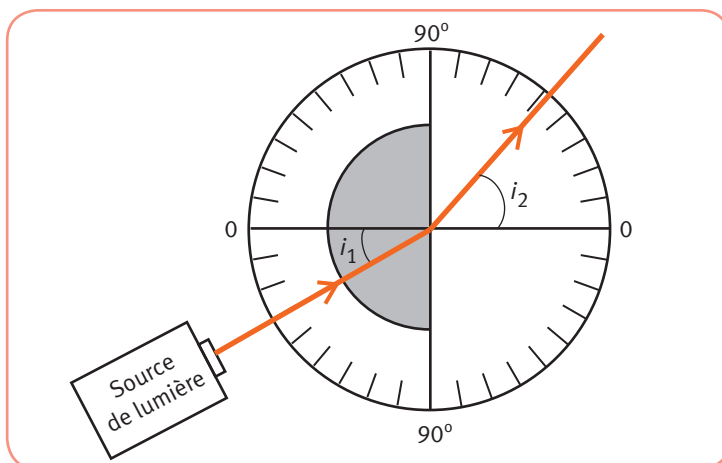
5 La loi de Descartes permet d'écrire :

$$n_{\text{plexiglas}} \sin i_2 = \sin i_1 \Rightarrow \boxed{n_{\text{plexiglas}} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}}$$

Le coefficient de proportionnalité est donné par le coefficient directeur de la droite.

Choisissons un point sur la droite : (0,75, 0,50) ; on obtient : $n_{\text{plexiglas}} = \frac{0,75}{0,50}$ soit : $n_{\text{plexiglas}} = 1,5$.

- Activité 2**
- 1 L'angle d'incidence à l'entrée du plexiglas est nul. Il n'y a donc pas réfraction.
 - 2 L'angle i_2 est supérieur à l'angle i_1 parce que l'indice du plexiglas est supérieur à l'indice de l'air.



3 Expression de l'angle limite de réflexion totale.

$$n_{\text{plexiglas}} \sin i_{\max} = n_{\text{air}} \sin \frac{\pi}{2} = n_{\text{air}} \Rightarrow \boxed{\sin i_{\max} = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{plexiglas}}}}$$

Faire sur la calculatrice $\sin^{-1}\left(\frac{1,0}{1,5}\right) \Rightarrow i_{\max} = 42^\circ$.

À partir de $i_{1, \text{lim}}$ le rayon réfracté disparaît.

Pour une incidence supérieure à $i_{\max}$, il n'y a plus de rayon réfracté mais un seul rayon réfléchi.

La réflexion est donc totale.

- Activité 3**
- 1 Le rapport entre les diamètres de l'endoscope le plus grand et celui d'une fibre optique est égal à : $\frac{12 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-6}} = 1200$.
 - 2 On introduit 2 câbles dans le corps du patient : l'un conduit la lumière d'éclairage et l'autre sert à transmettre l'image.
 - 3 En utilisant la fibroscopie, il est possible de faire de la microchirurgie.

- Activité 4**
- 1 Dès 1960, les lasers sont apparus comme des sources de lumière potentiellement intéressantes pour la médecine car elles avaient trois propriétés qui les distinguaient des sources conventionnelles :
 - ▶ la directivité, le faisceau laser est très fin ;
 - ▶ la monochromaticité : le faisceau laser émet une seule longueur d'onde ;
 - ▶ et la densité d'énergie : le faisceau laser permet d'émettre pendant des durées très brèves ce qui donne des densités d'énergie extrêmement élevées.
 - 2 Le laser peut effacer par exemple, les tatouages en détruisant les pigments de couleur qui le composent.
 - 3 Cette technique associe une lumière laser à un médicament sensible à cette longueur d'onde.

- Activité 5**
- 1 La luminothérapie s'appuie sur les études d'un psychiatre américain Norman Rosenthal qui a établi des liens entre le manque de lumière et divers troubles qui peuvent survenir avec la période hivernale, avec un travail de nuit,....
Les lampes de luminothérapie agissent sur la régulation de la mélatonine pour éviter la sécrétion de mélatonine en trop grande quantité. C'est cette hormone produite par l'épiphyse qui est à l'origine de notre besoin de sommeil.
 - 2 Les lampes de luminothérapie peuvent être utilisées par toute personne qui supporte la lumière du soleil.
Les lampes n'émettent qu'une faible quantité de rayonnement ultraviolet (UV) (inférieure à la lumière du jour classique).

Par précaution, la consultation préalable du médecin traitant, d'un ophtalmologiste ou d'un psychiatre est néanmoins nécessaire dans les cas suivants : antécédents de grave maladie des yeux (cataracte, glaucome...),
 - 3 On ne peut pas bronzer avec les lampes de luminothérapie ; elles émettent moins d'UV que la lumière naturelle du jour et chaque lampe possède un écran protecteur filtrant les UV.



Physique

Exercice 1

Angle limite de réflexion totale

① Expression de l'angle limite de réflexion totale.

$$n_1 \sin i_{\max} = n_2 \sin \frac{\pi}{2} = n_2 \Rightarrow \sin i_{\max} = \frac{n_2}{n_1} . n_2 \text{ est l'indice le plus élevé.}$$

Passage Verre – eau : faire sur la calculatrice $\sin^{-1}\left(\frac{1,33}{1,52}\right) \Rightarrow i_{\max} = 61,0^\circ$.

Passage huile de paraffine – eau : faire sur la calculatrice

$$\sin^{-1}\left(\frac{1,33}{1,45}\right) \Rightarrow i_{\max} = 66,5^\circ .$$

② **Pour une fibre optique :** faire sur la calculatrice

$$\sin^{-1}\left(\frac{1,48}{1,52}\right) \Rightarrow i_{\max} = 76,8^\circ .$$

Exercice 2

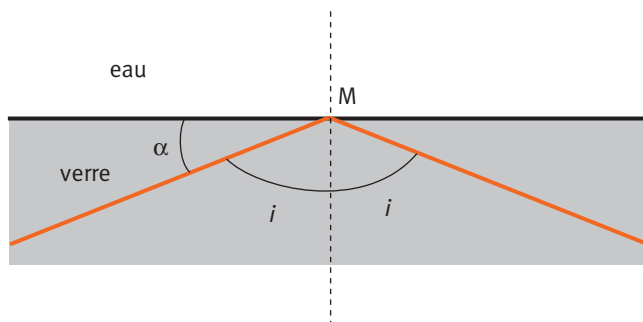
Trajet d'un rayon lumineux

L'angle d'incidence doit être mesuré par rapport à la normale à la surface de séparation ; ici : $i = (90^\circ - \alpha) = 70^\circ$.

Expression de l'angle limite de réflexion totale ;

passage Verre – eau : $n_v \sin i_{\max} = n_e \sin \frac{\pi}{2} = n_e \Rightarrow \sin i_{\max} = \frac{n_e}{n_v}$; faire sur la calculatrice $\sin^{-1}\left(\frac{1,33}{1,52}\right) \Rightarrow i_{\max} = 61,0^\circ$.

L'angle i est supérieur à l'angle $i_{\max}$; il y a donc réflexion totale.



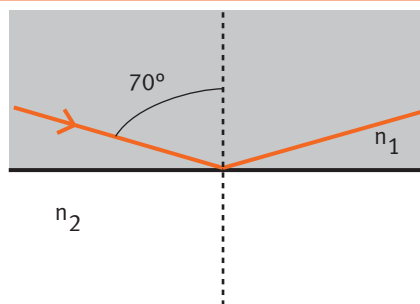
Exercice 3 Réflexion totale

Pour les deux premières figures, l'angle limite de réflexion totale est obtenu en écrivant :

$$n_1 \sin i_{\max} = n_2 \sin \frac{\pi}{2} = n_2 \Rightarrow \sin i_{\max} = \frac{n_2}{n_1} ; \text{ faire sur la calculatrice}$$

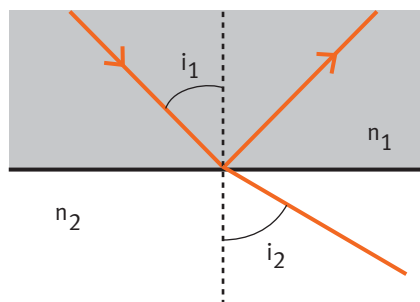
$$\sin^{-1}\left(\frac{1,33}{1,52}\right) \Rightarrow i_{\max} = 61,0^\circ.$$

L'angle i est supérieur à l'angle $i_{\max}$; il y a donc réflexion totale.



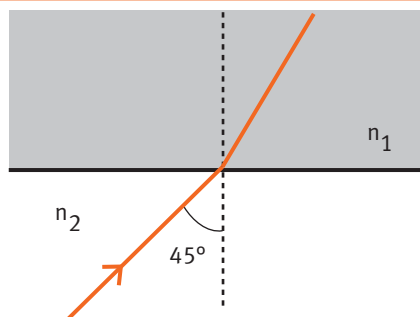
L'angle i est inférieur à l'angle $i_{\max}$; il y a donc réfraction et réflexion partielle.

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 = 0,81 \Rightarrow i_2 = 54^\circ$$

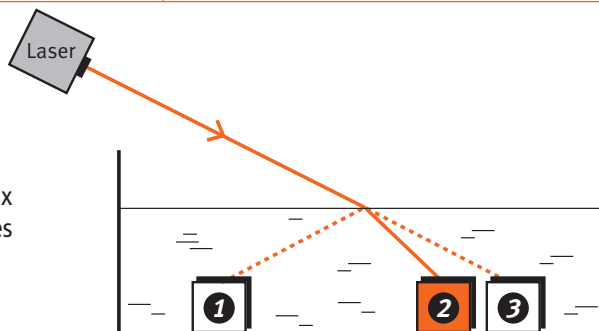


Pour la troisième figure il y a réfraction avec une réflexion partielle

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin i_2 = 0,62 \Rightarrow i_1 = 38^\circ$$

**Exercice 4 Réfraction**

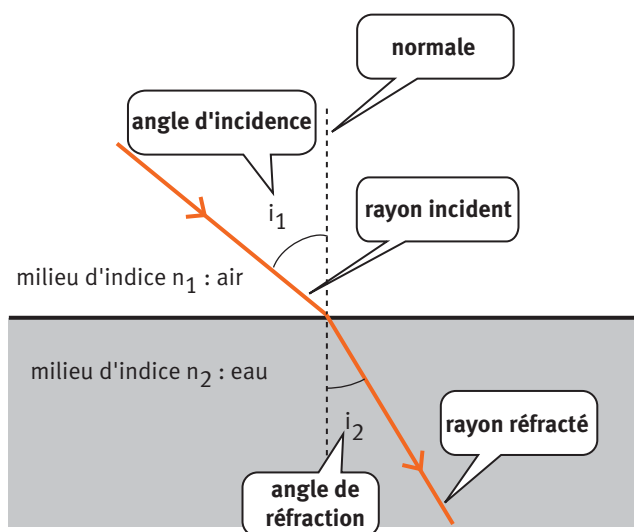
Si le laser fonctionne, le rayon lumineux sera réfracté ; il éclairera l'objet 2 d'après la 2^e loi de Descartes.



C

Corrigé du devoir autocorrectif

Exercice 1 ①



② Lois de Snell-Descartes.

1^{re} loi de Snell-Descartes : le rayon incident et le rayon réfracté sont dans le même plan : le plan d'incidence.

Ce plan d'incidence contient le rayon incident et la normale au point d'incidence. Il est perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux d'indices différents.

2^e loi de Snell-Descartes : l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 (angle entre la normale et le rayon réfracté) sont liés par la relation : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

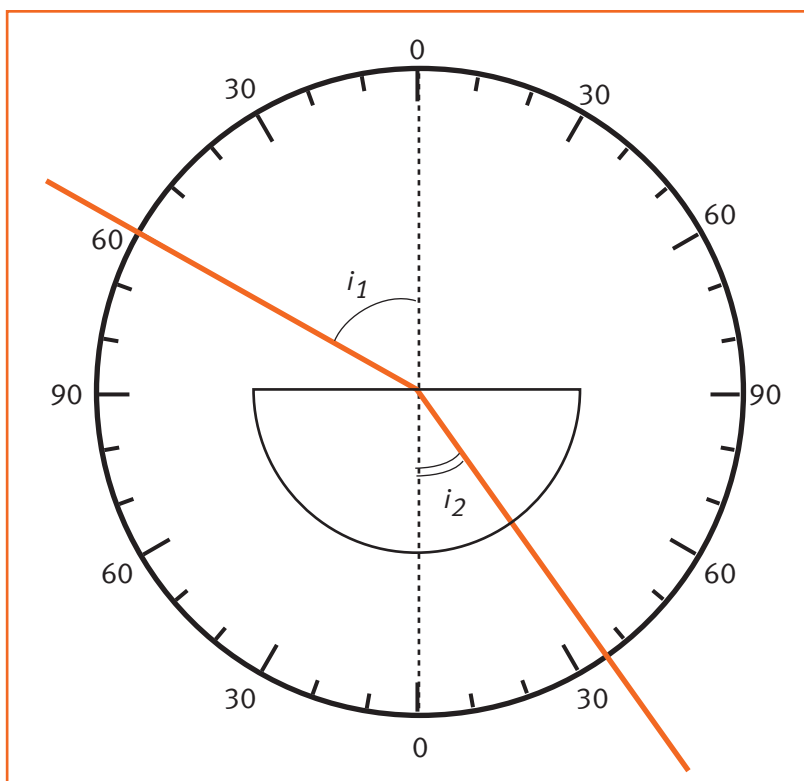
③ La loi de Descartes permet d'écrire :

$$n_{\text{verre}} \sin i_2 = n_{\text{air}} \sin i_1, \Rightarrow n_{\text{verre}} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}.$$

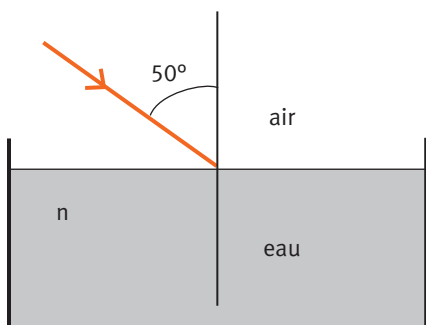
Sur le schéma, nous lisons : angle d'incidence $i_1 = 60^\circ$; angle de réfraction :

$$i_2 = 35^\circ.$$

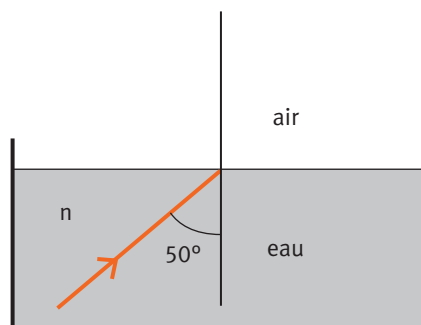
$$n_{\text{verre}} = \frac{\sin(60)}{\sin(35)} \text{ soit : } n_{\text{verre}} = 1,5.$$



Exercice 2



Situation n° 1



Situation n° 2

- ① Il y a réflexion totale lorsque :
 - ▶ l'indice de réfraction du milieu où se trouve le rayon est supérieur à l'indice du milieu extérieur
 - ▶ l'angle d'incidence de la lumière sur la paroi de séparation des deux milieux est supérieur à l'angle limite $i_{\max}$.

Il n'y aura réflexion totale que dans la situation n° 2 : l'indice de réfraction de l'eau est supérieur à l'indice de l'air.

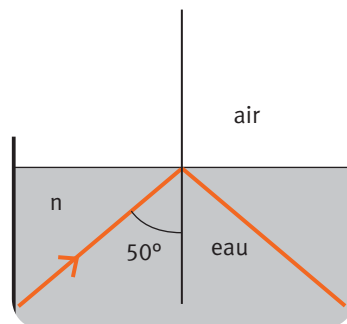
- 2 L'expression de l'angle limite de réflexion totale s'obtient en appliquant la loi de la réfraction de Descartes.

$$n_0 \sin i_{\max} = n \sin \frac{\pi}{2} = n \Rightarrow \boxed{\sin i_{\max} = \frac{n_e}{n_h}}.$$

Application numérique : faire sur la calculatrice $\sin^{-1}\left(\frac{1,00}{1,33}\right) \Rightarrow i_{\max} = 48,7^\circ$.

L'angle α étant supérieur à l'angle $i_{\max}$, il y a bien réflexion totale.

- 3 Tracé du rayon lumineux après son passage en O.
4 Application en médecine : exploration visuelle de l'estomac par fibroscopie.



Chimie

Exercice 1 Le magnésium

- 1 $Z = 12$: l'atome de magnésium possède 12 électrons et 12 protons. Sa structure électronique est donc: $(K)^2 (L)^8 (M)^2$; cet élément possède 3 couches électroniques, donc il appartient à la 3^e période; de plus, il possède 2 électrons sur la couche externe, donc il se situe sur la colonne II.
- 2 L'atome de magnésium peut perdre 2 électrons; la formule de l'ion est donc: Mg^{2+} .
- 3 L'oxyde de magnésium est de formule MgO (ou $Mg^{2+} + O^{2-}$).
- 4 Le calcium Ca appartient à la même colonne du tableau.
- 5 Le calcium peut donc donner le même type de cation que le magnésium (Ca^{2+}) (Ca^{2+}) donc le même type d'oxyde: CaO .
- 6 La famille à laquelle appartiennent Mg et Ca s'appelle la famille des alcalino-terreux.

Exercice 2 Classification périodique

- 1 $(K)^2 / Z = 2$ donc élément hélium He; $(K)^2 (L)^4 : Z = 6$ He; donc élément carbone C; $(K)^2 (L)^8 (M)^1$; $Z = 11$ donc élément sodium Na.
- 2 a) cation sodium Na^+ : l'atome de sodium ($Z = 11$) a perdu un électron. $Na^+ (K)^2 (L)^8$.

cation magnésium Mg^{2+} : l'atome de magnésium ($Z=12$) a perdu deux électrons. $\text{Mg}^{2+} : (\text{K})^2 (\text{L})^8$.

cation aluminium Al^{3+} : l'atome d'aluminium ($Z=13$) a perdu trois électrons. $\text{Al}^{3+} : (\text{K})^2 (\text{L})^8$.

b) L'atome de chlore ($Z=17$) gagne un électron et donne l'ion chlorure

Cl^- . $\text{Cl}^- : (\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^8$.

l'atome de soufre ($Z=16$) gagne deux électrons et donne l'ion oxyde S^{2-} . $\text{S}^{2-} : (\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^8$.

- 3 Sixième colonne donc six électrons externes et 3^e ligne donc les deux premières couches électroniques complètes: soit: $(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^8$: $Z=16$; élément soufre S.

- 4 Les atomes ont tendance à compléter à huit (à deux pour H) leur dernière couche électronique externe et à acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche, donc :

$\text{H}^+ : (\text{K})^0$.

$\text{Na}^+ : (\text{K})^2 (\text{L})^8$ (structure électronique du néon)

$\text{S}^{2-} : (\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^8$ (structure électronique de l'argon)

L'atome d'hydrogène peut former une liaison de covalence et l'atome de soufre deux liaisons de covalence simples.

Ce qui donne le sulfure d'hydrogène: H-S-H



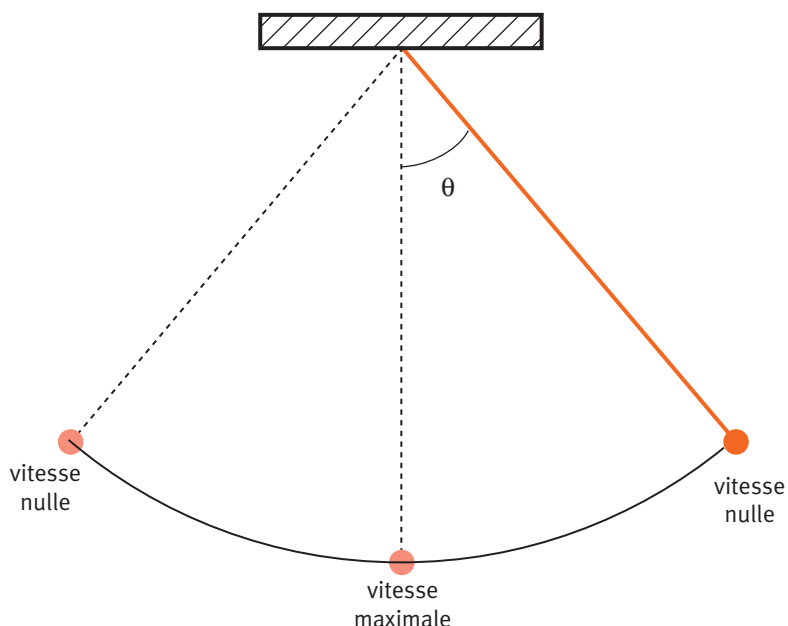
C

Corrigés des activités

Physique

Activité 1

- ❶ Le mouvement du pendule est étudié dans le référentiel du laboratoire qui est galiléen.
- ❷ Trajectoire de la masse suspendue au fil.



Le mouvement est circulaire (la trajectoire décrit un arc de cercle) et non uniforme (la vitesse s'annule dans les positions extrêmes à droite et à gauche de la position d'équilibre).

- ❸ Il est préférable de déclencher le chronomètre lorsque la vitesse est maximale afin de ne pas rajouter une erreur liée à l'arrêt du pendule (lorsque la vitesse s'annule).
- ❹ Il faut 2/10èmes de seconde pour déclencher et arrêter le chronomètre de la montre.
- ❺ La précision de la mesure manuelle d'une durée au chronomètre électronique de laboratoire est de plus ou moins un dixième de seconde. Il est préférable de mesurer la durée de plusieurs oscillations (10 par exemple) plutôt que d'une seule pour diviser l'erreur par 10.

6 Chronomètre de laboratoire (une oscillation)

Essais	1	2	3	4	5
Période(s)	1,13	0,94	1,04	1,08	1,12

Chronomètre de laboratoire

Essais	1	2	3	4	5
Durée de 10 oscillations	10,42	10,12	10,23	10,34	10,18
Période(s)	1,04	1,01	1,02	1,03	1,02

Capteur

Essais	1	2	3	4	5
Période(s)	1,022	1,021	1,023	1,020	1,021

a. L'écart obtenu entre la plus grande mesure et la plus petite mesure pour chaque tableau :

Chronomètre de laboratoire (une oscillation) : 0,19 s.

Chronomètre de laboratoire (10 oscillations) : 0,03 s.

Capteur : 0,003 s.

b. Calculer la valeur moyenne de la période pour chaque tableau :

$$T_{\text{moy}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}.$$

Chronomètre de laboratoire (une oscillation) : $T_{\text{moy}} = 1,1$ s.

Chronomètre de laboratoire (10 oscillations) : $T_{\text{moy}} = 1,02$ s.

Capteur : $T_{\text{moy}} = 1,021$ s.

Sur une oscillation, la durée est mesurée à 1/10 ème près.

Sur 10 oscillations, la durée est mesurée à 1/100 ème près.

Avec le capteur, la durée est mesurée à 1/1000 ème près.

Le capteur relié à l'ordinateur est le plus précis.

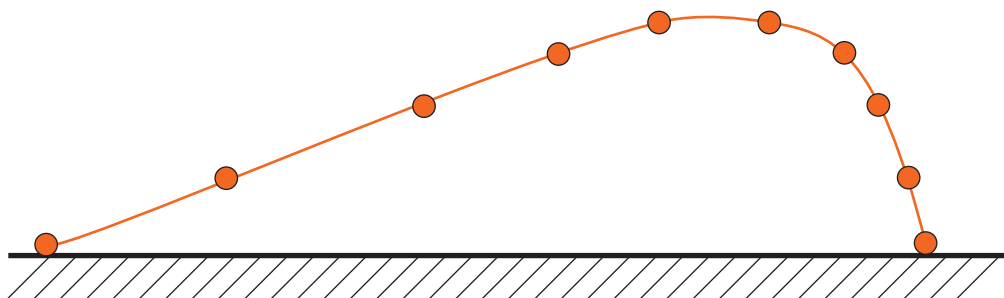
Activité 2 ① Calculons la vitesse du coureur en m.s^{-1} : $v = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m.s}^{-1}$.

Il y a 3000 images par seconde; le coureur parcourt donc 5 mm à chaque image.

② Cette durée est mesurée, entre autres, par les transpondeurs placés sur les cadres des vélos.

Activité 3 ① Le mouvement de la balle est étudié dans le référentiel terrestre.

② Trajectoire de la balle.



③ Le mouvement est d'abord pratiquement rectiligne puis devient curviligne. Il n'est pas uniforme puisque la distance entre les points varie.

④ Il suffit de multiplier la vitesse par 3,6 ce qui donne : 252 km.h^{-1} .

C

Chimie

Corrigés des activités

Activité 1 $M_{\text{glucose}} = 6M_{\text{C}} + 12M_{\text{H}} + 6M_{\text{O}} = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

Activité 2 $C_{\text{m}} = C \times M$ avec : C_{m} : concentration massique et : C : concentration molaire.
 Soit : $C_{\text{m}} = 3,90.10^{-3} \times 180 = 0,70 \text{ g.L}^{-1}$
 $C_{\text{m}} = 5,80.10^{-3} \times 180 = 1,04 \text{ g.L}^{-1}$

Activité 3 $M_{\text{cholesterol}} = 27M_{\text{C}} + 46M_{\text{H}} + M_{\text{O}} = 27 \times 12 + 46 \times 1 + 16 = 386 \text{ g.mol}^{-1}$

Activité 4 $C_{\text{m}} = C \times M$ avec : C_{m} : concentration massique et : C : concentration molaire.
 Soit : $C_{\text{m}} = 4,00.10^{-3} \times 386 = 1,54 \text{ g.L}^{-1}$
 $C_{\text{m}} = 6,00.10^{-3} \times 386 = 2,31 \text{ g.L}^{-1}$

Activité 5 $M_{\text{urée}} = M_{\text{C}} + 4M_{\text{H}} + 2M_{\text{N}} = 12 + 4 \times 1 + 2 \times 14 = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Activité 6 $C_{\text{m}} = C \times M$ avec : C_{m} : concentration massique et : C : concentration molaire.
 $C = \frac{1}{60} = 16,7 \text{ mmol.L}^{-1}$
 $C = \frac{2,5}{60} = 41,7 \text{ mmol.L}^{-1}$



Corrigés des exercices

Chimie

Chapitre 5 La mole : unité de quantité de matière

QCM 1 Les masses molaires s'expriment en :

a. g.mol^{-1}

QCM 2 La relation entre quantité de matière n , masse de l'échantillon m et masse molaire M est :

b. $n = \frac{m}{M}$

c. $M = \frac{m}{n}$

QCM 3 La constante d'Avogadro N_A :

a. est un nombre gigantesque

c. représente le nombre d'entités dans une mole

Exercice 1 *Calculs de masses molaires moléculaires*

$$M_{\text{CO}} = M_{\text{C}} + M_{\text{H}} = 12 + 16 = 28 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{CO}_2} = M_{\text{C}} + 2M_{\text{O}} = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{CH}_4} = M_{\text{C}} + 4M_{\text{H}} = 12 + 4 \times 1 = 16 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 5M_{\text{C}} + 12M_{\text{H}} = 5 \times 12 + 12 \times 1 = 72 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{NH}_3} = M_{\text{N}} + 3M_{\text{H}} = 17 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{CuSO}_4} = M_{\text{Cu}} + M_{\text{S}} + 4M_{\text{O}} = 63,5 + 32 + 4 \times 16 = 159,5 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2M_{\text{H}} + M_{\text{S}} + 4M_{\text{O}} = 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98 \text{g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6M_{\text{C}} + 12M_{\text{H}} + 6M_{\text{O}} = 180 \text{g.mol}^{-1}$$

Exercice 2 *Calculs de quantités de matière*

a. Il faut utiliser la relation entre nombre d'entités N et quantité de matière (mol)

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{24,08 \cdot 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,04 \text{ mol}$$

b. $N = n \times N_A = 0,0001 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{19}$ entités.

Exercice 3 *Masses molaires et quantités de matière*

Pour chaque corps, on peut écrire : $m = n \times M$ en utilisant les valeurs de masses molaires trouvées dans l'exercice précédent.

$$m_{\text{CuSO}_4} = 15,95 \text{ g} ; m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 9,8 \text{ g} ; m_{\text{glucose}} = 18,0 \text{ g}.$$

Exercice 4 *La mole représente un nombre énorme*

a. $6,02 \cdot 10^{23}$ grains de riz.

b. Une mole de grains de riz, soit $6,02 \cdot 10^{23}$ grains de riz sont contenus dans $6,02 \cdot 10^{23} / 50 = 1,2 \cdot 10^{22}$ mL. soit $1,02 \cdot 10^{19}$ L qui a pour masse $1,02 \cdot 10^{19}$ kg.

c. Calculons d'abord la consommation annuelle de riz d'un homme : $50 \times 365 = 18,25$ kg de riz, ce qui donne pour les 6 milliards de terriens : $18,25 \times 6 \cdot 10^9 = 1,1 \cdot 10^{11}$ kg

d. Pour calculer le temps nécessaire pour consommer 1 mole de grains de riz, il suffit de diviser la masse de riz contenue dans 1 mole par la consommation annuelle des terriens :

$$1,2 \cdot 10^{19} / 1,1 \cdot 10^{11} = \text{environ } 109,5 \cdot 10^6 \text{ années soit : 110 millions d'années ! ! !}$$

e. Le titre de l'exercice.

Exercice 5 *La quinine*

$$\begin{aligned} \text{a. } M &= 20 \times M_C + 24 \times M_H + 2 \times M_N + 2M_O = 20 \times 12 + 24 \times 1 + 2 \times 14 + 2 \times 16 \\ &= 324 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$

$$\text{b. } n = \frac{m}{M} = \frac{1000}{324} = 3,1 \text{ mol}$$

Exercice 6 *L'aspartame*

a. Formule brute : $C_{14}H_{18}N_2O_5$.

b. Masse molaire :

$$M = 14 \times M_C + 18 \times M_H + 2 \times M_N + 5M_O = 14 \times 12 + 18 \times 1 + 2 \times 14 + 5 \times 16 \\ = 294 \text{ g.mol}^{-1}.$$

c. $n = \frac{m}{M} = \frac{0,60}{294} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

d. Il faudrait 160 fois plus de saccharose soit : $160 \times 0,002 = 0,327 \text{ mol}$.

e. Avec une masse molaire de : $M = 12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342 \text{ g/mol}$
on calcule :

$$m = n \times M = 0,327 \times 342 = 111,7 \text{ g}.$$

f. $111,7 : 0,6 = 186$; il faut 186 fois moins d'aspartame que de sucre (en masse)
pour obtenir le même goût sucré.



Chimie

Corrigés des exercices

Chapitre 6 Les solutions aqueuses

QCM 1 Une concentration molaire s'exprime en :

e. mol.L^{-1}

QCM 2 On dissout 0,10 mol de soluté dans de l'eau pour obtenir 100 mL de solution. La concentration de la solution est égale à :

a. $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

QCM 3 On ajoute 50 mL d'eau à 50 mL de sirop ; la concentration du sirop a été :

a. divisée par 2

Exercice 1 *Solution ionique – Solution moléculaire*

Les solutions ioniques (contenant des ions) sont :

- l'eau salée (contient des ions sodium Na^+ et chlorure Cl^-)
- l'eau de Javel (ions hypochlorite ClO^- , sodium Na^+ )
- l'électrolyte de batterie (ions hydrogène H^+ , sulfate SO_4^{2-} )

Les autres solutions contiennent des molécules dissoutes :

- l'eau sucrée (molécules de saccharose $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).
- l'alcool $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Exercice 2 *Solvant, soluté*

- a. Dans une solution aqueuse de glucose, le solvant est l'eau, tandis que le soluté est le glucose.
- b. On peut préparer une solution aqueuse de glucose par dissolution de cristaux de glucose dans de l'eau ou bien par dilution d'une solution plus concentrée de glucose.

Exercice 3 *Vocabulaire*

Effectuer 1 dilution de manière à diviser la concentration par 10. (et non faire 10 dilutions de suite !!)

Exercice 4 *Calculs de concentrations (1)*

Quantité de soluté (mol.)	Volume de solution	Concentration molaire de la solution (mol.L ⁻¹)
0,20	5 L	0,04
$2 \cdot 10^{-3}$	20 mL	0,10
$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,62 L	$7,4 \cdot 10^{-3}$

Calculs effectués à partir de la relation : $n = C \times V$.

Exercice 5 *Calculs de concentrations (2)*

De la même manière, en utilisant la relation : $C = n / V$ avec $n = m / M$, on obtient les résultats :

- a. $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ b. $4,67 \text{ mol.L}^{-1}$ c. $0,04 \text{ mol.L}^{-1}$

Exercice 6 *Préparation d'une solution par dissolution de cristaux*

Il s'agit ici de déterminer la masse de cristaux de nitrate d'argent à dissoudre dans l'eau pour obtenir 1,0 L de solution.

Pour cela, il faut utiliser la relation : $m = n \times M$ et donc calculer préalablement la quantité n de cristaux correspondante.

On écrit alors : $n = [\text{AgNO}_3] \times V = 0,010 \times 1 = 0,010 \text{ mol}$.

Ainsi la masse $m = 0,010 \times 169,87 = 1,6987 \text{ g}$ de cristaux à peser (le nombre de chiffres significatifs sur la valeur de m dépend de la sensibilité de la balance utilisée), puis à dissoudre dans une fiole de 1L en suivant le protocole indiqué dans le cours.

Exercice 7 *Dilutions*

① Par application de la relation $v_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} = \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \times 100}{5,0 \cdot 10^{-2}} = 50,0 \text{ mL}$.

Il faut donc prélever 50 mL de solution – mère à l'aide d'une fiole jaugée de 50 mL ; verser son contenu dans une fiole de 100 mL, ainsi que les eaux de rinçage de la fiole de 50 mL ; puis compléter à 100 mL avec de l'eau distillée ; boucher et agiter.

- ② a. Il faut utiliser une pipette jaugée de 5,0 mL et une fiole jaugée de 250,0 mL.

c. On retourne plusieurs fois la fiole afin d'homogénéiser la solution diluée ainsi préparée.

$$d. C_f = \frac{C_0 \times V_0}{V_2} = \frac{5,0 \cdot 10^{-2} \times 5}{250} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Exercice 8 *Retour sur le T.P. :*

2 prélèvements à la pipette de 2,0 mL dans la fiole de 50 mL (ou utilisation possible de la burette graduée) ou : 1 prélèvement à la pipette de 20,0 mL dans la fiole de 250 mL. La 2^e méthode semble plus précise car 1 seul prélèvement, donc 1 seule erreur (au lieu de 2).

Exercice 9 *Analyses médicales*

Il faut calculer les quantités de cholestérol et d'urée contenues dans le sang du patient et ce, à l'aide de la relation : $n = \frac{m}{M}$.

$$\text{Appliquée au cholestérol : } C_c = \frac{2,03}{388} = 5,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 5,23 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$\text{Et à l'urée : } C_u = \frac{0,400}{60} = 6,67 / 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 6,67 \text{ mmol.L}^{-1}$$

Ces valeurs sont dans les fourchettes de normalité données donc le patient est en bonne santé vis-à-vis du cholestérol et de l'urée.



Corrigés des exercices

Activité 1 ① Le mouvement du ballon est étudié dans le référentiel terrestre.

② Il suffit de diviser la vitesse du ballon en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ par 3,6 :

$$v = 130 \times \frac{1000}{3600} = 36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

③ La valeur du poids du ballon est donnée par : $P = mg$.

Application numérique : $P = 0,43 \times 9,81 = 4,2 \text{ N}$.

④ La Poussée d'Archimède est donnée par : $P_A = \rho Vg$.

V est le volume du ballon : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Application numérique : $P_A = 1,20 \times \frac{4}{3}\pi (11 \cdot 10^{-2})^3 \times 9,81 = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$.

La Poussée d'Archimède est négligeable par rapport au poids $\left(\frac{P_A}{P} = 1,6\%\right)$.

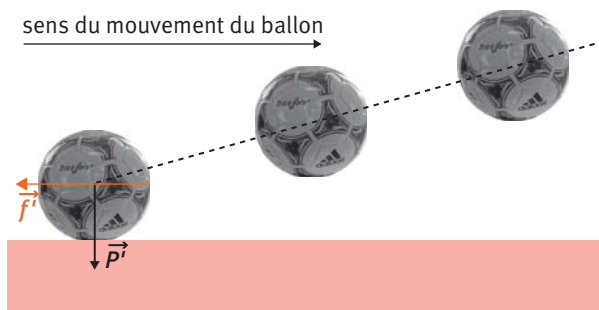
⑤ La force de frottement exercée par l'air est égale à : $f \approx \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} AC_D v^2$.

A correspond à la section du ballon : $A = \pi R^2$.

Application numérique : $f = \frac{1}{2} \times 1,20 \times \pi (11 \cdot 10^{-2})^2 \times 0,4 \times 36^2 = 11,8 \text{ N}$.

La force de frottement n'est pas négligeable par rapport au poids.

⑥ Représentation des forces :



Ces forces vont modifier la vitesse du ballon (la vitesse va diminuer) et modifier la trajectoire du ballon (le ballon ne garde pas une trajectoire rectiligne).

⑦ Deux paramètres responsables de la trajectoire du ballon frappé par Roberto Carlos : la rotation du ballon sur lui-même et la vitesse initiale très élevée.

Activité 2 L'absence de rotation du ballon et la vitesse initiale élevée.

- Activité 3**
- ① Améliorations apportées pour faire diminuer le coefficient C_D de 0,75 à 0,65.
 - ✓ le vélo est profilé pour mieux « rentrer » dans l'air (roues, pédalier, cadre, ...) ;
 - ✓ les chaussures, maillots, casques portés par le cycliste, ...
 - ② Le guidon et les bras près du corps du cycliste n°2 vont diminuer l'aire frontale projetée A_p ; le vélo du cycliste n°1 ne permet pas cette position « fermée ».

C

Corrigés des exercices

Exercice 1 Vrai ou faux

- a) Vrai ; dans le mouvement circulaire uniforme d'un corps, la valeur de la vitesse instantanée de ce corps est égale à la vitesse moyenne de ce corps ; les distances entre deux positions successives du corps sont égales pendant des intervalles de temps égaux.
- b) Faux ; le principe d'inertie ne peut pas s'appliquer dans une Formule 1 qui ralentit avant de s'arrêter parce que la voiture n'appartient pas au référentiel terrestre ; elle n'est pas fixe par rapport à la Terre.
- c) Faux ; l'effet d'une force sur le mouvement ne dépend pas toujours de la masse (voir activité 5 du chapitre 7).
- d) Vrai ; la salle de sport peut servir de référentiel terrestre pour étudier le mouvement d'un ballon de hand-ball ; elle est fixe par rapport à la Terre.

Exercice 2 Vitesse d'une Formule 1

- a) La Formule 1 se déplace à vitesse constante ; on peut donc calculer sa vitesse à partir de la vitesse moyenne $v : v = \frac{d}{t}$.

$$\text{Application numérique : } v = \frac{1000}{9,86} \times \frac{3600}{1000} = 365 \text{ km.h}^{-1}$$

- b) la Formule 1 se déplace en ligne droite : le mouvement est rectiligne ; la vitesse est constante : le mouvement est donc uniforme.

D'après le principe d'inertie appliqué dans le référentiel terrestre, les forces se compensent.

Exercice 3 Service au tennis

- ① Le mouvement de la balle est étudié dans le référentiel terrestre.
- ② Il suffit de diviser la vitesse de la balle en km.h^{-1} par 3,6 :

$$v = 249 \times \frac{1000}{3600} = 69 \text{ m.s}^{-1}$$
- ③ La valeur du poids de la balle est donnée par : $P = mg$.
 Application numérique : $P = 0,058 \times 9,81 = 5,7 \cdot 10^{-1} \text{ N}$.

- ④ La Poussée d'Archimède est donnée par : $P_A = \rho Vg$.

V est le volume de la balle : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Application numérique : $P_A = 1,20 \times \frac{4}{3}\pi (33 \cdot 10^{-3})^3 \times 9,81 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

La Poussée d'Archimède est négligeable par rapport au poids $\left(\frac{P_A}{P} = 0,3\% \right)$.

- ⑤ La force de frottement exercée par l'air est égale à : $f \approx \frac{1}{2}\rho_{\text{air}}AC_D v^2$.

A correspond à la section de la balle : $A = \pi R^2$.

Application numérique : $f = \frac{1}{2} \times 1,20 \times \pi (33 \cdot 10^{-3})^2 \times 0,5 \times 69^2 = 4,9 \text{ N}$.

La force de frottement n'est pas négligeable par rapport au poids.



Corrigés des activités

Activité 1 Il s'agit du principe actif.

Activité 2 Il s'agit des excipients ; exemples : eau, amidon, saccharose.

Activité 3 Ces médicaments contiennent le même principe actif mais pas toujours les mêmes excipients.

Activité 4 Formes galéniques : sirop, suppositoire et comprimé.

Activité 5 Pour procéder à une extraction du ou des principes actifs de la plante, il faut commencer par séparer les feuilles du reste de la plante, puis on peut envisager de réaliser une **hydrodistillation** des feuilles.

Ensuite, une séparation des constituants du mélange extrait par **extraction par solvant** est à envisager en choisissant le ou les solvants appropriés.

Activité 6 Il faudra une très grande quantité de feuilles pour pouvoir envisager de soigner un grand nombre de patients car la quantité de principe actif contenu dans une feuille est extrêmement faible.

Corrigés des activités

Physique

- Activité 1** ① La différence de pression entre deux points A et B d'un liquide au repos s'exprime par : $\Delta P = P_B - P_A = \rho_{eau} gh$.

Application numérique : $P_B - P_A = 1,0 \cdot 10^5$ Pa soit 1,0 bar.

L'augmentation de pression existant lorsqu'un plongeur descend de 10 m dans l'océan est de 1,0 bar.

- ② La pression P_{20} à 20 mètres de profondeur s'exprime par : $P_{20} = P_{atm} + \rho gh'$.

Application numérique : $P_{20} = 3,0$ bar.

- Activité 2** **L'œdème pulmonaire** est dû à l'inondation ou l'accumulation brutale de liquides au niveau des poumons (alvéoles ou des espaces interstitiels pulmonaires). Cet état peut entraîner une insuffisance respiratoire.

Le plus fréquemment, il est d'origine cardiaque.

Une embolie désigne l'obstruction d'un vaisseau par du gaz, un caillot sanguin, des calcifications...

- Activité 3** En cas d'accident de décompression, le malade est immédiatement placé dans un caisson de pressurisation où il est soumis à une forte pression.

L'air libéré par le sang est alors réabsorbé.

Le malade est ensuite ramené progressivement à la pression atmosphérique.

- Activité 4** **Analyse de document**

- ① Dans un gaz parfait, chacune des molécules qui constituent le gaz parfait n'interagit pas avec les autres molécules de celui-ci.

- ② La pression partielle de diazote est égale à : $p_{N_2} = 0,80 \times 5,0 = 4,0$ bar.

La pression partielle de dioxygène est égale à : $p_{O_2} = 0,20 \times 5,0 = 1,0$ bar.

- ③ L'ivresse des profondeurs est due à la toxicité pour l'organisme de l'azote (ou diazote) qui se dissout dans le tissu nerveux de l'organisme.

A une profondeur de 40 m, la pression partielle de diazote est égale à 4,0 bar.

On considère qu'à partir d'une pression partielle de 3.2 bars, les risques sont réels pour des sujets très sensibles ; il y a bien un risque d'ivresse des profondeurs à 40 m de profondeur.

La narcose au diazote ou ivresse des profondeurs est due à la toxicité pour l'organisme de l'azote (ou diazote) qui se dissout dans le tissu nerveux de l'organisme.

Activité 5 Le corps humain est essentiellement constitué de liquides ; il est soumis aux phénomènes d'absorption et de restitution des gaz.

En altitude, où la pression atmosphérique baisse, une plus faible quantité de dioxygène est dissoute dans le sang. Les cellules, moins bien alimentées, ne peuvent en conséquence fournir un effort aussi soutenu qu'en plaine.

Ce facteur doit être pris en compte dans la tentative de record.

Activité 6

- ① Le brassard pneumatique est relié à un manomètre.
- ② Le stéthoscope permet d'écouter l'écoulement sanguin.
- ③ Le brassard est gonflé pour occlure l'artère humérale puis lentement dégonflé pour que l'écoulement reprenne.
- ④ La reprise de l'écoulement correspond à la pression artérielle maximale ou pression systolique (ici 13) ; l'écoulement libre correspond à la pression artérielle minimale ou pression diastolique (ici 7).

Activité 7 La différence de pression entre le cœur et les pieds s'exprime par : $\Delta P = P_p - P_c = \rho_{sang} gh$.

La tension artérielle au niveau des pieds s'exprime par : $T_p = P_p - P_{atm}$.

La tension artérielle moyenne au niveau du cœur s'exprime par : $T_c = P_c - P_{atm}$.

$$T_p - T_c = P_p - P_c = \rho_{sang} gh \Rightarrow T_p = T_c + \rho_{sang} gh.$$

Application numérique : $T_p = 29,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

La tension artérielle n'est pas la même en tout point d'une personne qui est debout.

Si la personne est allongée, sa tension artérielle est la même en tout point.

Activité 8 ① La différence de pression entre deux points A et B d'un fluide en équilibre de masse volumique ρ s'exprime par : $\Delta P = P_A - P_B = \rho gh$.

② La tension T s'exprime par : $T_e = P_A - P_{atm}$ avec $P_{atm} = P_B$.

③ Des questions précédentes, on déduit : $T_e = P_A - P_B = \rho gh$

La hauteur minimale est donc : $h = \frac{T_e}{\rho g}$.

Application numérique : $h = 1,4 \text{ m}$.

Corrigés des exercices

Exercice 1 Marche sur la neige

La personne s'enfonce le plus lorsque la pression est la plus élevée.

Par définition : $P = \frac{F}{S}$; la pression est la plus élevée lorsque la force est plus intense et la surface en contact la plus faible donc lorsque la personne est en chaussure et équipée d'un sac à dos.

La personne s'enfonce le moins en raquette.

La déformation subie par la couche neigeuse dépend de la surface en contact et du poids total de la personne équipée.

Exercice 2 Avion

Lorsque l'altitude de vol augmente, la pression extérieure exercée sur l'avion diminue.

A très haute altitude, la pressurisation de la cabine consiste à augmenter convenablement la pression à l'intérieur de l'appareil pour limiter les dangers.

Exercice 3 Plongeur et force pressante

Par définition : $P = \frac{F}{S}$ avec F en newton (N) et S en m².

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = PS.$$

Application numérique : $F = 10,1 \text{ N}$.

Exercice 4 Vrai ou faux

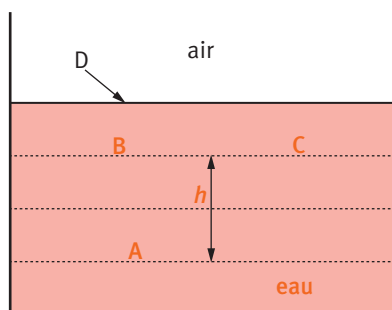
① Vrai ; la pression en D est égale à la pression de l'air c'est-à-dire à la pression atmosphérique.

② Faux ; la pression de l'eau en C est égale à la pression en B.

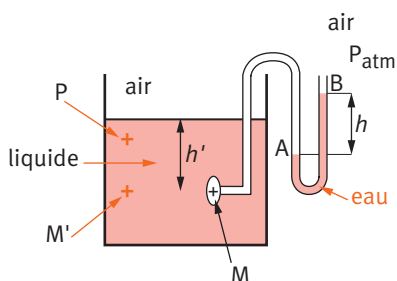
D'après la loi fondamentale de la statique des fluides, la différence de pression entre les points B et C situés dans l'eau s'exprime par : $P_B - P_C = \rho_{\text{eau}}gh'$ et comme $h' = 0$, la pression est la même en B et en C.

③ Vrai ; la pression de l'eau en A est supérieure à la pression en B ; elle augmente avec la profondeur.

④ Faux ; la pression de l'eau en A est supérieure à la pression en B ; la différence de pression entre les points A et B situés dans l'eau s'exprime donc par : $P_A - P_B = \rho_{\text{eau}}gh$.



Exercice 5 Capsules manométriques



- 1 La différence de pression entre deux points A et B d'un fluide au repos s'exprime par : $\Delta P = P_A - P_B = \rho gh$.

La pression P_A au point A s'exprime par : $P_A = P_B + \rho gh$.

Application numérique : $P_A = 1,005 \cdot 10^5$ Pa soit $1,0 \cdot 10^5$ Pa.

- 2 Le point M' est situé dans le même plan horizontal que le point M ; les pressions aux points M et M' sont identiques puisque la dénivellation entre M et M' est nulle.
- 3 Nous avons $P_M - P_P = \rho gh'$; la pression en M est supérieure à celle au point P.

Exercice 6 Plongée

- 1 Définition générale de la pression due à une force $\vec{F}$ s'exerçant perpendiculairement et uniformément sur une surface pressée d'aire notée S : $P = \frac{F}{S}$ avec F en newton (N) et S en m^2 .
- 2 a - La différence de pression entre deux points A et B d'un liquide au repos de masse volumique ρ s'exprime par : $\Delta P = P_A - P_B = \rho gh$; g représente l'intensité de la pesanteur et h la dénivellation entre A et B.
b - Application numérique : $P_B - P_A = 10,9 \cdot 10^5$ Pa.

c - La pression P_B au point B s'exprime par : $P_B = P_A + \rho gh$

Application numérique : $P_B = 11,9.10^5 \text{ Pa}$.

d - $P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = PS$.

Application numérique : $F = 11,9.10^5 \times 1,00.10^{-4} = 119 \text{ N}$.

③ Le plongeur dispose d'un manomètre.

A la même profondeur, si la plongée s'effectuait en eau douce, la pression indiquée serait plus faible. En effet, la masse volumique de l'eau douce est plus faible que la masse volumique de l'eau salée.

Application numérique : $P'_B = P_A + \rho' gh = 11,5.10^5 \text{ Pa}$.



Corrigés des activités

- Activité 1** Il s'agit de poudre pour solution buvable
- Activité 2** Ce sont des excipients.
- Activité 3** Le terme « homogène » signifie une solution comportant une seule phase c'est-à-dire que toute la poudre a été dissoute.
- Activité 4** Lorsque la solution a été correctement préparée, la masse totale d'amoxicilline que contient le flacon est égale à $250 \times 12 = 3000 \text{ mg} = 3,0 \text{ g}$ car il y a 12 cuillérées de solution par flacon.
- Activité 5** La masse de la poudre initiale est largement supérieure à cette valeur car il y a aussi les excipients dans la poudre.
- Activité 6** La concentration massique d'amoxicilline dans la solution :
- $$C = \frac{m}{V} = \frac{3}{60 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$
- Activité 7** Cet enfant nécessite : $150 \times 30 = 4500 \text{ mg}$ d'amoxicilline par 24 heures soit l'équivalent d'1 flacon et demi.
- Activité 8** L'acide acétylsalicylique ne provoque pas de douleurs gastriques et a un effet antipyrétique et antalgique supérieur à celui de l'acide salicylique.
- Activité 9** L'acide acétylsalicylique possède les groupes caractéristiques ester et carboxyle tandis que l'acide salicylique possède les groupes carboxyle et alcool.
- Activité 10** Pour synthétiser l'acide acétylsalicylique, il faut faire un montage de chauffage à reflux.

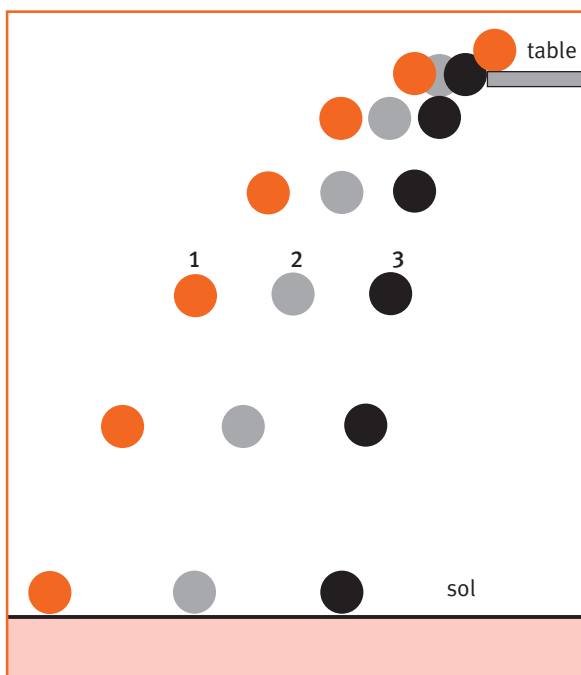
C

Corrigés des activités

Physique

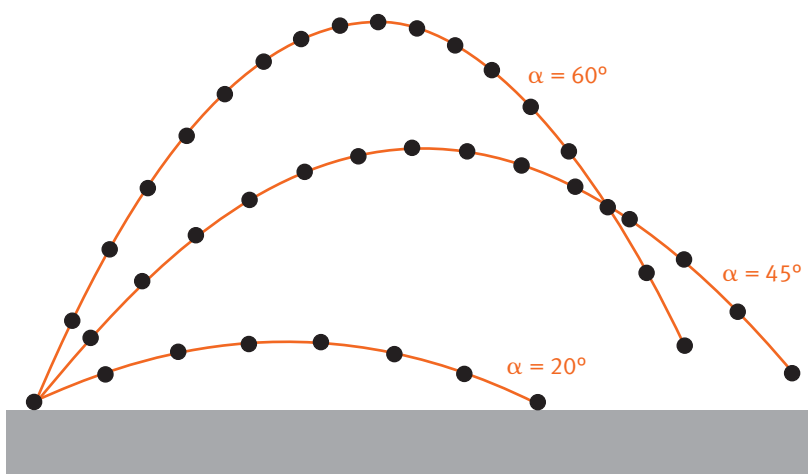
- Activité 1**
- a) Les mouvements de la feuille A4 et du livre sont différents; la feuille met plus de temps pour atteindre le sol.
 - b) Les mouvements de la feuille A4 et du livre sont identiques.
 - c) La feuille de papier et le livre sont soumis à une force exercée par l'air; l'effet de cette force est plus important sur la feuille de papier dans le a).
- Dans le b) la feuille n'est pas soumise à cette force car elle est «protégée» par le livre.

- Activité 2** Si on lance une balle avec trois vitesses initiales différentes ($V_1 > V_2 > V_3$), on obtient les chronophotographies suivantes:



Plus la vitesse initiale est grande, plus le point de chute est éloigné.

Activité 3 ① On étudie le mouvement du projectile dans le référentiel terrestre.

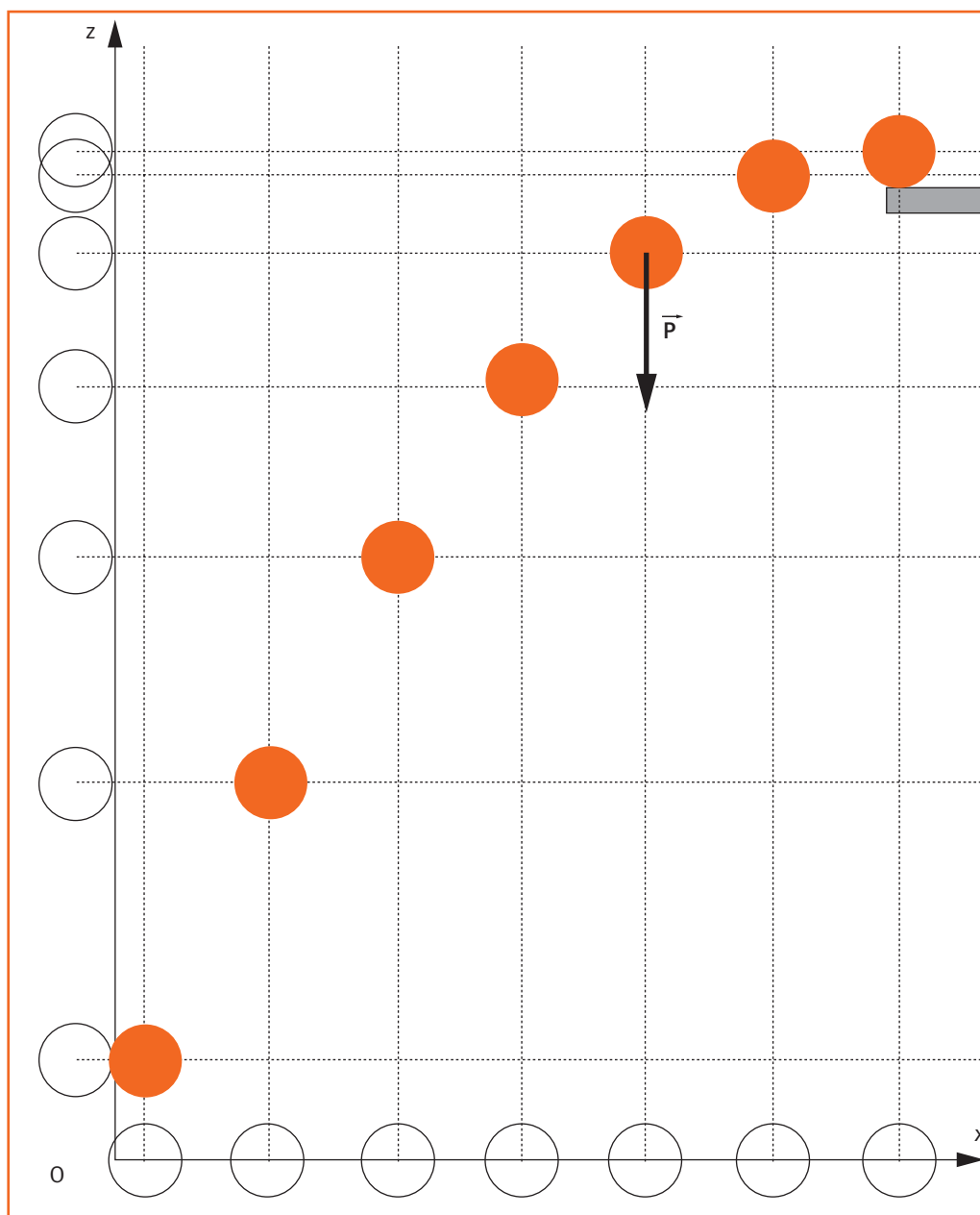


- ② Appliquons le principe d'inertie au projectile dans le référentiel terrestre: la trajectoire du projectile n'étant pas rectiligne, il est au moins soumis à une force. Cette force est le poids du projectile.
- ③ L'angle de 45° permet au projectile d'aller le plus loin.
- ④ L'angle de 60° permet au projectile d'aller le plus haut.

Activité 4

a) Voir la reproduction page suivante où la balle est représentée dans chacune de ces positions suivant l'horizontale.
 Suivant l'axe Ox , c'est-à-dire suivant l'horizontale, le mouvement de balle est rectiligne et uniforme; le mouvement de la balle n'est pas modifié dans cette direction.

b) Voir la reproduction où la balle est représentée dans chacune de ces positions suivant la verticale.
 Suivant l'axe Oz , c'est-à-dire suivant la verticale, la valeur de la vitesse de la balle est modifiée et augmente; le mouvement de la balle sur la verticale est en fait identique au mouvement de la balle en chute libre sans vitesse initiale.



c) La force exercée sur la balle est le poids de la balle (on néglige la force exercée par l'air sur la balle).

Dans la direction perpendiculaire au poids de la balle, c'est-à-dire sur l'horizontale, le mouvement de la balle n'est pas modifié ce qui vérifie le principe d'inertie puisqu'aucune force n'agit sur la balle dans cette direction.

Par contre, la vitesse est modifiée dans la direction du poids de la balle c'est-à-dire suivant la verticale.

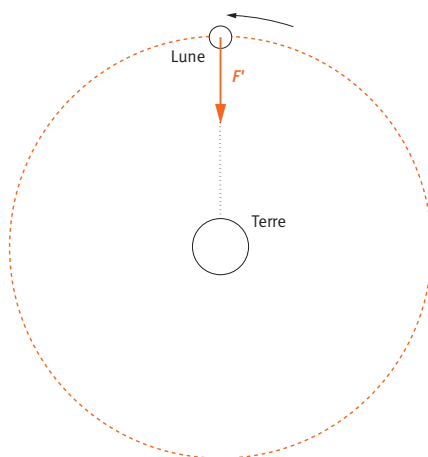
Activité 5 Dans le référentiel géocentrique, le centre de la Lune parcourt un cercle de rayon $d = 384\,000\text{ km}$ en $\Delta t = 29,5$ jours.

La vitesse de la Lune s'exprime par : $v = \frac{2\pi d}{\Delta t}$.

Application numérique : $v = \frac{2\pi \times 384.10^6}{29,5 \times 24 \times 3600} = 947\text{ m.s}^{-1}$ soit 3410 km.h^{-1} .

- Activité 6**
- 1 Le principe d'inertie s'applique dans le référentiel géocentrique: tout corps persévère en son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.
 - 2 Appliquons le principe d'inertie à la Lune dans le référentiel géocentrique: la trajectoire de la Lune n'étant pas rectiligne, la Lune est au moins soumise à une force.
 - 3 Cette force est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune.

Activité 7



- 1 La force gravitationnelle étant perpendiculaire à la direction du mouvement, la valeur de la vitesse de la Lune n'est pas modifiée.
- 2 La direction du mouvement est modifiée par la force gravitationnelle.
- 3 La Lune ne tombe pas sur la Terre mais tourne à vitesse constante dans le référentiel géocentrique parce que la force gravitationnelle exercée par la Terre est constamment perpendiculaire à la direction du mouvement. La direction du mouvement est modifiée à chaque instant par cette force mais la vitesse est suffisante pour rester sur une trajectoire circulaire.

Corrigés des exercices

Exercice 1 *Vrai ou faux*

- a) Faux; le principe d'inertie est aussi valable dans le référentiel géocentrique.
 b) Vrai; la valeur F de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite est aussi divisée par 2 puisque la nouvelle valeur s'écrit:

$$F' = G \frac{\frac{m}{2} M_T}{R^2} = \frac{1}{2} G \frac{m M_T}{R^2} = \frac{1}{2} F.$$

- c) Vrai ; si la distance entre les centres de ces deux boules est multipliée par 2, la valeur F de la force gravitationnelle sera divisée par 4:

$$F' = G \frac{m^2}{(2d)^2} = \frac{1}{4} G \frac{m^2}{d^2} = \frac{1}{4} F.$$

- d) Faux ; d'après la loi de la gravitation universelle, ces valeurs sont les mêmes.

Exercice 2 *Interaction entre deux électrons*

D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force gravitationnelle exercée par un électron sur l'autre électron s'exprime par: $F = G \frac{m^2}{d^2}$.

La valeur numérique de cette force gravitationnelle est égale à:

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{0,91 \cdot 10^{-30} \times 0,91 \cdot 10^{-30}}{(10^{-10})^2} = 5,5 \cdot 10^{-51} \text{ N}.$$

Exercice 3 *Balle de tennis*

- ① Expression de la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la

balle de tennis: $F = G \frac{m M_T}{R_T^2}$.

La valeur de la force gravitationnelle est égale à:

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{0,058 \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6)^2} = 0,57 \text{ N}.$$

Penser à bien respecter les unités (masses en kg; distances en m).

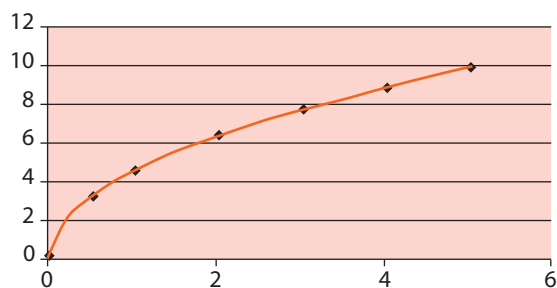
- ② Expression de la valeur du poids de la balle: $P = mg$.

Valeur numérique du poids de la balle de tennis: $P = 0,058 \times 9,81 = 0,57 \text{ N}$.

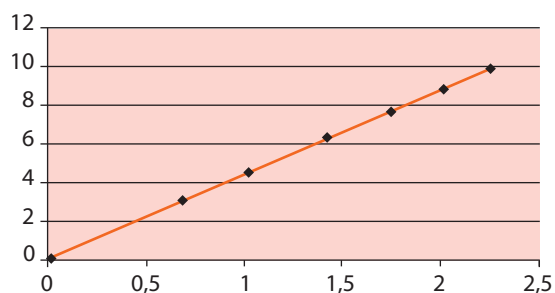
Exercice 4 Chute libre d'une boule de pétanque

On trace v en fonction de H (courbe (1)) puis v en fonction de $\sqrt{H}$ (courbe (2)).

Courbe (1) :



Courbe (2) :

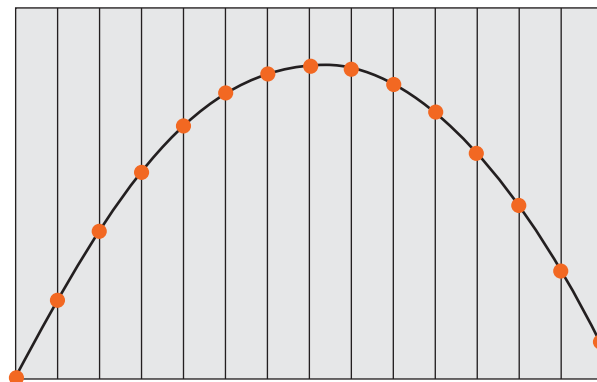


La courbe (2) est une droite passant par l'origine donc $v = k\sqrt{H}$ où k est une constante; la vitesse v est donc proportionnelle à $\sqrt{H}$.

Exercice 5 Trajectoire d'un projectile

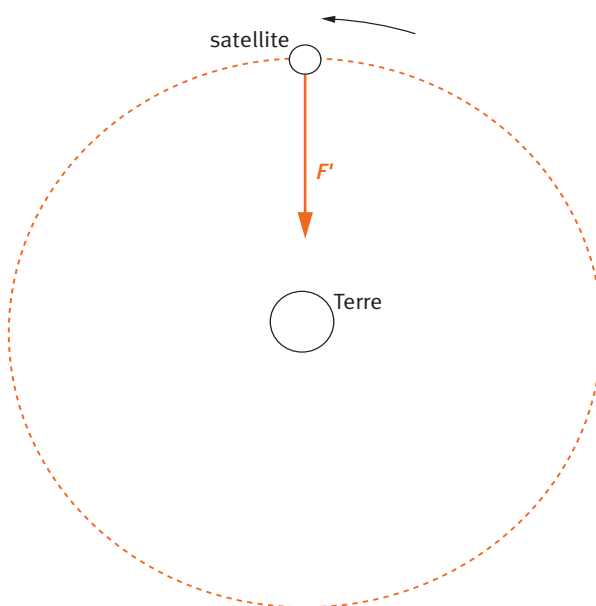
Il suffit de tracer les verticales passant par le centre du projectile.

On remarque que le mouvement du projectile est uniforme suivant l'horizontale (les verticales sont toutes séparées d'une même distance) ce qui est conforme au principe d'inertie puisqu'aucune force n'agit dans cette direction.



Exercice 6 *Collision entre la Terre et le satellite Météosat*

1 - Schéma comprenant la Terre et la trajectoire circulaire du satellite:



$\vec{F}$: force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.

2 - Le satellite Météosat n'entre pas en collision avec la Terre, même s'il est attiré par la Terre, parce que la force gravitationnelle exercée par la Terre est constamment perpendiculaire à la direction du mouvement.

La direction du mouvement est modifiée à chaque instant par cette force mais la vitesse est suffisante pour garder une trajectoire circulaire.

C

Corrigés des activités

Activité 1 Les entités chimiques (atome, ion,) possédant le **même numéro atomique** (c'est-à-dire le même nombre de protons) appartiennent au même élément chimique.

Un élément chimique est caractérisé par un symbole chimique (et un nom) qui lui sont propres.

Activité 2 Il s'agit de l'hélium de symbole He.

Activité 3 La composition de l'atome : $Z = 2$ donc : 2 protons, 2 électrons et $A = 4$ donc : $4 - 2 = 2$ neutrons.

Activité 4 Ce sont 2 isotopes de l'élément hélium qui se différencient par leur nombre de masse et plus précisément leur nombre de neutrons.

Activité 5 Le symbole de l'élément fer : Fe.

Activité 6 $Z = A - N = 56 - 30 = 26$. Donc : 26 protons, 26 électrons et 30 neutrons.

Activité 7 26 protons, 23 électrons et 30 neutrons.

Activité 8 Il s'agit de Mendéléiev en 1869.

C

Corrigé du devoir autocorrectif

Exercice 1 ① a) La valeur P_L du poids d'une boule de pétanque sur la Lune s'exprime par :

$$P_L = m g_L.$$

Application numérique: $P_L = 0,700 \times 1,62 = 1,13 \text{ N}$.

b) D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur F de la force gravitationnelle exercée par la Lune sur la boule de pétanque s'exprime par :

$$F = G \frac{m M_L}{R_L^2}.$$

Application numérique: $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{0,700 \times 7,34 \cdot 10^{22}}{(1738 \cdot 10^3)^2} = 1,13 \text{ N}$.

c) Les valeurs des deux forces sont identiques; le poids de la boule sur la Lune peut être assimilé à la force gravitationnelle exercée par la Lune sur la boule.

② La valeur P_T du poids d'une boule de pétanque sur la Terre s'exprime par :

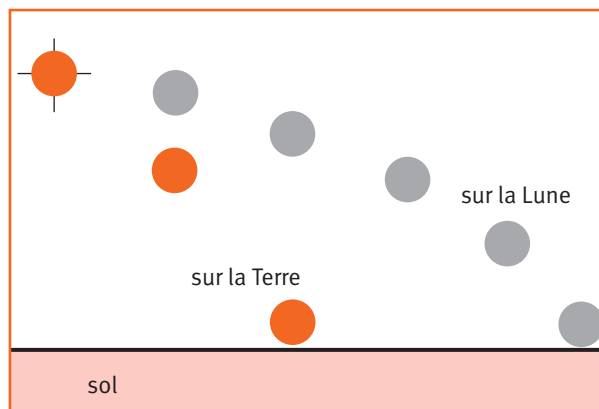
$$P_T = m g_T$$

Application numérique: $P_T = 0,700 \times 9,81 = 6,87 \text{ N}$.

③ La trajectoire de la boule de pétanque ne sera pas la même; le point de chute sera plus éloigné sur la Lune.

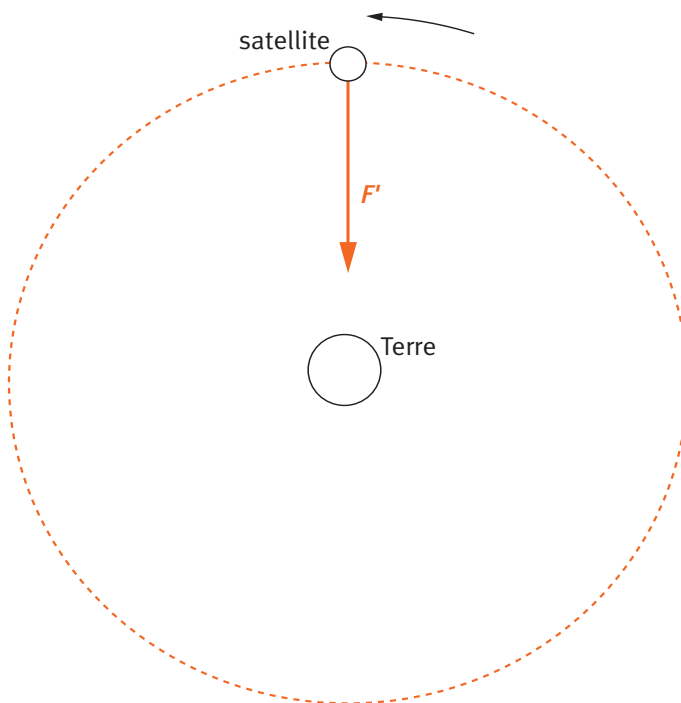
D'après le principe d'inertie, le mouvement suivant la direction horizontale sera rectiligne et uniforme avec la même valeur de la vitesse sur la Lune et sur la Terre.

Par contre, le poids lunaire ayant une valeur inférieure au poids sur la Terre, l'effet de la force sur le mouvement sera moins important sur la Lune et la boule de pétanque mettra plus de temps pour retomber sur le sol ; le point de chute sera donc plus éloigné.



Exercice 2

- ❶ Le mouvement du satellite est étudié dans le référentiel géocentrique.
- ❷ Appliquons le principe d'inertie au satellite dans le référentiel géocentrique ; la trajectoire du satellite n'étant pas rectiligne, le satellite est au moins soumis à une force.
- ❸ Schéma représentant la Terre, le satellite sur sa trajectoire et la force exercée par la Terre sur le satellite.



❹ D'après la loi de la gravitation universelle : $F = G \frac{m_s M_T}{(R_T + h)^2}$.

❺ Application numérique : $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{500 \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6 + 23,2 \cdot 10^6)^2} = 2,28 \cdot 10^2 \text{ N}$

La valeur de la force exercée par le satellite sur la Terre est égale à la valeur de la force exercée par la Terre sur le satellite.



Corrigés des activités

- Activité 1**
- ① On étudie le mouvement du satellite géostationnaire météorologique Météosat dans le référentiel géocentrique (origine au centre de la Terre et axes dirigés vers 3 étoiles).
 - ② Appliquons le principe d'inertie au satellite dans le référentiel géocentrique : la trajectoire de Météosat n'étant pas rectiligne, le satellite est au moins soumis à une force.
 - ③ Cette force est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.
 - ④ a) Seule, la trajectoire de la figure 2 est incompatible avec la loi de la gravitation universelle de Newton puisque la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite est dirigée vers le centre de la Terre.

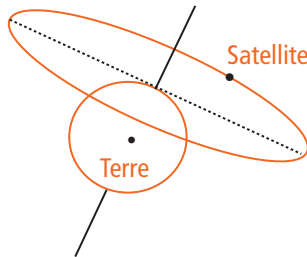


Figure 2

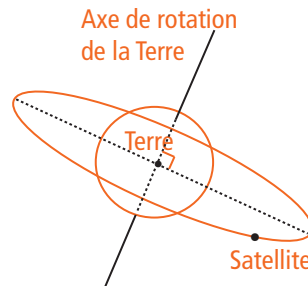


Figure 1

b) La seule trajectoire possible est celle de la figure 1 puisque la trajectoire doit être dans le plan de l'équateur.

- Activité 2**
- ① Le mouvement de Saturne autour du Soleil est étudié dans le référentiel héliocentrique.
 - ② Par analogie avec l'étude du mouvement des satellites de la Terre, on étudie le mouvement de la sonde Cassini-Huygens autour de Saturne dans un référentiel dont le repère a pour origine le centre de Saturne et trois axes dirigés vers 3 étoiles fixes.
 - ③ « L'assistance gravitationnelle » consiste à utiliser l'attraction d'une planète (force gravitationnelle exercée par la planète sur la sonde) pour modifier en direction et en vitesse la trajectoire de la sonde spatiale.
La planète Vénus est utilisée deux fois pour modifier la trajectoire et la vitesse de la sonde Cassini-Huygens ; la 2^e trajectoire étant plus éloignée à son extrémité de Vénus.
 - ④ $v = 11,6 \text{ km.s}^{-1}$ ce qui donne : $v = 11,6 \times 3600 = 4,2 \cdot 10^4 \text{ km.h}^{-1}$.
Ordre de grandeur : 10^4 km.h^{-1} .



Corrigés des exercices

Physique

Exercice 1 *Référentiel*

Le référentiel le plus adapté pour étudier le mouvement de Jupiter autour du Soleil est le référentiel héliocentrique.

Exercice 2 *Ordre de grandeur*

	Année de lumière	Distance Neptune-Soleil	Rayon de l'atome d'hydrogène	Diamètre de la Terre	Diamètre d'un atome de césium
Longueur	$9,45 \cdot 10^{12}$ km	$4497 \cdot 10^6$ km	53 pm	12800 km	0,60 nm
Ordre de grandeur (en m)	10^{16}	10^{12}	10^{-10}	10^7	10^{-9}

Exemple de calcul : $4497 \cdot 10^6$ km correspond à $4,5 \cdot 10^{12}$ m ; 4,5 est strictement inférieur à 5 et est remplacé par 1 ce qui donne : 10^{12} m comme ordre de grandeur.

Autre exemple: 53 pm correspond à $5,3 \cdot 10^{-11}$ m ; 5,3 est strictement supérieur à 5 et est remplacé par 10 ce qui donne : 10^{-12} m comme ordre de grandeur.

Exercice 3 *Planètes du système solaire*

① Distances (en km) en notation scientifique en ne gardant que 2 chiffres significatifs.

Planète	Diamètre (km)	Distance au soleil (km)
Mars	$6,8 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^8$
Jupiter	$1,4 \cdot 10^5$	$7,8 \cdot 10^8$
Saturne	$1,2 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^9$
Mercure	$4,9 \cdot 10^3$	$5,8 \cdot 10^7$
Vénus	$1,2 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^8$
Terre	$1,3 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^8$
Uranus	$4,7 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^9$
Neptune	$5,1 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^9$

2 Planètes par ordre décroissant de taille

Planète	Diamètre (km)
Jupiter	$1,4 \cdot 10^5$
Saturne	$1,2 \cdot 10^5$
Neptune	$5,1 \cdot 10^4$
Uranus	$4,7 \cdot 10^4$
Terre	$1,3 \cdot 10^4$
Vénus	$1,2 \cdot 10^4$
Mars	$6,8 \cdot 10^3$
Mercure	$4,9 \cdot 10^3$

Planètes par ordre croissant de distance au Soleil.

Planète	Distance au soleil (km)
Mercure	$5,8 \cdot 10^7$
Vénus	$1,1 \cdot 10^8$
Terre	$1,5 \cdot 10^8$
Mars	$2,3 \cdot 10^8$
Jupiter	$7,8 \cdot 10^8$
Saturne	$1,4 \cdot 10^9$
Uranus	$2,9 \cdot 10^9$
Neptune	$4,5 \cdot 10^9$

3 L'ordre de grandeur du diamètre de la Terre est 10^4 km.

Planète	Diamètre (km)
Jupiter	10^5
Saturne	10^5
Neptune	10^5
Uranus	10^4
Terre	10^4
Vénus	10^4
Mars	10^4
Mercure	10^3

Uranus, Vénus et Mars ont un diamètre du même ordre de grandeur que la Terre.

Exercice 4 *Mouvement de la Terre*

- a) La distance parcourue en 23 h 56 min par l'objet situé à l'équateur correspond à la circonférence d'un cercle de 6380 km.

La vitesse de l'objet situé à l'équateur s'écrit: $v = \frac{d}{t} = \frac{2\pi R}{t}$.

Application numérique: $v = \frac{2\pi \times 6380.10^3}{(23 \times 3600 + 56 \times 60)} = 465 \text{ m.s}^{-1}$ soit: $1,67.10^3 \text{ km.h}^{-1}$.

b)- La distance parcourue par l'objet situé à Bordeaux correspond à la circonférence d'un cercle de 4510 km.

Vitesse de l'objet situé à Bordeaux: $v = \frac{d}{t} = \frac{2\pi R}{t}$.

Application numérique: $v = \frac{2\pi \times 4510 \times 10^3}{(23 \times 3600 + 56 \times 60)} = 329 \text{ m.s}^{-1}$ soit: $1,18.10^3 \text{ km.h}^{-1}$.

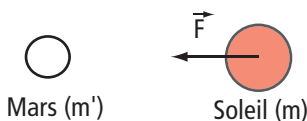
La vitesse est plus importante à l'équateur ce qui est utilisé pour le lancement des fusées Ariane V.

Exercice 5 *Vénus et la pomme*

La chute d'une pomme sur Terre et le mouvement de Vénus autour du Soleil résultent de la même force: la force gravitationnelle.

Exercice 6 *Interaction gravitationnelle entre le Soleil et Mars*

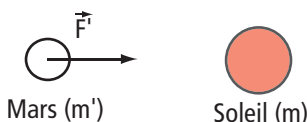
a) La force gravitationnelle exercée par Mars sur le Soleil est représentée ci-dessous:



La valeur de la force gravitationnelle exercée par la planète Mars sur le Soleil s'exprime par: $F = G \frac{m m'}{d^2}$.

Application numérique: $F = 6,67.10^{-11} \frac{1,99.10^{30} \times 6,42.10^{23}}{(2,28.10^{11})^2} = 1,64.10^{21} \text{ N}$.

b) La force gravitationnelle exercée par le Soleil sur la planète Mars est représentée ci-dessous :



Sa valeur est identique à celle de la force exercée par la planète Mars sur le Soleil, puisque: $F' = F = G \frac{m m'}{d^2}$.

Exercice 7 Exoplanète

- ① Une exoplanète, appelée aussi planète extrasolaire, est une planète qui est en orbite autour d'une étoile autre que le Soleil.
- ② L'année de lumière est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année : $d = c \Delta t$.

La valeur de l'année de lumière est donc : $d = 3,00.10^8 \times (365 \times 24 \times 3600) = 9,46.10^{15} \text{ m}$ soit $9,46.10^{12} \text{ km}$.

La distance est donc égale à : $50 \times 9,46.10^{12} = 4,73.10^{14} \text{ km}$ soit un ordre de grandeur de 10^{14} km .

C

Corrigés des activités

Activité 1 Le mot « énergisante » signifie que la boisson contient des nutriments qui, par réaction chimique dans l'organisme, apporte à celui-ci de l'énergie.

Activité 2 $M = 6 M_C + 12 M_H + 6 M_O = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

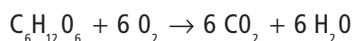
Activité 3 $c = \frac{c_m}{M} = \frac{30}{180} = 0,17 \text{ mol.L}^{-1}$

Activité 4 La nouvelle concentration massique de la solution diluée ainsi fabriquée :

$$c_i \times V_i = C_f \times V_f \text{ d'où : } C_f = \frac{C_i \times V_i}{V_f} = \frac{10 \times 30}{50} = 6 \text{ g.L}^{-1}$$

Activité 5 La masse de glucose dans la bouteille : $m = C \times V = 6 \times 50.10^{-3} = 0,3 \text{ g}$.

Activité 6 C'est une transformation chimique d'équation :



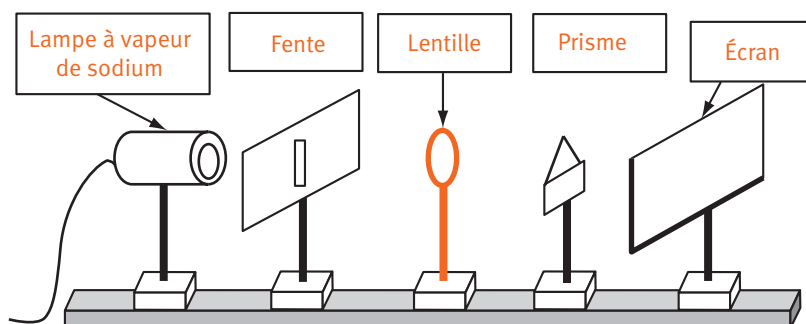
Activité 7 $C_{18}H_{32}O_2 + 25 O_2 \rightarrow 18 CO_2 + 16 H_2O$

Activité 8 Etat initial : acide linoléique, dioxygène.

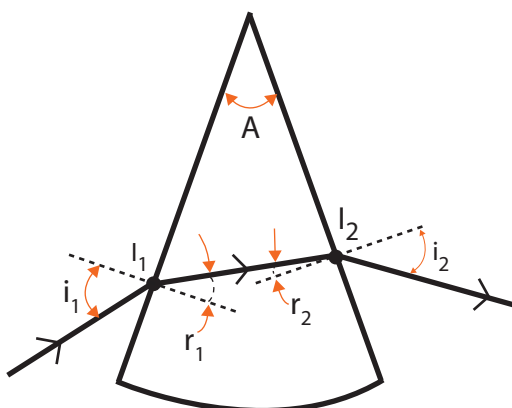
Etat final : dioxygène qui n'a pas réagi, dioxyde de carbone, eau.

Corrigés des exercices

Activité 1

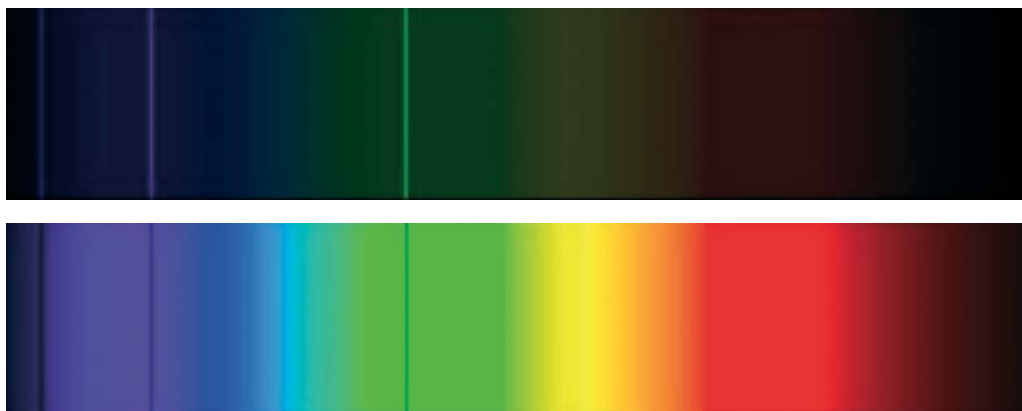


Activité 2



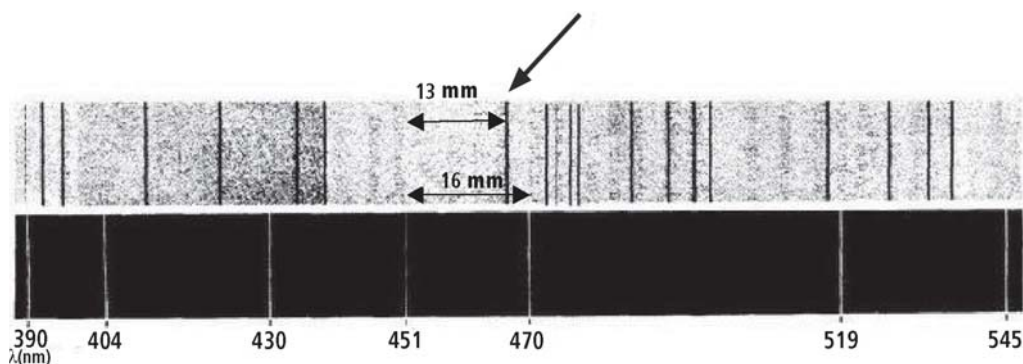
- ① Le prisme est transparent et homogène. Le rayon incident peut donc pénétrer dans le prisme.
Il faut vérifier que quelque soit l'angle d'incidence, il n'y aura pas de réflexion totale.
L'indice de l'air étant plus faible que l'indice du prisme, il ne peut pas y avoir réflexion totale.
- ② Loi de Descartes au point I_1 : $\sin i_1 = n \sin r_1$.
Loi de Descartes au point I_2 : $n \sin r_2 = \sin i_2$.
- ③ La radiation lumineuse la plus déviée est le violet.

Activité 3 Le spectre n°2 convient. Les raies d'émission se juxtaposent aux raies noires d'absorption.



Activité 4 Le spectre de l'argon nous permet de relier l'intervalle de longueur d'onde par exemple : [451 nm, 470 nm] à la distance séparant les deux raies en mm.

Intervalle [451 nm, 470 nm] : 16 mm correspondent à 19 nm.



Distance entre la raie de longueur d'onde 451 nm et la raie étudiée : 13 mm ; les 13 mm correspondent à 15,4 nm.

La longueur d'onde de la raie marquée est donc $\lambda = 451 + 15,4 = 466,4$ nm soit 466 nm.

La connaissance de la longueur d'onde de cette raie et des autres raies présentes dans le spectre de l'étoile permettent ensuite de trouver les éléments présents dans les couches périphériques de l'étoile.



Physique

Corrigés des exercices

Exercice 1 Vrai ou faux

- ① Vrai ; la longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique.
- ② Faux ; lors de la dispersion de la lumière blanche par un prisme, la couleur violette est la plus déviée.
- ③ Faux ; un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température.
- ④ Vrai ; le spectre de la lumière émise par une étoile est lié à la température de surface de l'étoile et aux entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.
- ⑤ Faux ; les deux entités chimiques prépondérantes dans la composition chimique du Soleil sont l'hydrogène et l'hélium.

Exercice 2 QCM

- ① Le spectre de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure est un spectre
b - de raies d'émission
- ② Le spectre de la lumière émise par une lampe à incandescence est un spectre
a - d'émission continu
- ③ Le spectre de la lumière blanche après avoir traversé de la vapeur de sodium est un spectre
c - de raies d'absorption
- ④ Le spectre de la lumière émise par le Soleil est un spectre
c - de raies d'absorption
- ⑤ On augmente progressivement la tension d'alimentation dans une lampe à incandescence.
Le spectre de la lumière émise :
b - s'enrichit de radiations colorées dans le domaine du violet.

Exercice 3 Températures des étoiles

Plus une source de lumière est chaude, plus le spectre s'enrichit de radiations vers le violet.

Le soleil (6000°C en surface) émet dans le visible.

L'étoile Rigel émet dans le bleu alors que le Soleil émet dans le jaune ; la température de surface de Rigel est plus élevée que la température de surface du soleil.

L'étoile Bételgeuse émet dans le rouge ; la température de surface de Bételgeuse est moins élevée que la température de surface du soleil.

Exercice 4 Identification d'un élément à partir d'un spectre

La couche périphérique de l'étoile contient l'élément X.

On retrouve les raies de l'élément X dans le spectre de l'étoile.

