Les Cours du CNED

Physique – Chimie

Seconde

Notions fondamentales Physique

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

© Cned – Académie en ligne

Sommaire

Présentation des résultats en physique-chimie

Physique

Chapitre 1 Signaux périodiques

Chapitre 2 Ondes sonores

Chapitre 3 Ondes électromagnétiques

Chapitre 4 La lumière

Chapitre 5 Mesure d'une durée

Chapitre 6 Le mouvement

Chapitre 7 Effets d'une force sur le mouvement

Chapitre 8 La pression

Chapitre 9 La force gravitationnelle

Chapitre 10 L'univers

Chapitre 11 Dispersersion de la lumière

© Cned – Académie en ligne

Présentation des résultats

physique–chimie

La règle

Quand on a obtenu un résultat numérique, en sciences physiques, on doit l'écrire en respectant une règle précise : un nombre s'écrit toujours sous la forme d'un produit : $a.10^n$.

a est un nombre décimal compris entre 1 et 10 ($1 \leq a < 10$) et n, un nombre entier positif ou négatif.

Remarque

Si vous programmez votre calculatrice en mode « scientifique », elle vous donnera toujours les résultats sous cette forme, à ceci près qu'elle remplacera le « 10 » par « E ».

Comment appliquer cette règle ?

- Si le nombre est compris entre 1 et 10, on ne change pas son écriture ; par exemple : $L = 1,25\,m$
- Si le nombre est supérieur à 10, il suffit de compter le nombre de chiffres placés derrière la virgule pour connaître la valeur de n ; par exemple : $L = 1234\,m$ s'écrira $L = 1,234.10^3\,m$. En effet, il y a 3 chiffres derrière le 1 donc n = 3.
- Si le nombre est inférieur à 1, il suffit de compter le nombre de fois où l'on avance la virgule pour connaître la valeur de n, mais, dans ce cas, n sera négatif ; par exemple : $L = 0,057\,m$ s'écrira $L = 5,7.10^{-2}\,m$. En effet, on a du avancer la virgule deux fois pour passer de 0,057 à 5,7 donc n = -2.

Les chiffres significatifs

Les chiffres utilisés pour écrire a, sont appelés chiffres significatifs. Par exemple, si a = 2,34 on dira que le résultat numérique comporte 3 chiffres significatifs : le 2, le 3 et le 4.

Par exemple, on vous donne la vitesse de la lumière : $c = 299\,792\,458\,m.s^{-1}$

Si l'on vous demande de donner ce résultat avec 3 chiffres significatifs, vous devez commencer par l'écrire sous la forme $a.10^n$ soit $c = 2,99792458.10^8\,m.s^{-1}$ puis ne conserver que les 3 premiers chiffres en observant la règle suivante :

- si le chiffre suivant (le quatrième dans ce cas) est inférieur à 5, vous gardez les 3 premiers chiffres
- si le chiffre suivant (le quatrième dans ce cas) est supérieur à 5, vous arrondissez les 3 premiers au nombre supérieur

© Cned – Académie en ligne

Le quatrième chiffre étant un 7, vous devez donc arrondir au nombre supérieur à 2,99 c'est à dire à 3,00.

Si l'on vous avait demandé de donner ce résultat avec 5 chiffres significatifs, vous auriez écrit : $c = 2,9979.10^{8}\ m.s^{-1}$ puisque le chiffre suivant est un 2 et que dans ce cas, on conserve les 5 premiers chiffres.

Attention : Ce n'est pas du tout la même chose, en sciences physiques, d'écrire 3 et 3,00 puisque dans le premier cas, on n'écrit qu'un chiffre significatif alors que dans le deuxième cas, on en écrit 3.

En effet, il faut avoir compris que le nombre de chiffres significatifs que l'on écrit, est lié à la précision avec laquelle on effectue une mesure : quand vous dites que la longueur d'une table est de 1,24 m, cela signifie que vous avez effectué la mesure au cm près et donc que la longueur peut être comprise entre 1,23 et 1,25 m (en considérant que votre mesure est correcte). Si vous dites que la longueur d'une table est de 1,243 m, cela signifie que vous avez effectué la mesure au mm près et donc que la longueur peut être comprise entre 1,242 et 1,244 m (en considérant toujours que votre mesure est correcte). Vous comprenez sur cet exemple, la différence qu'il y a à écrire un résultat avec plus ou moins de chiffres significatifs, puisque dans un cas la longueur de la table est comprise dans une fourchette de 2 cm et, dans l'autre, de 2 mm !

Lorsqu'on fait un calcul pour obtenir un résultat numérique dans un exercice de physique ou de chimie, le nombre de chiffres significatifs du résultat doit être le même que celui de la donnée qui en comporte le moins.

Par exemple, on vous demande de calculer la surface d'un rectangle qui a une longueur de 1,28 m et une largeur de 0,43 m, vous appliquez la formule : $S = L \times \ell = 1,28 \times 0,43 = 0,5504\ m^2$

On ne doit pas garder le résultat sous cette forme puisque la largeur ne possède que 2 chiffres significatifs (il aurait fallu l'écrire : $4,3.10^{-1}\ m$) et que la longueur en possède 3 ; on doit donc écrire : $S = 5,5.10^{-1}\ m^2$ (mais, dans ce cas, on admet aussi l'écriture : $0,55\ m^2$).

L'ordre de grandeur

L'ordre de grandeur d'un résultat écrit sous la forme $a.10^{n}$ est égal à 10^{n} si a est inférieur à 5 et il est égal à 10^{n+1} si a est supérieur à 5. Ainsi, si la distance de la Terre à une étoile est de $2,34.10^{18}\ km$, l'ordre de grandeur de cette distance est de $10^{18}\ km$ et si la distance de la Terre à une étoile est de $8,27.10^{21}\ km$, l'ordre de grandeur de cette distance est de $10^{22}\ km$.

Il est intéressant de connaître l'ordre de grandeur des données, car il permet d'estimer rapidement le résultat d'un calcul, à condition de bien utiliser les opérations sur les puissances de 10 qui sont rappelées dans le tableau ci-après :

© Cned – Académie en ligne

formule	$10^m \times 10^n = 10^{(m+n)}$	$10^{-n} = \frac{1}{10^n}$	$\frac{10^m}{10^n} = 10^{(m-n)}$	$(10^m)^n = 10^{(m \times n)}$
exemple	$10^2 \times 10^4 = 10^6$	$10^{-3} = \frac{1}{10^3}$	$\frac{10^5}{10^7} = 10^{-2}$	$(10^2)^4 = 10^8$

Enfin, pour éviter d'écrire la puissance de 10 dans un résultat numérique, on utilise très souvent en physique des préfixes. Par exemple : $7,2.10^{-2}$ m (mètre) pourra s'écrire 7,2 cm (centimètre).

Vous trouverez, dans le tableau ci-après, quelques uns des préfixes les plus utilisés en sciences physiques :

puissance	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{3}	10^{6}	10^{9}	10^{12}
préfixe	pico	nano	micro	milli	kilo	méga	giga	téra
symbole	p	n	μ	m	k	M	G	T

Par exemple, $3,4.10^{-6}$ m (mètre) pourra s'écrire 3,4 μm (micromètre que l'on appelle aussi micron, dans le cas des longueurs).

Pour une centrale électrique qui produit une puissance de $8,4.10^{10}$ W (watt), on dira que sa puissance est de 84 GW (gigawatt).

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 1

Signaux périodiques

Objectifs

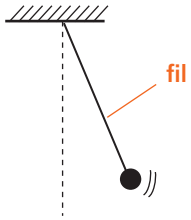
- Connaître et utiliser les définitions de la période et de la fréquence d'un phénomène périodique.
- Identifier le caractère périodique d'un signal sur une durée donnée.
- Déterminer les caractéristiques d'un signal périodique.

A Phénomènes périodiques

1. Définition

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

Vous pouvez réaliser un pendule simple en attachant un petit objet (bille en fer, …) au bout d'un fil, l'autre extrémité du fil étant fixe.



Ecartez le pendule et lâchez-le ; le pendule se balance.

Au cours du mouvement, l'objet repasse régulièrement par les mêmes positions ; on dit qu'il oscille ou qu'il effectue des oscillations.

Le phénomène se reproduit identique à lui-même ; c'est un phénomène périodique.

Remarque

en fait le pendule s'arrêtera d'osciller au bout d'une certaine durée à cause des frottements.

2. Exemples de phénomènes périodiques

Phénomènes astronomiques

La nature est pleine d'exemples de phénomènes périodiques : le cycle des saisons, les marées, ….
La Terre tourne sur elle-même autour de l'axe passant par le pôle nord et le pôle sud. Cette rotation permet l'alternance du jour et de la nuit. Pour un observa-

© Cned – Académie en ligne

teur terrestre, le phénomène est presque périodique ; il ne l'est pas exactement puisque les journées d'été sont plus longues que celles d'hiver.

Phénomènes ondulatoires

Les phénomènes ondulatoires à l'origine des sons, de la lumière visible sont des phénomènes périodiques.

Utilisation des phénomènes périodiques

La périodicité est utilisée par l'Homme dans de nombreux outils tels que les montres bien sûr mais aussi les processeurs d'ordinateur.

B Caractéristiques d'un phénomène périodique

1. La période

Prenons par exemple le pendule.

L'intervalle de temps nécessaire à une oscillation du pendule s'appelle la période ; elle est notée *T*.

La période d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même.

La période est notée *T* et s'exprime en seconde (s).

Activité 1 *Compléter le tableau suivant concernant les sous multiples de l'unité « seconde » en suivant l'exemple donné.*

Une microseconde	*Une nanoseconde*	*Une milliseconde*	*Une seconde*
		1 ms	
		10^{-3} s	

Autres unités utilisées : la minute, les heures, les jours, les années,…

Une minute correspond à 60 secondes.

Une heure correspond à 60 minutes et donc à 3600 secondes.

Un jour correspond à 24 heures.

© Cned – Académie en ligne

Activité 2 *L'année 2009 contenait 365 jours.*
Combien d'heures et de minutes se sont écoulées dans cette année ?

2. La fréquence

La fréquence d'un phénomène périodique correspond au nombre de fois que le phénomène se répète par seconde. On la note f.

La fréquence f est l'inverse de la période : $f = \frac{1}{T}$; elle s'exprime en hertz (Hz).

f en Hz ← $f = \frac{1}{T}$ → T en s

Activité 3 *Compléter le tableau suivant concernant les multiples de l'unité « hertz » en suivant l'exemple donné.*

Un gigahertz	*Un hertz*	*Un kilohertz*	*Un mégahertz*
		1 kHz	
		10^3 Hz	

Activité 4 *La fréquence d'une horloge est de 300 MHz ; quelle est la période d'une oscillation du phénomène périodique associé à cette horloge ?*

3. Amplitude du signal périodique

Si l'on écarte le pendule d'un angle de plus en plus important avant de le lâcher, on dit que l'amplitude du phénomène augmente.

Nous pouvons utiliser un oscilloscope ou une interface d'acquisition pour visualiser le phénomène.

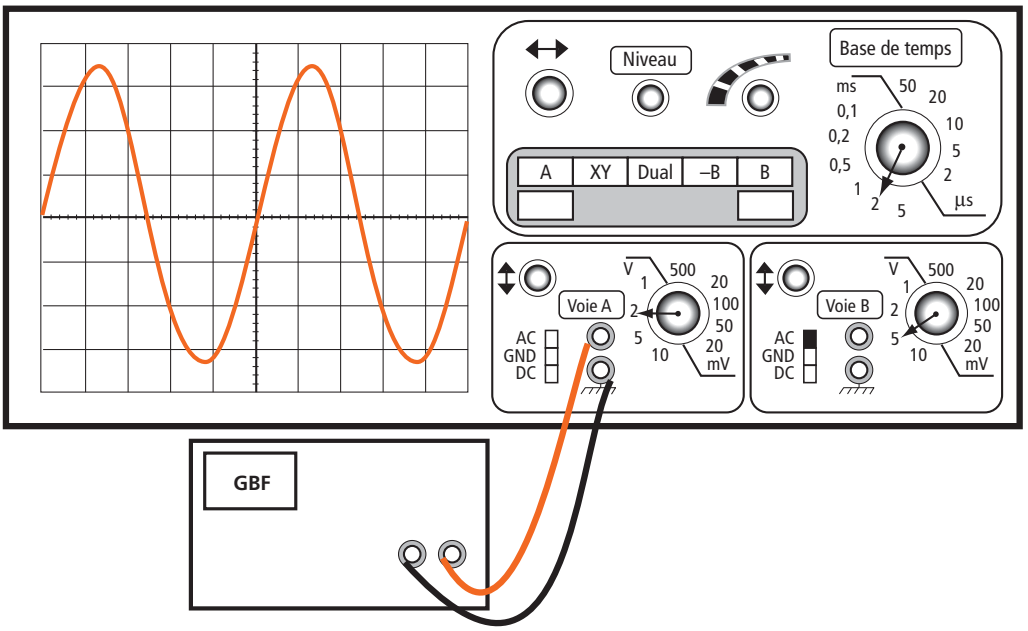
C Utilisation d'un oscilloscope ou d'une interface d'acquisition

1. Visualisation d'une tension électrique

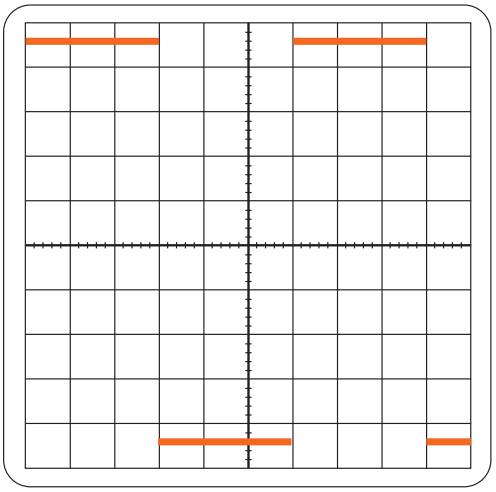
En 3e vous avez vu qu'un alternateur permettait de produire une tension alternative périodique et que l'oscilloscope (ou une interface d'acquisition) permettait de visualiser la tension électrique.

© Cned – Académie en ligne

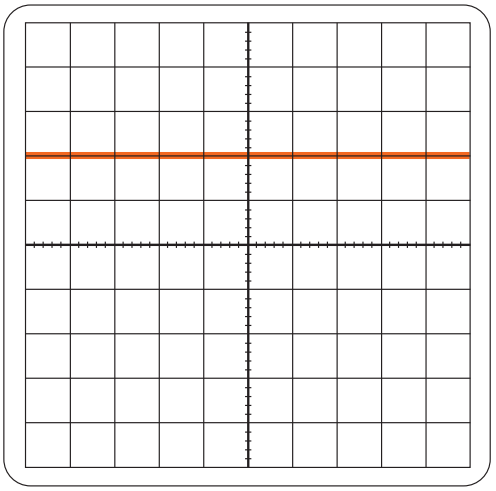
Un générateur basse fréquence (appelé GBF) permet d'obtenir au laboratoire une tension électrique qui dépend du temps. Cette tension peut être visualisée sur un oscilloscope.



Activité 5 *Parmi les quatre tensions suivantes, quelles sont celles qui sont périodiques ?*

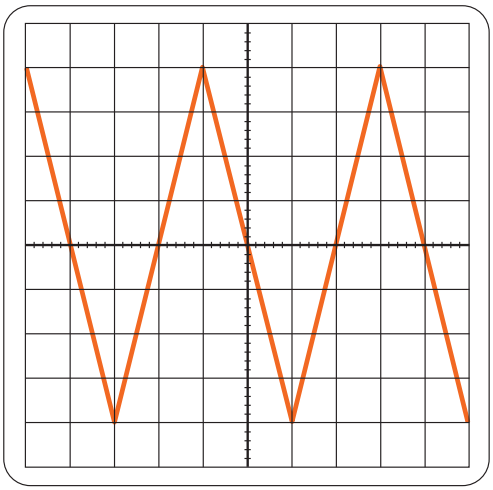


Tension (1)

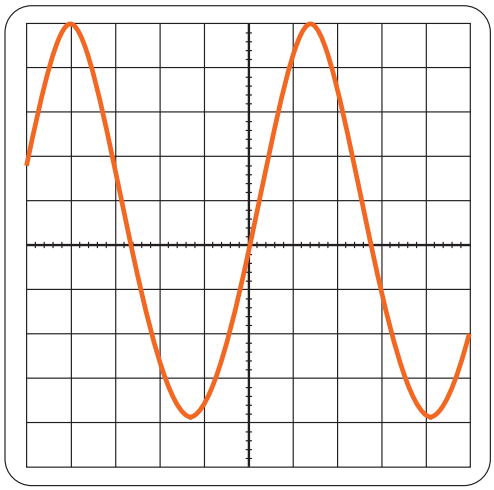


Tension (2)

© Cned – Académie en ligne



Tension (3)

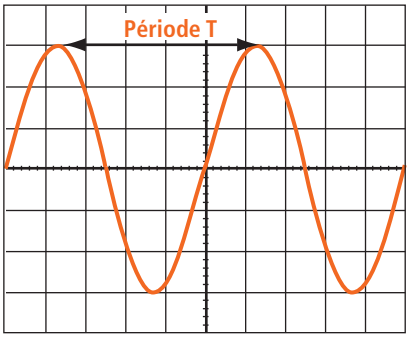


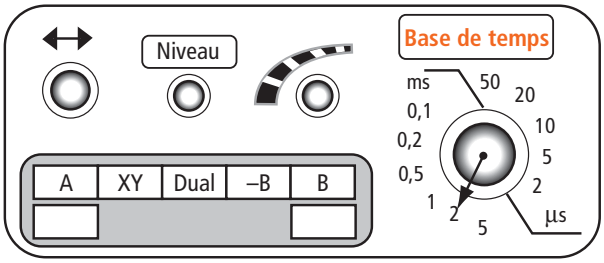
Tension (4)

2. Caractéristiques de la tension alternative visualisée sur l'oscilloscope

La tension est **périodique** : le signal se reproduit identique à lui même à des intervalles de temps égaux.

■ Période de la tension alternative





On calcule la période en multipliant la longueur d'un motif sur l'écran (en divisions : div) par exemple la distance horizontale entre deux maximas successifs de la courbe, par la valeur du balayage (en s/cm ou en ms/cm).

Sur l'oscillogramme ci-dessus on mesure une longueur de motif de 5 divisions.

Si le temps de balayage (se lit sur la base de temps) est 2 ms/div, la période est obtenue en multipliant 5 par 2 ms/div : $T = 10\ ms$.

■ Fréquence de la tension alternative

La fréquence f d'une tension alternative est le nombre de périodes par seconde.

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

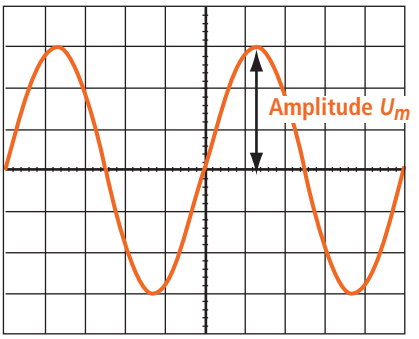
© Cned – Académie en ligne

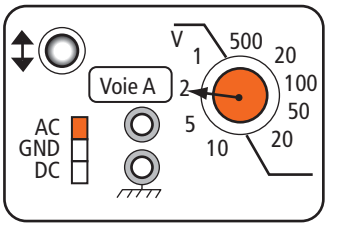
Ici la fréquence est égale à 100 Hz : $f = \dfrac{1}{10.10^{-3}} = 100$ Hz .

Amplitude de la tension alternative

Au cours du temps, la tension varie et passe par une valeur maximale U_m appelée **amplitude**.

La tension alternative sinusoïdale exprimée en volts voit son amplitude varier entre deux valeurs minimales et maximales de $-U_m$ à U_m.



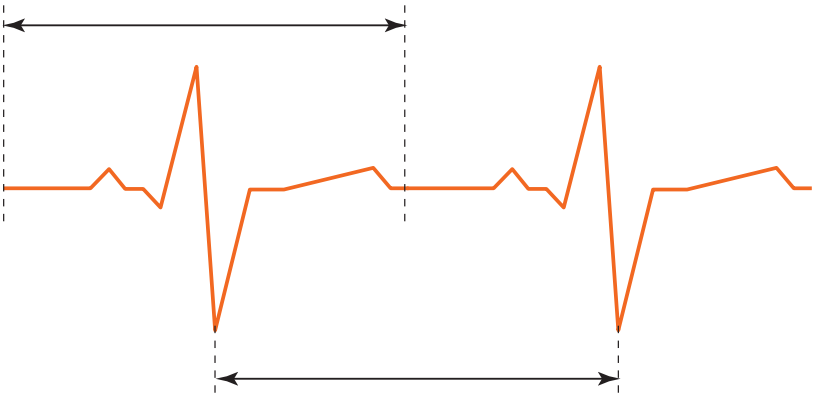


On la calcule en multipliant le déplacement vertical maximal du spot (en divisions) par la sensibilité verticale de la voie considérée (en V/div). Ci-dessus on observe une déviation maximale de 3 divisions.

La sensibilité est 2 V/div, la tension maximale est obtenue en multipliant 3 (3 divisions) par 2 V : $U_m = 6$ V .

3. Autres phénomènes périodiques visualisés avec un oscilloscope

Le rythme cardiaque peut être visualisé sur un oscilloscope.



© Cned – Académie en ligne

Le signal émis par le tuyau d'une embouchure de flûte est capté par un microphone relié à un oscilloscope.

Ce sont bien des phénomènes périodiques ; le signal se reproduit identique à lui même à des intervalles de temps égaux.

© Cned – Académie en ligne

Résumé

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

Caractéristiques d'un phénomène périodique

- **La période** T
- **La fréquence:** $f = \frac{1}{T}$
- **L'amplitude**

La période T d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même.

La fréquence f est l'inverse de la période : $f = \frac{1}{T}$; elle s'exprime en hertz (Hz).

f en Hz ← $f = \frac{1}{T}$ → T en s

© Cned – Académie en ligne

Corrigé des activités

Activité 1

Une microseconde	*Une nanoseconde*	*Une milliseconde*	*Une seconde*
1 µs	1 ns	1 ms	1 s
10^{-6} s	10^{-9} s	10^{-3} s	1 s

Activité 2

Une année non bissextile contient :

$365 \times 24 = 8760$ heures ou $8760 \times 60 = 525\ 600$ minutes.

Activité 3

Un gigahertz	*Un hertz*	*Un kilohertz*	*Un mégahertz*
1GHz	1 Hz	1 kHz	1MHz
10^9 Hz	1 Hz	10^3 Hz	10^6 Hz

Activité 4

La période T est l'inverse de la fréquence : $T = \frac{1}{f}$ avec f en Hz.

Application numérique : $T = \frac{1}{300.10^6} = 3,33.10^{-9}$ s.

Activité 5

Les tensions (1), (3) et (4) sont périodiques parce que le signal se reproduit identiquement à lui-même à des intervalles de temps égaux.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 2

Ondes sonores

Objectifs

- Savoir que le son est une onde qui a besoin d'un milieu matériel pour se propager.
- Connaître le domaine des fréquences des ondes sonores et ultrasonores.
- Connaître un ordre de grandeur de la vitesse du son dans l'air.

A Émission du son

Le son se propage d'un émetteur à un récepteur.

Émission du son → Propagation du son → Réception du son

Le son est produit par les vibrations d'un émetteur.

Exemples d'émetteurs sonores : cordes vocales, membrane d'un haut-parleur, instrument de musique, diapason...

Une vibration est un mouvement de va-et-vient, périodique, c'est à dire qui se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps égaux. La durée d'un de ces intervalles correspond à la période T.

La fréquence de vibration est le nombre d'aller-retour (un aller et un retour comptent pour un) effectués en une seconde (nombre de périodes par seconde).

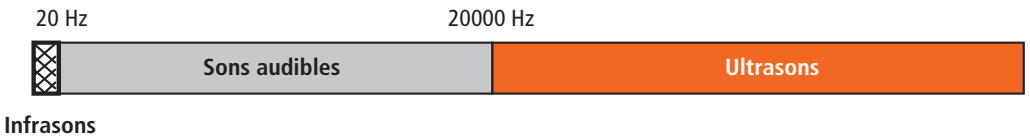
La période et la fréquence sont caractéristiques de la vibration

La fréquence permet de caractériser le domaine des ondes sonores.

Gamme de fréquences des ondes sonores

Les propriétés de l'onde sonore sont valables pour une gamme de fréquences plus large que les fréquences des sons que l'oreille peut entendre.

Pour les fréquences inférieures aux fréquences des sons audibles, on parle d'infrasons et pour les fréquences supérieures on parle d'ultrasons. L'homme ne perçoit pas les ultrasons.



© Cned – Académie en ligne

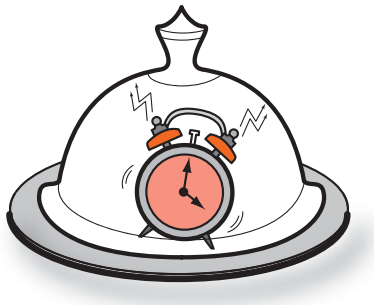
B Propagation des sons

1. Nécessité d'un milieu matériel

On fait l'expérience suivante : on place un réveil sous une cloche.

Si on fait sonner le réveil, la sonnerie est entendue par une salle de classe.

Lorsque l'on fait le vide dans la cloche, on n'entend plus le réveil sonner.



La propagation de l'onde sonore nécessite un milieu matériel : gaz, liquide, solide.

2. Modification du milieu

Dans l'air, nous entendons le son produit par un émetteur à une certaine distance : le son se propage depuis l'émetteur jusqu'au récepteur.

La vibration de l'émetteur modifie le milieu de propagation.

Dans l'air, par exemple, la vibration se propage de la membrane du haut-parleur vers les couches d'air qui se trouvent devant elle ; la propagation du son se traduit par la mise en mouvement, de proche en proche, des molécules de part et d'autre de leur position moyenne, comme les spires d'un ressort.

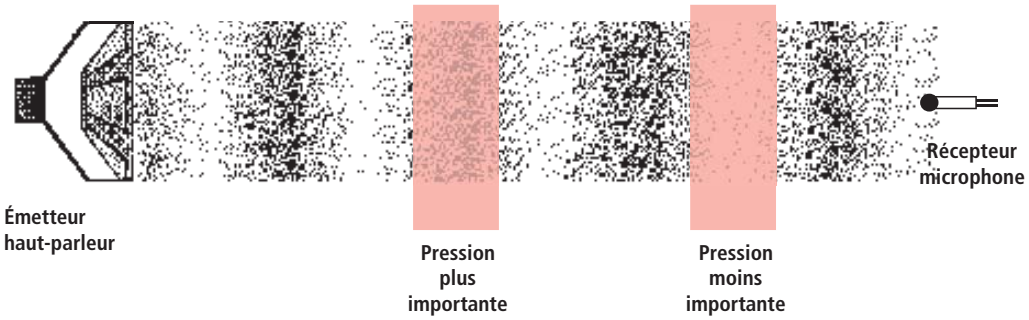
Il en résulte des variations de pression dans l'espace de propagation.

Les récepteurs tels que l'oreille ou le microphone sont sensibles à la variation de pression.

Un ensemble de molécules qui vibrent reste globalement au même endroit : il n'y a pas de déplacement de matière de l'émetteur au récepteur.

© Cned – Académie en ligne

Modélisation de l'air lorsqu'un haut-parleur fonctionne



Cette modification se produit donc dans le milieu à partir de l'émetteur, puis de plus en plus loin de l'émetteur : c'est ce qu'on appelle une onde.

Le déplacement du son correspond à la propagation de l'onde sonore.

3. Fréquence de l'onde sonore

Comment mesurer la fréquence de l'onde sonore dans l'air ?
La fréquence de l'onde sonore est la même que celle de la vibration de la source sonore. Elle n'est pas modifiée par le milieu matériel. Elle est donc la même partout.

Nous allons utiliser un haut-parleur (émetteur), un microphone (récepteur) et un oscilloscope pour mesurer la fréquence.

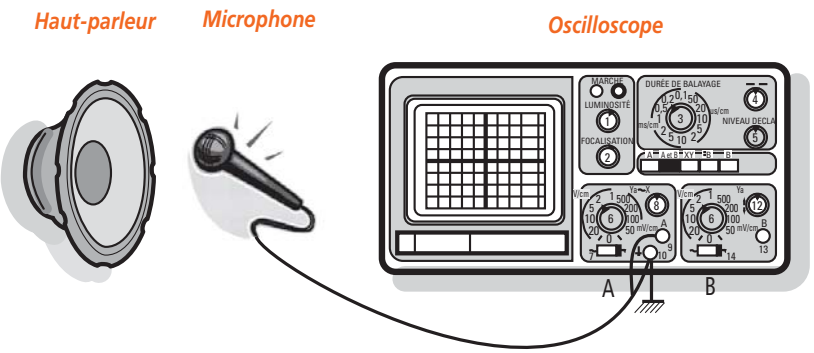
Dans un microphone, les vibrations des tranches d'air imposent un mouvement à la membrane, ce qui crée une tension électrique en sortie. La tension obtenue a la même fréquence que la membrane du microphone, elle-même égale à la fréquence de vibration de la membrane du haut-parleur.

L'oscilloscope est un appareil de mesure des tensions électriques ; il permet donc de visualiser la tension de sortie du microphone.

On peut aussi visualiser simultanément deux tensions électriques quand elles sont appliquées chacune sur une des deux voies Y_A et Y_B. (voir oscilloscope du chapitre 1).

L'oscilloscope permet de mesurer la période d'une tension périodique connaissant l'intervalle de temps correspondant à une division horizontale.

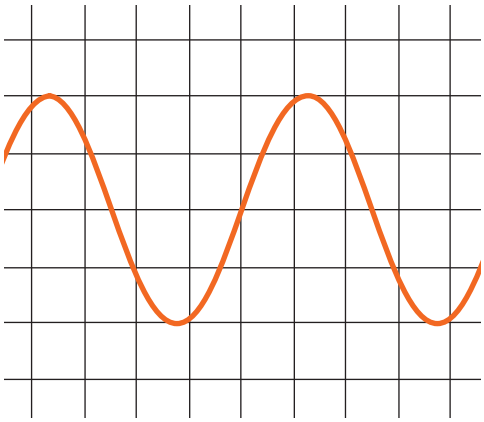
Activité 1



© Cned – Académie en ligne

La membrane d'un haut-parleur a un mouvement sinusoïdal. Les tranches d'air vibrent autour d'une position moyenne, avec la même période temporelle T et donc à la même fréquence f que la membrane.

Un microphone placé devant le haut parleur permet de transformer le mouvement sinusoïdal des vibrations de l'air en une tension électrique de même fréquence visualisée sur l'écran d'un oscilloscope.



Déterminer la période de la tension visualisée sur l'oscillogramme ; l'intervalle de temps d'une division correspond à 0,5 ms.

En déduire la fréquence de l'onde sonore captée par la microphone.

C Vitesse de propagation et longueur d'onde

1. Vitesse de propagation du son

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

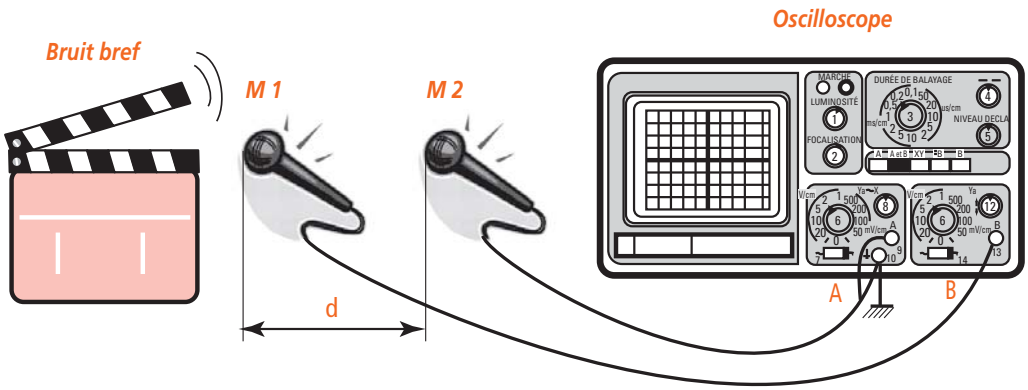
La vitesse du son dépend du milieu de propagation.

Activité 2 *Mesure de la vitesse du son dans l'air*

Lorsque l'on provoque un bruit très bref devant un microphone branché sur une voie de l'oscilloscope, on observe l'apparition d'une tension électrique aux bornes de l'oscilloscope.

On dispose de deux microphones, M1 et M2. Ils sont dans l'air, la distance qui les sépare est d. Ils sont reliés respectivement aux voies Y_A et Y_B de l'oscilloscope.

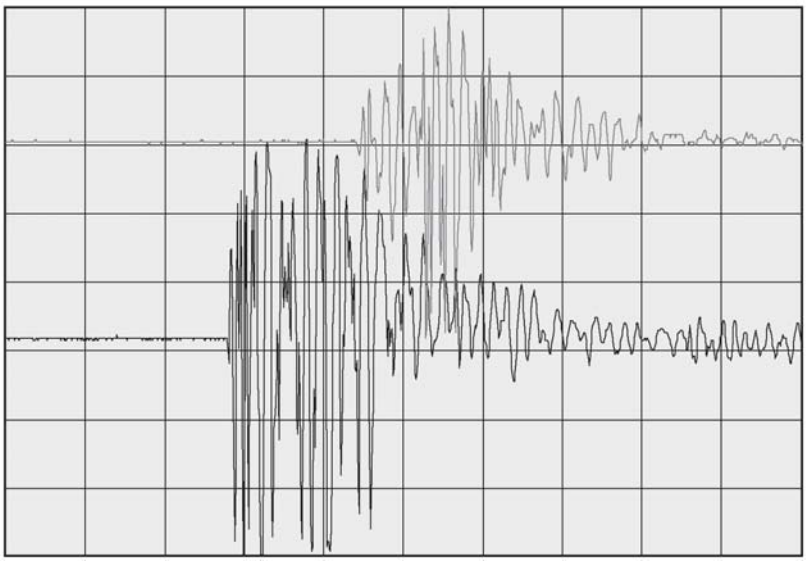
© Cned – Académie en ligne



Un bruit bref est produit devant M1.

L'oscillogramme suivant a été obtenu grâce à un oscilloscope à mémoire qui a enregistré les tensions apparues aux bornes de deux micros situés à une distance d = 0,56 m l'un de l'autre quand un bruit est émis à proximité de l'un d'eux.

air, d = 0,56m



balayage b = 1ms/div

L'intervalle de temps d'une division correspond à 1 ms.

a. *Quelle durée s'est écoulée entre la réception du bruit par le micro le plus proche et la réception de ce même bruit par le micro plus éloigné de la source sonore ?*

b. *En déduire la vitesse du son dans l'air.*

© Cned – Académie en ligne

La vitesse du son dans l'air est de l'ordre de 340 m.s^{-1} à température et pression ordinaires.

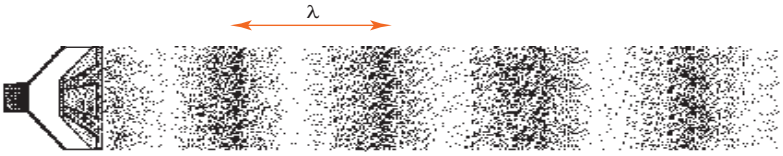
2. Longueur d'onde

La longueur d'onde est la distance parcourue par le son en une période T de vibration de la source.

Si v est la vitesse de propagation du son alors : $v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = vT = \frac{v}{f}$; λ s'exprime en mètre (m).

La longueur d'onde λ dépend donc :
- de l'émetteur (période et fréquence de vibration) ;
- du milieu de propagation par la vitesse v qui dépend de la nature du milieu.

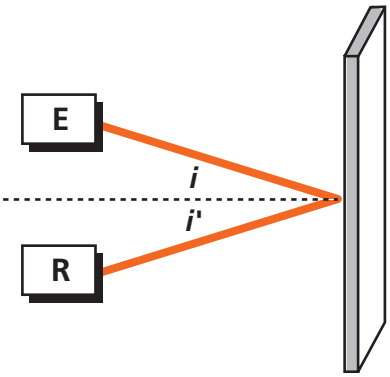
■ **Exemple**



D Propriétés des ultrasons

Nous allons voir deux propriétés qui caractérisent les ondes sonores.

1. Réflexion des ultrasons



La réflexion du son se produit sur des parois éloignées (écho en montagne par exemple,…).

Les ultrasons se réfléchissent mieux que les sons sur des obstacles et sont plus directifs.

Un émetteur émet des salves d'ultrasons dans une direction faisant un angle i avec la normale à la paroi.

Le récepteur R permet de rechercher la valeur maximale de l'amplitude de l'onde réfléchie qui correspond à l'angle i'.

Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence ; l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion : $i = i'$.

© Cned – Académie en ligne

Les chauves-souris peuvent émettre et capter ces ultrasons, ce qui leur permet de se diriger.

2. Absorption des ultrasons

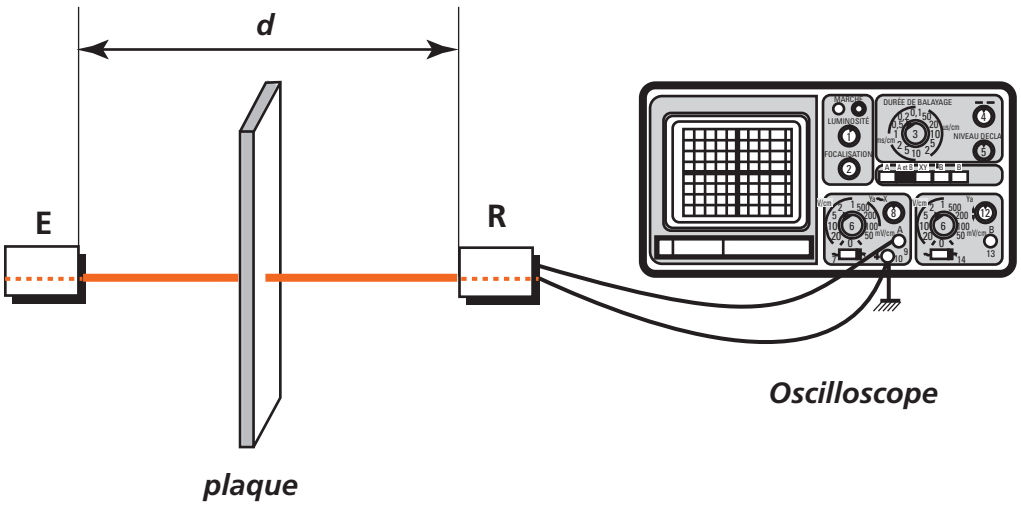
Une onde sonore transporte de l'énergie ; lorsqu'une onde sonore rencontre une paroi, une partie de l'énergie est prise par la paroi, l'autre partie étant réfléchie.

L'intensité sonore diminue de l'autre côté de la paroi. On dit qu'il y a eu absorption du son.

L'absorption dépend :
* de la nature du matériau traversé,
* de l'épaisseur de la paroi,
* de la fréquence du son.

Activité 3 *Mise en évidence de l'absorption des sons suivant les différents matériaux.*

Un récepteur et un émetteur d'ultrasons sont alignés face à face à une distance d l'un de l'autre. Un oscilloscope permet de mesurer la tension aux bornes du récepteur.



On prend comme témoin l'amplitude U_0 de la tension aux bornes du récepteur lorsqu'il n'y a pas d'obstacle entre les deux appareils.

Puis, on mesure les tensions (U_1, U_2, etc...) en interposant successivement différentes plaques.

© Cned – Académie en ligne

	Pas d'obstacle	*verre*	*polystyrène*	*coton*	*métal*
U_i (V)	*1,60*	*0,20*	*0,30*	*0,70*	*0,10*

1. Quel est le matériau le plus absorbant ?
2. Classer les matériaux du moins absorbant au plus absorbant.

3. Applications de l'absorption et de la réflexion des ultrasons

- **Le télémètre :** c'est un appareil à ultrasons qui permet de mesurer les dimensions d'une pièce.
- **Le sonar :** il repose sur le même principe que le télémètre. Le dispositif est placé sous la coque d'un bateau et permet d'évaluer la distance entre le bateau et le premier obstacle rencontré (fond marin, banc de poissons, …).
- **L'échographie** utilisée en médecine est basée sur le même principe.

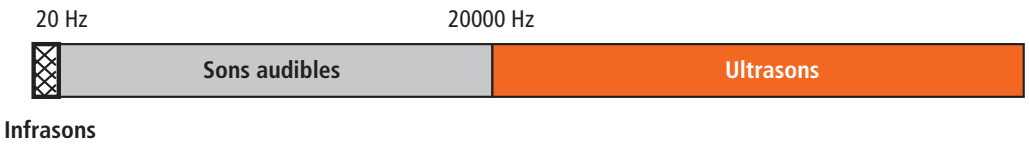
© Cned – Académie en ligne

Résumé

Le déplacement du son correspond à la propagation de l'onde sonore.

La propagation de l'onde sonore nécessite un milieu matériel : gaz, liquide, solide.

Domaine de fréquence des ondes sonores



La vitesse du son dans l'air est de l'ordre de 340 $m.s^{-1}$ à température et pression ordinaires.

Une onde sonore transporte de l'énergie ; lorsqu'une onde sonore rencontre une paroi, une partie de l'énergie est prise par la paroi, l'autre partie étant réfléchie.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

La période de la tension visualisée sur l'écran vaut :

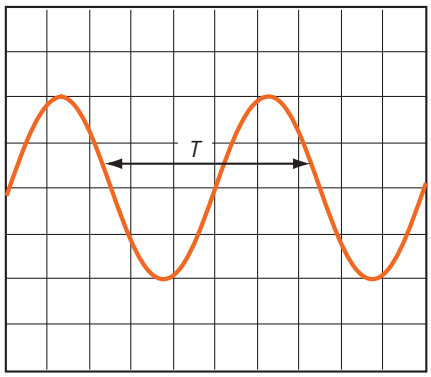
$T = 5 \times 0,5 = 2,5$ *ms.*

C'est aussi la période de l'onde sonore captée par le microphone.

La fréquence de l'onde sonore s'exprime par : $f = \frac{1}{T}$.

Application numérique :

$f = \frac{1}{2,5.10^{-3}} = 4,0.10^{2}$ Hz.



Activité 2

a. Durée écoulée entre la réception du bruit par le micro le plus proche et la réception de ce même bruit par le micro plus éloigné de la source sonore :

$\Delta t = 1,65 \times 1 = 1,67$ ms (on mesure la durée entre le début des deux signaux).

b. Vitesse du son dans l'air : $v = \frac{d}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{0,56}{1,65.10^{-3}} = 339$ m.s^{-1}.

Activité 3

1. L'intensité sonore est proportionnelle à l'amplitude de la tension ; le métal est donc le matériau le plus absorbant.
2. En comparant les différentes tensions obtenues, on s'aperçoit que le coton laisse relativement passer les ondes sonores ; le polystyrène est plus perméable aux ultrasons que le verre qui est plus perméable que le métal.

coton	*polystyrène*	*verre*	*métal*
Moins absorbant			*Plus absorbant*

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 3

Ondes électromagnétiques

Objectifs

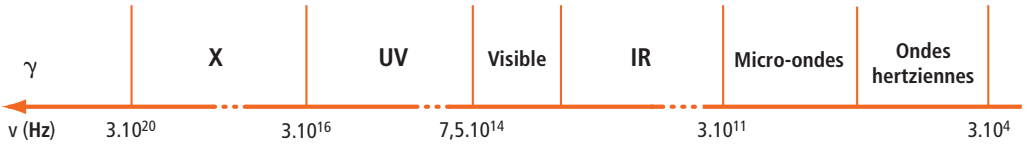
- Connaître les domaines de fréquences des ondes électromagnétiques
- Connaître la valeur de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques.

A Domaines de fréquences

Les ondes hertziennes, les micro-ondes, les radiations infrarouges, la lumière, les rayons ultraviolets, les rayons X, les rayons γ sont des ondes électromagnétiques.

Nous pouvons classer les ondes électromagnétiques par leurs fréquences mais aussi par leurs longueurs d'onde.

1. Echelle des fréquences



2. Célérité de la lumière

Les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière *c* dans le vide et dans l'air et à une vitesse plus faible dans les autres milieux.

La vitesse de propagation (ou célérité) d'une onde est notée ***c***.

Dans le vide (mais aussi dans l'air) la valeur de la célérité de la lumière est : $c = 300\ 000\ km.s^{-1} = 3{,}00.10^8\ m.s^{-1}$.

La célérité de la lumière dépend de la nature du milieu traversé.

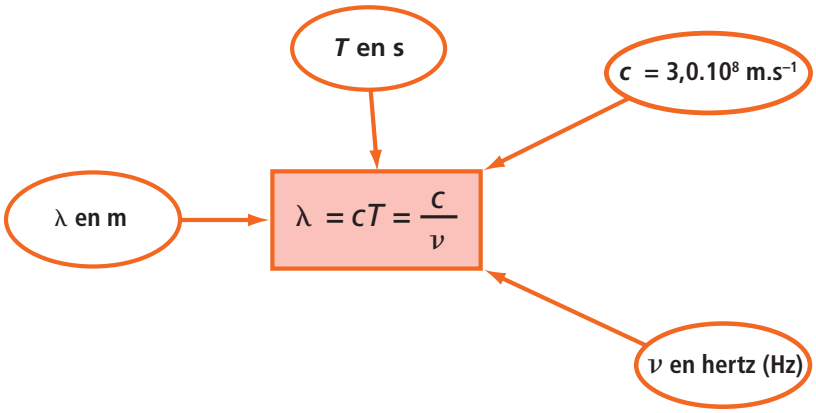
Par exemple dans l'eau : $c_{eau} = 2{,}26.10^8\ m.s^{-1}$; dans le verre : $c_{verre} = 2{,}00.\ 10^8\ m.s^{-1}$.

© Cned – Académie en ligne

3. Longueur d'onde et fréquence

La longueur d'onde d'une radiation lumineuse est la distance parcourue par l'onde pendant une période de vibration T de la source. On la note λ. Son unité est le mètre (m).

On admettra que la longueur d'onde d'une onde électromagnétique est liée à sa période T et à sa fréquence ν par la relation : $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$ où c est la célérité de la lumière.

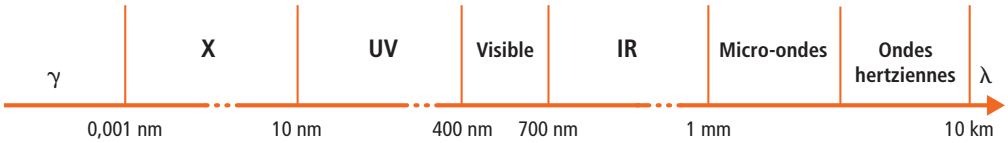


Activité 1

1. *Quelle est la longueur d'onde des ondes émises en modulation de fréquence par la station de radio des autoroutes (107,7 MHz) ?*
2. *France-Inter émet en grandes ondes sur la longueur d'onde 1849 m. Quelle est la fréquence de cet émetteur ?*
3. *A quel domaine appartiennent ces ondes ?*

4. Echelle des longueurs d'onde

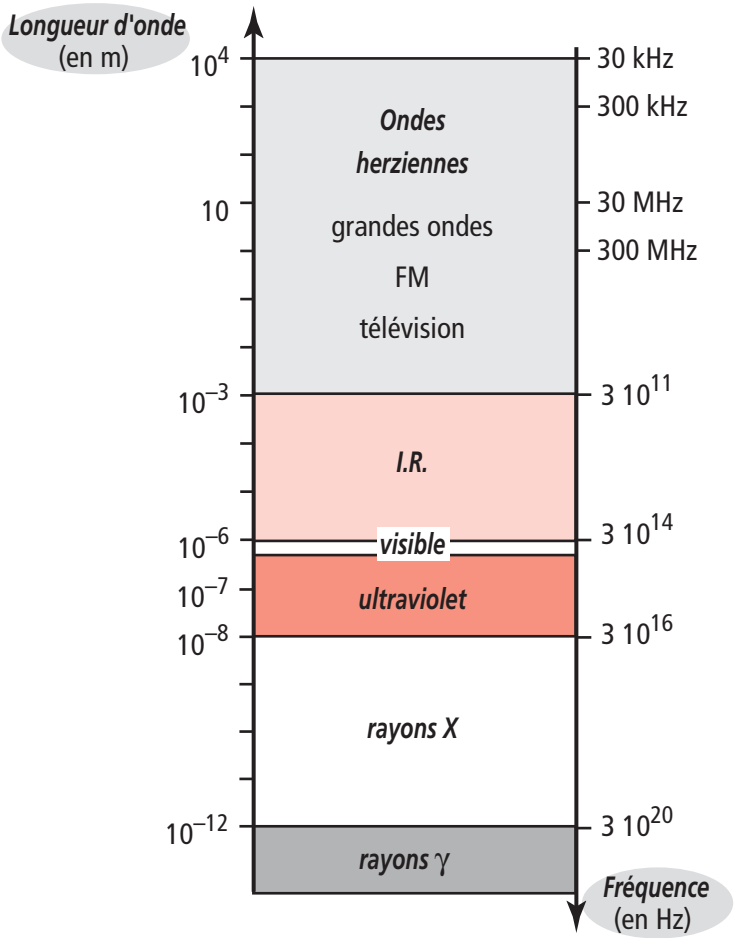
Echelle des longueurs d'onde pour les différents domaines



Activité 2 *Compléter le tableau suivant concernant les sous multiples de l'unité « mètre » en suivant l'exemple donné.*

Un micromètre	*Un nanomètre*	*Un millimètre*	*Un picomètre*	*Un kilomètre*
				1 km
				10^3 m

© Cned – Académie en ligne



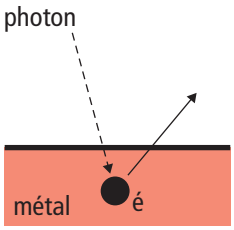
Activité 3 *Quand la longueur d'onde diminue, que fait la fréquence ?*

B Énergie du rayonnement électromagnétique

A toute onde électromagnétique on peut donc associer un corpuscule énergétique se propageant à la vitesse de la lumière, le photon. On admettra qu'une onde électromagnétique peut s'interpréter comme un « flux » de photons.

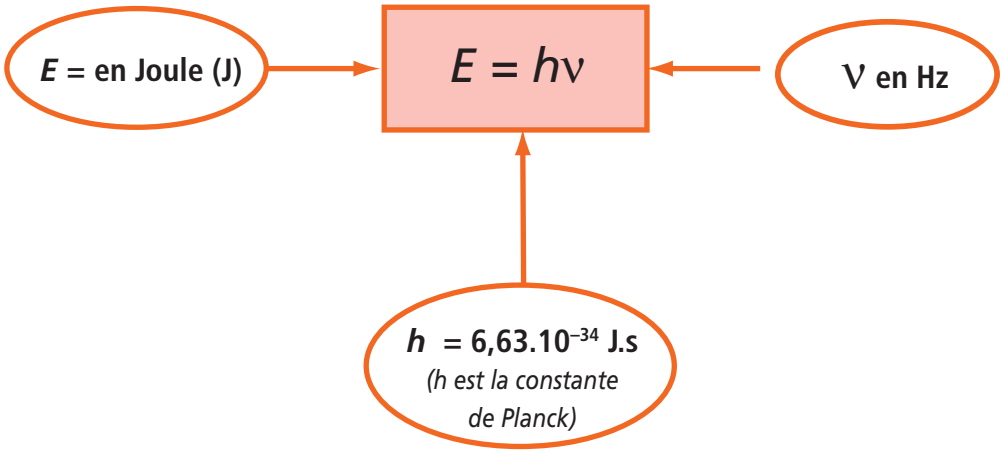
C'est Albert Einstein qui, à partir de 1905, a développé le concept de photon pour expliquer des observations expérimentales ; lorsqu'on éclaire, par exemple, un métal par de la lumière, un électron peut être extrait si l'énergie du rayonnement électromagnétique est suffisante (effet photoélectrique).

© Cned – Académie en ligne



On admettra que l'énergie E (d'un photon) (en J) est liée à la fréquence ν du rayonnement par la relation : $E = h\nu$ avec $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

Attention : la fréquence est notée ν pour un rayonnement électromagnétique.



Activité 4 *Compléter le tableau en calculant les énergies associées aux rayonnements.*

Rayonnement	*IR*	*Visible*	*UV*	*X*
Longueur d'onde	*1000 nm*	*600 nm*	*300 nm*	*1 nm*
Energie d'un photon				

Compléter la ligne suivante.

Plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie du rayonnement ----------.

© Cned – Académie en ligne

C Absorption des rayonnements électromagnétiques

Chaque photon transporte une énergie : $E = h\nu$; plus l'énergie du photon est importante et plus le rayonnement sera nocif.

L'énergie du photon augmente :

- Lorsque sa fréquence augmente
- Lorsque la longueur d'onde diminue

L'absorption des rayonnements est fonction :

- de l'énergie du photon (c'est-à-dire de la fréquence et de la longueur d'onde)
- et de la matière traversée.

Activité 5 *Classer les rayonnements par ordre décroissant d'énergie du photon.*

Rayonnement	*IR*	*γ*	*UV*	*hertzienne*	*X*	*Visible*
Longueur d'onde	*1 µm*	*0,0005 nm*	*300 nm*	*100 m*	*1 nm*	*600 nm*
Energie d'un photon						

1. Ondes hertziennes

Le principal effet des ondes hertziennes consiste dans un échauffement des tissus. C'est pourquoi les recommandations relatives à l'exposition aux champs de fréquence hertzienne sont destinées à éviter tout effet thermique local ou général.

Exemple

Utilisation des téléphones portables : en négligeant la circulation du sang, l'augmentation de température cérébrale serait de 1 °C en 33 minutes d'utilisation.

Il vaut mieux téléphoner sur des courtes durées tout en maintenant l'appareil éloigné de l'oreille.

Par prudence, certains scientifiques conseillent pour les téléphones portables de :
- ne pas utiliser votre téléphone mobile plus de 5 mn par jour,
- ne pas le porter sur soi en veille près des organes vitaux,
- d'opter pour un kit main libre permettant d'éloigner l'antenne du cerveau.

© Cned – Académie en ligne

2. Rayonnement infrarouge IR

Une ampoule émet de la lumière parce que le filament est chauffé par le passage du courant ; le filament chauffé rayonne de la lumière visible et des IR. D'une façon générale, tous les corps chauffés émettent de l'énergie sous forme d'infrarouge même s'ils ne sont pas lumineux.

Domaine des infrarouges

Comme tout rayonnement électromagnétique, le rayonnement infrarouge est absorbé par les matériaux qu'ils rencontrent ; en raison de leurs longueurs d'onde, le mécanisme d'absorption des infrarouges se fait par transfert d'énergie thermique. Le rayonnement infrarouge perd de l'énergie en chauffant la matière qui l'absorbe.

Une conséquence de l'absorption des infrarouges par certains gaz de l'atmosphère (dioxyde de carbone, méthane, oxydes d'azote, ozone) est l'effet de serre.

Le diazote et le dioxygène (c'est-à-dire l'air) sont transparents aux IR.

Le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote et la vapeur d'eau sont très fortement absorbants.

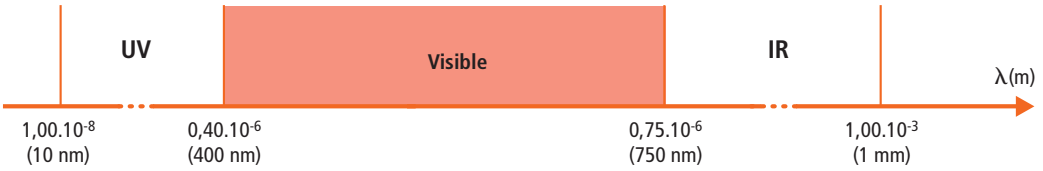
Activité 6 *Rechercher sur Internet ou dans une encyclopédie ce qu'est l'effet de serre ; on répondra aux questions suivantes.*

1. *Quelle est la source de rayonnement infrarouge dans l'effet de serre ?*
2. *L'effet de serre se traduit-il en premier par un réchauffement de la Terre dû au soleil ou par un réchauffement de la Terre du au réchauffement de l'atmosphère ?*
3. *L'effet de serre est-il naturel ?*
4. *Citer un gaz responsable de l'augmentation de cet effet de serre.*

3. Le rayonnement visible (voir le chapitre 4)

Le Soleil, les filaments chauffés à haute température, les tubes à gaz sous faible pression, les lasers sont des sources de lumière. La lumière est une onde électromagnétique.

© Cned – Académie en ligne



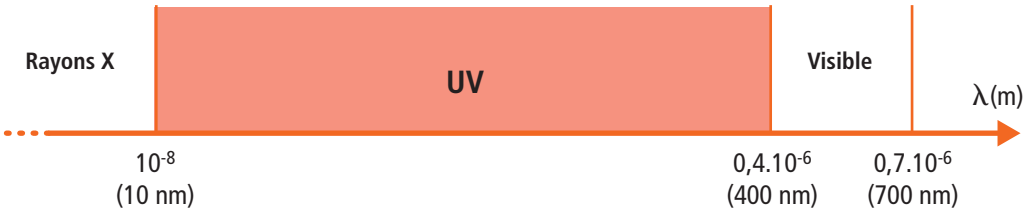
4. Rayonnement ultraviolet UV

Les sources d'ultraviolet sont, avant tout, naturelles : le Soleil et les étoiles produisent des ultraviolets.

On utilise des lampes à vapeur (gaz) ; une décharge électrique dans les gaz à basse pression excite les électrons qui en se réorganisant produisent des UV.

Exemple : la lampe à vapeur de mercure (rayonnement UV de 0,2 à 0,4 µm.).

■ Domaine des ultraviolets



Les longueurs d'onde des ondes UV étant plus petites que celles du visible, les photons UV sont donc beaucoup plus énergétiques.

Il existe trois types de rayonnements UV classés en fonction de leur longueur d'onde.

Ils n'ont pas la même activité biologique ni le même pouvoir de pénétration de la peau.
Plus le rayonnement UV a une longueur d'onde courte, plus il est nocif.
Par contre, le rayonnement UV de courte longueur d'onde a un pouvoir de pénétration cutanée moindre.

■ Importance de la couche d'ozone

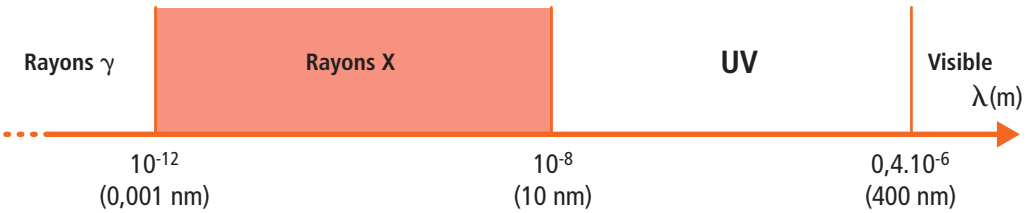
Les UVC sont les plus dangereux mais ils sont arrêtés par la couche d'ozone ; la disparition partielle de la couche d'ozone entraînerait une recrudescence des cancers de la peau, des maladies des yeux, une diminution du phytoplancton, …

5. Le rayonnement X

Principe : lorsqu'un faisceau d'électrons heurte une plaque métallique, les électrons sont absorbés par la matière qui les reçoit et celle-ci rayonne des ondes électromagnétiques dans le domaine des rayons X.

© Cned – Académie en ligne

■ **Domaine des rayons X**



L'absorption des rayons X est fonction :
- de la longueur d'onde (c'est-à-dire de l'énergie du photon X)
- et de la matière traversée.

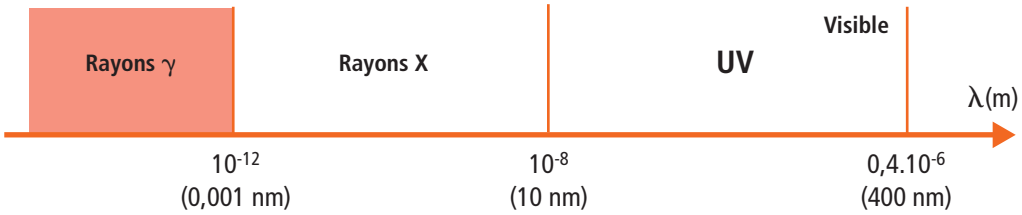
L'absorption augmente avec le numéro atomique Z de l'élément chimique.

Plus Z est grand, plus l'atténuation est grande.

L'écran de protection sera donc plus fin si on utilise un élément ayant un numéro atomique (Z) élevé. Par conséquent, des écrans et des tabliers de plomb protègent les manipulateurs en radiologie médicale.

6. Le rayonnement γ

■ **Domaine des rayons γ**

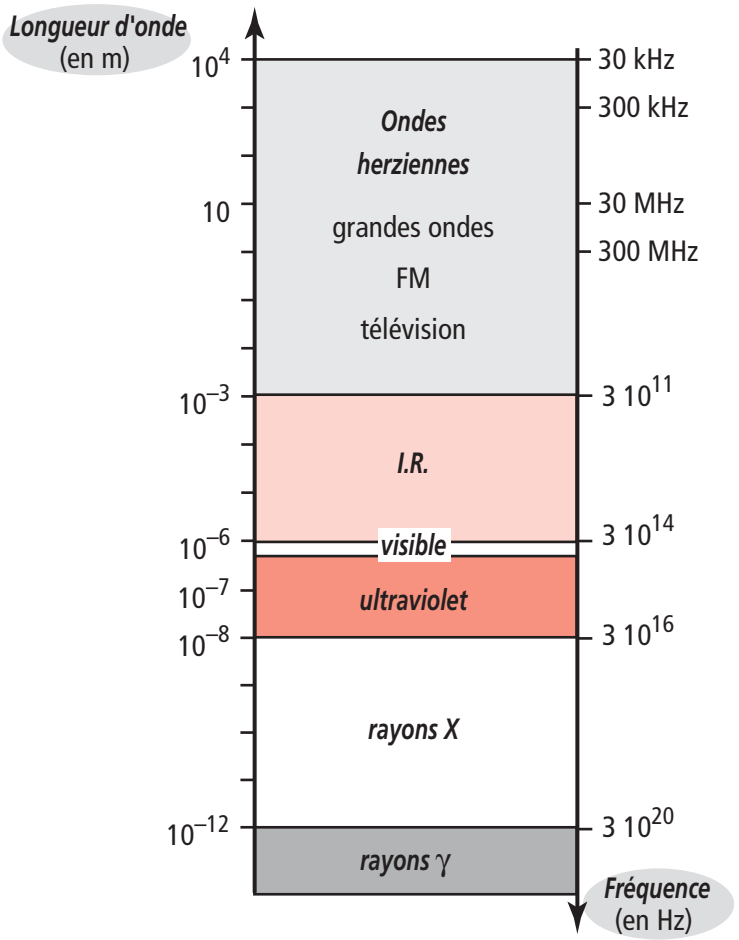


Le rayonnement γ (gamma) correspond à un rayonnement électromagnétique de très courte longueur d'onde, c'est-à-dire de très haute fréquence et donc de très grande énergie. Le rayonnement γ est très pénétrant. Il faut pour l'absorber un écran épais en plomb ou en béton.

© Cned – Académie en ligne

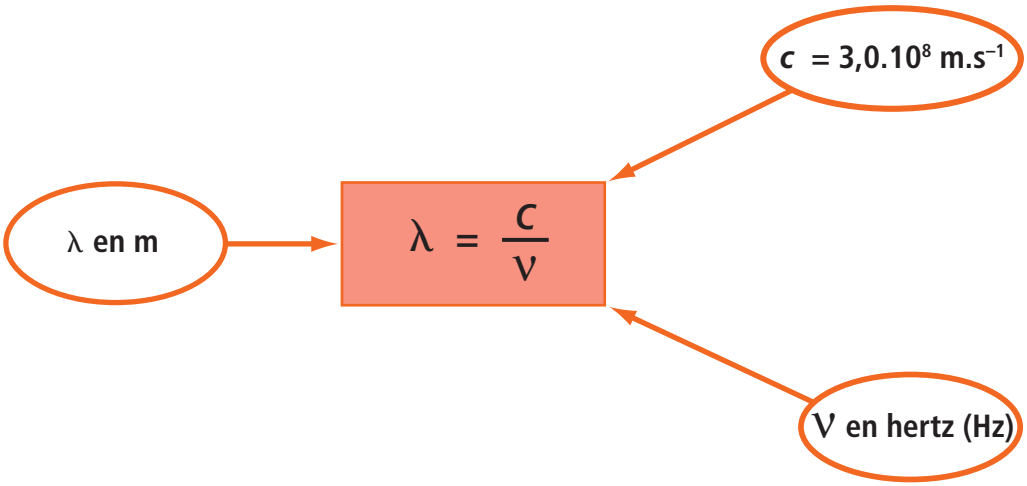
Résumé

Domaines des ondes électromagnétiques

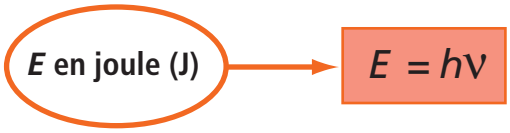


Dans le vide (mais aussi dans l'air) la valeur de la célérité de la lumière est : $c = 300\ 000\ km.s^{-1}$.

© Cned – Académie en ligne



Energie d'un photon



Plus l'énergie du photon est importante et plus le rayonnement sera nocif.

L'absorption des rayonnements est fonction :
- de l'énergie du photon, c'est-à-dire de la fréquence (et de la longueur d'onde)
- et de la matière traversée.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

1. La longueur d'onde des ondes émises en modulation de fréquence par la station de radio des autoroutes (107,7 MHz) s'exprime par : $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

   Application numérique : $\lambda = \frac{3{,}0.10^8}{107{,}7.10^6} = 2{,}8\,\text{m}$.

2. La fréquence de l'émetteur France-Inter s'exprime par : $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

   Application numérique : $\nu = \frac{3{,}0.10^8}{1849} = 1{,}6.10^5\,\text{Hz}$.

3. Ces ondes appartiennent au domaine des ondes hertziennes.

Activité 2

Un micromètre	Un nanomètre	Un millimètre	Un picomètre	Un kilomètre
1µm	1nm	1mm	1pm	1km
10^{-6} m	10^{-9} m	10^{-3} m	10^{-12} m	10^{3} m

Activité 3 Quand la longueur d'onde diminue la fréquence augmente.

Activité 4 L'énergie E d'un photon UV s'écrit : $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$.

Application numérique : $E_{UV} = 6{,}62.10^{-34}\frac{3{,}0.10^8}{300.10^{-9}} = 6{,}6.10^{-19}$ J.

Rayonnement	IR	Visible	UV	X
Longueur d'onde	1000 nm	600 nm	300 nm	1 nm
Energie d'un photon	$2{,}0.10^{-19}$ J	$3{,}3.10^{-19}$ J	$6{,}6.10^{-19}$ J	$2{,}0.10^{-16}$ J

Plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie du rayonnement augmente.

Activité 5 La fréquence s'exprime en fonction de la longueur d'onde : $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

Plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie

© Cned – Académie en ligne

du rayonnement augmente. Le plus nocif sera celui qui a la plus courte longueur d'onde.

Rayonnement	IR	γ	UV	hertzienne	X	Visible
Longueur d'onde	1 µm	0,0005 nm	300 nm	100 m	1 nm	600 nm
Energie d'un photon	5	1	3	6	2	4

Activité 6

1. Le rayonnement solaire qui arrive sur Terre, et qui n'a pas été absorbé par l'atmosphère, chauffe le sol. Le sol, comme tout corps chaud, émet des rayonnements, et en particulier une grande partie de ces radiations sont des infrarouges.

La source de rayonnement infrarouge dans l'effet de serre est la Terre.

2. Ces infrarouges émis se dirigent vers le haut et donc traversent l'air contenant certains gaz qui les absorbent. Cette absorption se fait par transfert thermique de l'énergie des infrarouges vers l'air. On a donc un échauffement de l'atmosphère résultant de cette absorption.

L'effet de serre se traduit en premier par un réchauffement de la Terre du au réchauffement de l'atmosphère.

3. L'effet de serre est un phénomène naturel mais qui augmente avec l'activité humaine.

4. Le dioxyde de carbone est un gaz responsable de cet effet de serre.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 4

La lumière

Objectifs

- Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu
- Savoir que la lumière se propage en ligne droite dans le vide et dans l'air
- Connaître la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air
- Savoir que la longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique
- Connaître le domaine des radiations visibles.
- Connaître les lois de la réfraction et le phénomène de réflexion totale.

A Propagation de la lumière

1. Sources de lumière

Tout corps solide porté à haute température émet de la lumière (filaments chauffés à haute température, le Soleil, …).

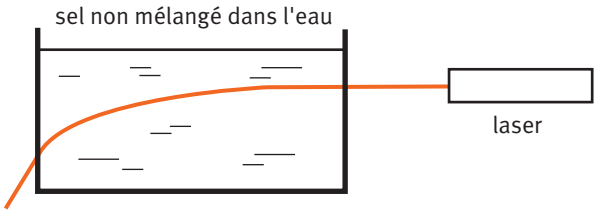
A faible pression, de nombreux gaz, subissant par exemple une décharge électrique, émettent de la lumière.

Les lasers sont aussi des sources de lumière.

2. La lumière se propage-t-elle en ligne droite ?

La lumière se propage dans le vide, et dans les milieux transparents (air, eau, gaz, verre, etc...).

Observons la lumière provenant d'un laser qui traverse une cuve remplie d'eau et de sel non mélangé.



© Cned – Académie en ligne

La lumière se propage en ligne droite dans l'air mais pas dans le mélange d'eau et de sel.

Propagation rectiligne de la lumière : la lumière se propage en ligne droite dans le vide et dans l'air.

3. Vitesse de la lumière

Dans le vide (et dans l'air), la vitesse de la lumière est $c = 3{,}00.10^8$ m.s^{-1}.

Par contre la vitesse de la lumière dans un milieu transparent dépend du milieu dans laquelle elle se propage.

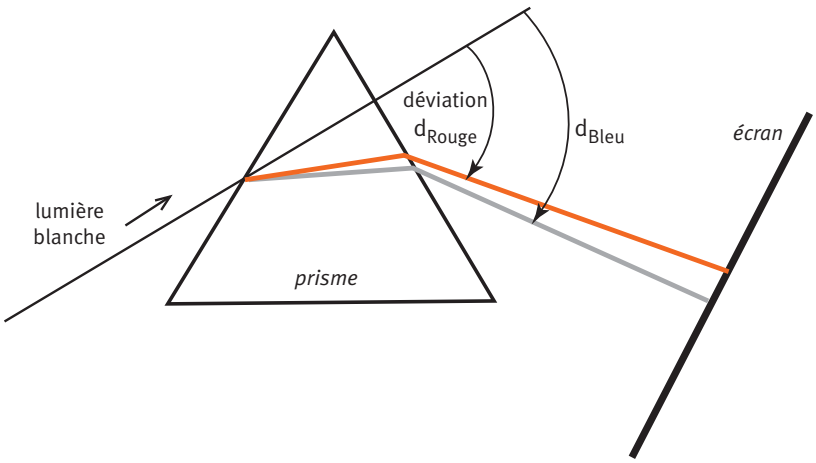
B Domaine du visible

1. Décomposition de la lumière

a. Décomposition de la lumière blanche

Tout corps solide porté à haute température émet de la lumière blanche (filament d'une lampe par exemple).

Expérience : on éclaire une fente avec de la lumière blanche et le faisceau obtenu est dirigé sur la face d'un prisme.



© Cned – Académie en ligne

On remarque que la lumière est déviée par le prisme.

Le faisceau qui sort du prisme est réparti sur l'écran. La couleur bleue est plus déviée que le rouge.

La lumière blanche est décomposée par le prisme.

Le spectre de la lumière blanche est composé de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

Le spectre est continu du rouge au violet ; il n'y a pas de couleurs qui manquent dans le spectre.

Tout corps solide porté à haute température émet donc un spectre continu.

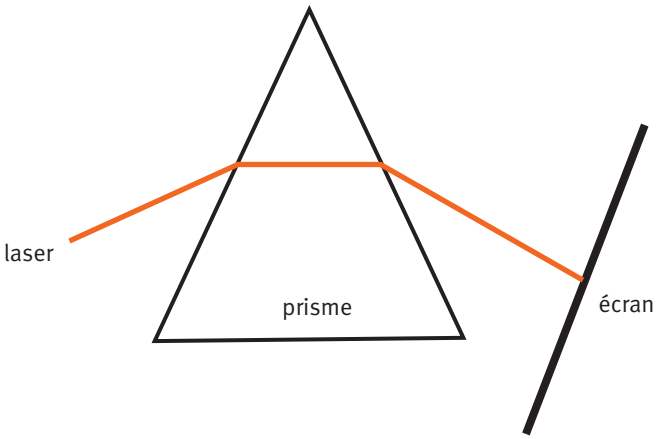
Plus la température est élevée et plus le spectre s'enrichit en radiations allant vers le violet.

b. Décomposition de la lumière émise par un laser

Activité 1 *Rechercher la signification du mot LASER ?*
En quelle année a-t-il été découvert ?

Pourquoi la lumière laser est-elle différente de la lumière ordinaire émise par le Soleil, ou par une ampoule ?

Effectuons la même expérience que dans le paragraphe a ; le faisceau rouge d'un laser est dirigé sur la face du prisme.



Le faisceau laser est dévié ; nous n'observons qu'une seule couleur sur l'écran : la couleur rouge initiale.

© Cned – Académie en ligne

La lumière produite par un laser est constituée d'une seule radiation (lumière monochromatique) alors que la lumière blanche est constituée de plusieurs radiations (lumière polychromatique).

c. Décomposition de la lumière émise par une lampe à mercure

On éclaire une fente avec de la lumière émise par une lampe à mercure ; le faisceau obtenu est dirigé sur la face du prisme.

On observe sur l'écran des radiations distinctes : **un spectre de raies**.

La lumière émise par la lampe de mercure est polychromatique : elle contient plusieurs radiations lumineuses.

2 Domaine des longueurs d'onde visibles

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que la lumière est constituée de radiations lumineuses.

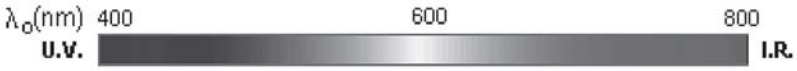
Une radiation lumineuse est caractérisée par sa longueur d'onde λ dans le vide ou dans l'air.

La longueur d'onde s'exprime en mètre (m).

La longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique

Le radiation rouge du laser utilisé dans le paragraphe précédent est caractérisée par sa longueur d'onde : $\lambda = 633$ nm.

Pour le domaine des ondes visibles, l'intervalle de longueurs d'onde est souvent donné avec des valeurs arrondies [400 nm ; 800 nm].



Les couleurs peuvent être associées à des intervalles de longueurs d'onde différentes.

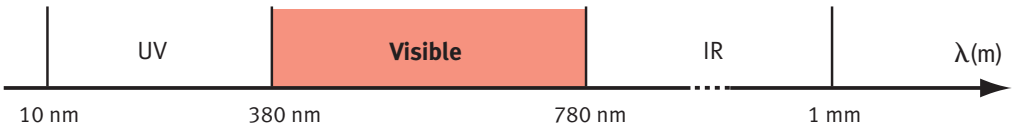
λ (nm)	380–450	450–495	495–570	570–590	590–620	620–780
Couleurs	violet	bleu	vert	jaune	orange	rouge

© Cned – Académie en ligne

Activité 2 *Compléter le tableau suivant concernant les sous multiples de l'unité « mètre » en suivant l'exemple donné.*

Un millimètre	Un nanomètre	Un micromètre	Un picomètre	Un centimètre
1mm				
10^{-3} m				

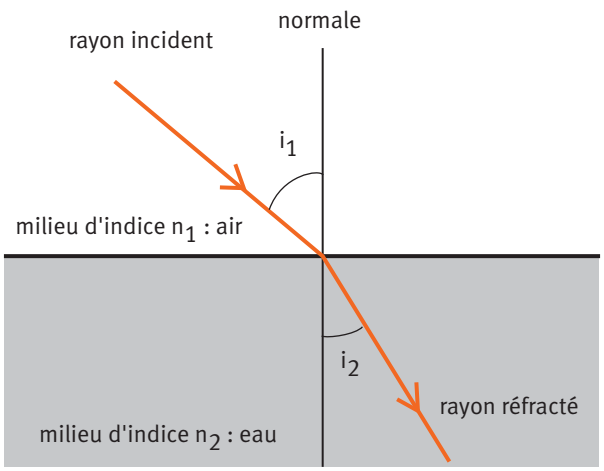
Les ondes lumineuses visibles par notre œil ne représentent qu'une petite partie du vaste domaine des ondes électromagnétiques.
Ci-dessous les domaines des radiations de la lumière visible, des UV et des IR.



C Réfraction et réflexion totale

1. Réfraction

Si l'on éclaire la surface de l'eau avec un faisceau laser, on constate que la lumière change de direction lorsqu'elle passe de l'air à l'eau.



Le phénomène de réfraction a lieu lorsque la lumière arrive à la surface de séparation de deux milieux transparents d'indices de réfraction n_1 et n_2 différents.

© Cned – Académie en ligne

La réfraction se caractérise par un changement de la direction de propagation de la lumière au passage de la surface de séparation.

Remarque

à la réfraction est associée une réflexion partielle sur la surface de séparation des deux milieux transparents ; on observe un rayon réfléchi de faible intensité que l'on négligera dans ce paragraphe.

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

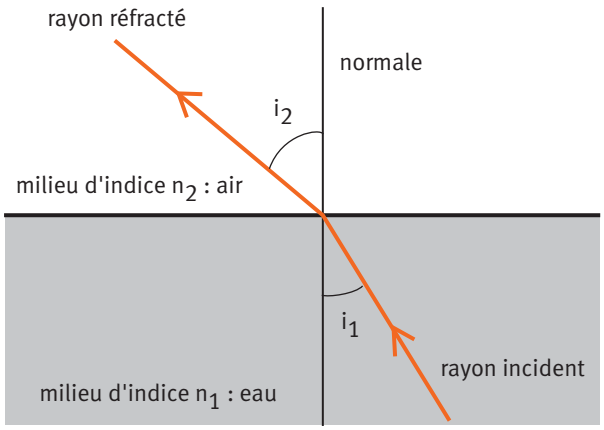
Ce plan d'incidence contient le rayon incident et la normale au point d'incidence. Il est perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux d'indices différents.

2ème 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 : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Un rayon lumineux perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux n'est pas dévié ($i_1 = 0 \Rightarrow i_2 = 0$).

Si la lumière passe d'un milieu à un autre, d'indice plus grand, (par exemple : passage de l'air dans l'eau), i_2 sera plus petit que i_1 et donc le rayon lumineux se rapprochera de la normale (voir figure ci-dessus).

Dans le cas contraire (par exemple si la lumière passe de l'eau dans l'air) le rayon lumineux réfracté s'écartera de la normale.



© Cned – Académie en ligne

2. Réflexion totale

Lorsque le milieu 1 (exemple : du verre) a un indice n_1 supérieur à l'indice n_2 du milieu 2 (par exemple : de l'air), nous avons vu que l'angle réfracté i_2 est alors supérieur à l'angle incident i_1.

Que se passe-t-il si l'on augmente l'angle d'incidence i_1 ?

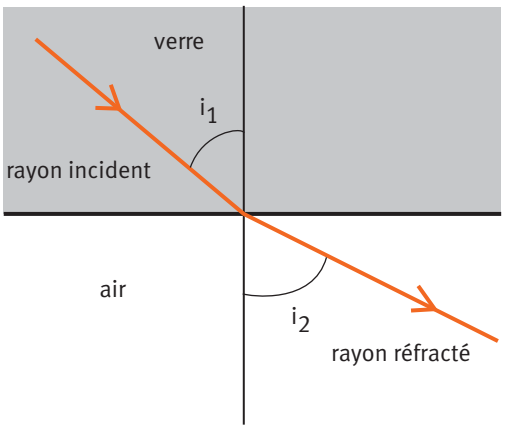


Figure 1

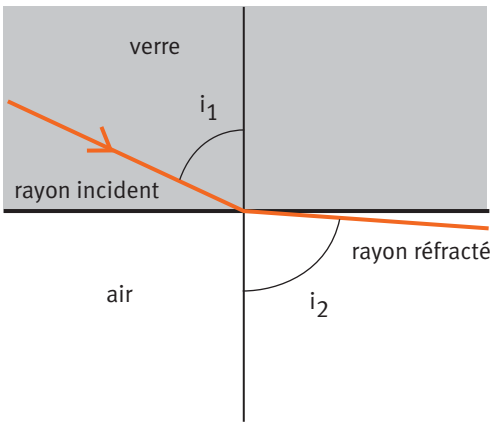


Figure 2

Le rayon réfracté se rapproche alors de la surface de séparation verre-air ***(figure 1 puis 2)***.

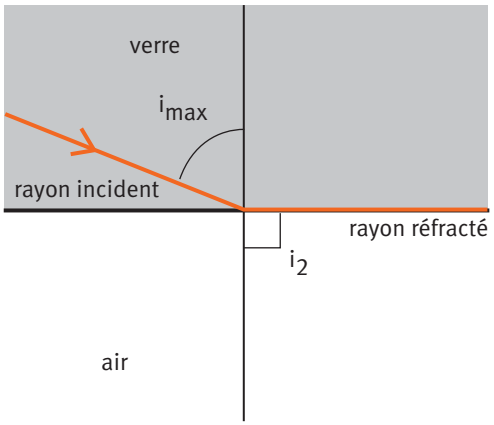


Figure 3

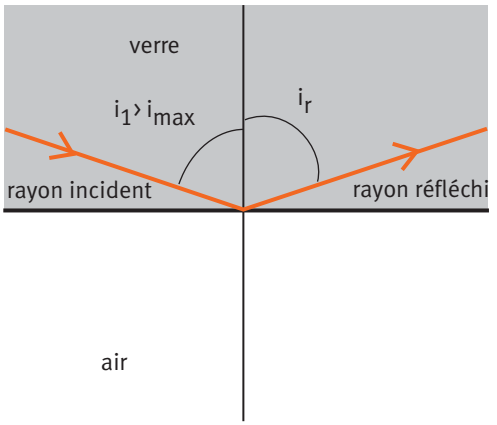


Figure 4

Lorsque l'angle d'incidence est égal à la valeur i_{max} ***(figure 3)***, le rayon réfracté est tangent à la surface de séparation.

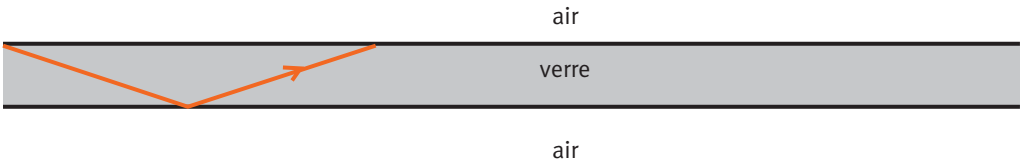
Activité 3 *Dans le cas de la figure 3 précédente, exprimer sin i_{max} en fonction de n_1 et n_2.*

Calculer l'angle i_{max} pour n_1 = 1,52 et n_2 = 1,00.

© Cned – Académie en ligne

Lorsque l'angle d'incidence est supérieur à i_{max} ***(figure 4)***, il n'y a plus de rayon réfracté, le rayon incident est réfléchi par la surface de séparation : c'est le phénomène de réflexion totale.

Activité 4 ***On considère un cylindre de verre où se propage un rayon lumineux. Tracer le rayon lumineux jusqu'à l'extrémité droite du cylindre de verre en justifiant votre réponse.***



© Cned – Académie en ligne

Résumé

La lumière se propage en ligne droite dans le vide et dans l'air.

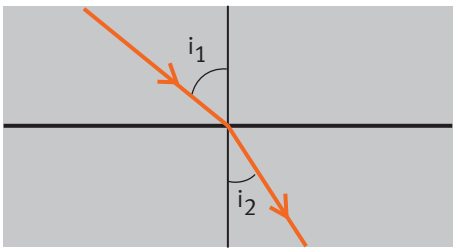
Dans le vide (et dans l'air), la vitesse de la lumière est $c = 3{,}00.10^8$ m.s^{-1}.

Tout corps solide porté à haute température émet un spectre continu.

La longueur d'onde caractérise, dans l'air et dans le vide, une radiation monochromatique

Pour le domaine des radiations visibles, l'intervalle de longueurs d'onde correspond à : [400 nm ; 800 nm].

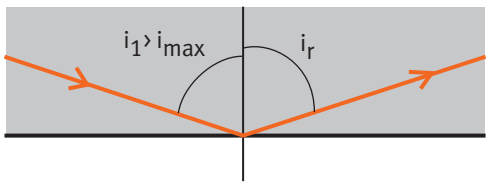
La réfraction se caractérise par un changement de la direction de propagation de la lumière au passage de la surface de séparation de deux milieux transparents différents.



2e 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 : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

© Cned – Académie en ligne

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}.
- 

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1 Le mot L.A.S.E.R. signifie « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ».

Le Laser a été découvert en 1960.

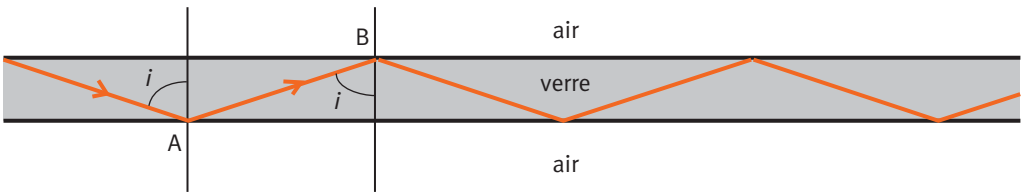
Activité 2

Un millimètre	Un nanomètre	Un micromètre	Un picomètre	Un centimètre
1mm	1nm	1µm	1pm	1cm
10^{-3} m	10^{-9} m	10^{-6} m	10^{-12} m	10^{-2} m

Activité 3 $n_1 \sin i_{max} = n_2 \sin\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin i_{max} = \frac{n_2}{n_1}$.

Faire sur la calculatrice $\sin^{-1}\left(\frac{1,00}{1,52}\right) \Rightarrow i_{max} = 41,1°$.

Activité 4 L'angle i que fait le premier rayon avec la normale en A est supérieure à i_{max} puisqu'il y a réflexion totale en A ; comme l'angle i se retrouve ensuite en B, il y aura aussi réflexion totale et ainsi de suite.



© Cned – Académie en ligne

Chapitre 5

Mesure d'une durée

Objectifs

- Connaître les phénomènes astronomiques permettant une mesure d'une durée.
- Connaître les dispositifs construits par l'Homme.
- Etre capable de porter un regard critique sur un protocole de mesure d'une durée en fonction de la précision attendue

A La durée

« Je suis arrivé en gare de Rennes depuis 1 heure et je monte dans un taxi ». Cette phrase nous permet-elle de savoir à quelle heure la personne est arrivée à Rennes ?

Cette personne est peut-être arrivée à 1 heure du matin en gare de Rennes mais elle est aussi bien arrivée à une autre heure et attend depuis 1 heure.

Prenons l'exemple où cette personne est arrivée à 0 h 30 et a attendu 1 heure. On peut distinguer la date représentant l'instant d'arrivée (0 h 30) et la durée (1 heure).

L'évènement (arrivée à la gare) se produit à un instant repéré par une date t_1 ; le 2e évènement (montée dans le taxi) se produit à l'instant de date t_2.

Par définition, la durée, notée Δt, est l'intervalle de temps qui sépare deux événements :

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

L'unité internationale de la durée est la seconde (s).

Compléter le tableau suivant concernant les unités de durées.

Durée	*1 heure*	*1 jour*	*1 h 40 min*	*5h 5 min*
En minutes				
En secondes				

Pour mesurer une durée, il est nécessaire d'avoir une durée « étalon », c'est-à-dire de faire appel à des événements qui reviennent régulièrement, donc d'avoir un phénomène périodique.

© Cned – Académie en ligne

Nous avons vu qu'un phénomène périodique est un phénomène qui se reproduit identiquement à lui-même à intervalles de temps réguliers.

L'Homme a toujours cherché à se repérer dans le temps.

Pour la « mesure du temps », il a d'abord fait appel à des phénomènes naturels répétitifs puis il a créé des dispositifs permettant de mesurer ces durées (horloges, chronomètres, ...)..

Le chronométrage, c'est-à-dire la mesure des durées, est présent dans tous les domaines (sportif, transport, travail, …) et fait appel à des techniques de plus en plus sophistiquées.

La précision attendue ne sera pas la même sur un Grand Prix de Formule 1 (course automobile) ou sur un marathon.

B L'Homme et la mesure des durées

Il y a 500 000 ans, il avait déjà observé l'alternance des jours et des nuits, les phases de la Lune, le rythme des saisons. Plusieurs siècles plus tard, l'Homme a utilisé l'ombre d'un gnomon (un bâton planté dans le sol éclairé par le Soleil) puis le cadran solaire mais ces instruments sont inefficaces la nuit. Il a alors utilisé un réservoir d'eau ou de sable gradué qui se vide régulièrement. Ce fut une première mesure de la durée.

1. Les phénomènes astronomiques

a. Alternance du jour et de la nuit

La Terre tourne sur elle-même autour de l'axe passant par le pôle nord et le pôle sud. Cette rotation permet l'alternance du jour et de la nuit. Pour un observateur terrestre, le phénomène est presque périodique ; il ne l'est pas exactement puisque les journées d'été sont plus longues que celles d'hiver.

Le jour est une unité de temps ; c'est la durée moyenne entre deux levers consécutifs du Soleil.

Le jour fut d'abord divisé en six (il y a 5000 ans à Babylone), puis en 12 (en Egypte) et enfin en 24 heures.

Pour les Romains, l'heure était de durée variable suivant les saisons. Les Babyloniens, dont le système de numération était différent du notre, divisèrent l'heure en 60 parties égales (les minutes) puis la minute en 60 secondes.

Dans une heure il y a donc 60 minutes ou 3600 secondes ; dans un jour, il y a 86400 secondes.

© Cned – Académie en ligne

b. Les phases de la Lune

Pour un observateur terrestre, l'intervalle entre deux phases identiques de la Lune est aussi une unité de temps : le mois lunaire ou lunaison.

Entre deux pleines lunes, il y a 29,5 jours. L'apparition de la pleine lune pour un observateur terrestre est donc un phénomène périodique de période T = 29,5 jours.

c. Les saisons

Dans le référentiel héliocentrique (objet de référence : le Soleil), la Terre tourne autour du Soleil en 365,25 jours. Dans le même temps la Terre tourne en une journée autour d'un axe passant par le pôle nord et le pôle sud.

d. Construction des calendriers

Comment se repérer dans le temps en tenant compte du jour solaire, de l'année solaire et du mois lunaire ? Les différentes civilisations ont choisi de construire des calendriers ; certaines ont choisi de « suivre » le Soleil, d'autres la Lune, …

Mais comment a-t-on situé le commencement du temps ?

- Pour les chrétiens, l'an 1 a démarré le 1er janvier après la naissance de Jésus-Christ.
- Pour les musulmans, l'an 1 a commencé le jour où Mahomet quitta La Mecque pour se réfugier à Médine c'est-à-dire en l'an 622 du système chrétien.

Dans le calendrier du système chrétien, qui est celui du commerce international, l'année compte 12 mois ou 365 jours solaires ; tous les quatre ans, on rajoute un 366ème jour (29 février) pour ajuster ce calendrier à la période de rotation de la Terre autour du Soleil.

D'autres calendriers comptent différemment les années et les mois ; dans le calendrier musulman, l'année correspond à 12 lunaisons soit 354 jours

2. Dispositifs construits par l'Homme

a. Gnomon ; cadran solaire

Le gnomon est un simple bâton planté verticalement dans le sol qui permet d'observer le mouvement de l'ombre du bâton éclairé par le Soleil (voir la photographie sur votre livre).

La longueur de l'ombre et son orientation permettent de se repérer dans le temps.

Cette ombre parcourt très régulièrement un arc de cercle. En gravant des divisions correspondant aux heures sur le sol ou sur un cadran, on a construit un cadran solaire. 2000 ans avant notre ère, les Babyloniens utilisaient déjà des cadrans solaires.

© Cned – Académie en ligne

b. Clepsydre ; sablier

Comment mesurer une durée en l'absence de Soleil, la nuit ou lorsqu'il pleut ? 3000 ans avant Jésus-Christ, les Egyptiens utilisaient la clepsydre.

Le principe de la clepsydre est le suivant : un récipient rempli d'eau est percé d'un trou à la base ; des graduations situées à l'intérieur permettent de mesurer des intervalles de temps. Les Grecs avaient perfectionné la clepsydre en lui ajoutant un cadran et une aiguille ; la clepsydre est une horloge à eau.

Avec la clepsydre, il n'y a pas de phénomène périodique qui intervient ; c'est le défilement de l'eau devant des divisions qui intervient.

Le sablier est basé sur le même principe que la clepsydre, mais du sable fin remplace l'eau. Christophe Colomb faisait le point en mer en utilisant la durée d'écoulement d'un sablier retourné, depuis le début du voyage toutes les demi-heures environ.

c. Les horloges

■ Les horloges mécaniques

La première horloge mécanique est apparue au Xème siècle. Dans son principe un « poids » accroché à une corde enroulée autour d'un cylindre d'axe horizontal descend lentement en faisant tourner le cylindre ; une roue dentée permet alors à l'aiguille d'avancer (voir la photographie sur votre livre).

■ Les horloges électriques et atomiques

Dans une horloge électrique, une pile remplace le poids ou le ressort à spirale. La première horloge électrique date de 1840 ; la première montre électrique n'apparaîtra qu'en 1952.

Dans l'horloge à quartz, un courant électrique très faible, fourni par une pile, suffit à faire vibrer ou osciller un cristal de quartz.

Un cristal de quartz oscille 32768 fois par seconde ; sa fréquence d'oscillation est donc de 32768 Hz.

Cette fréquence est ensuite divisée pour atteindre 1 Hz, l'intervalle de temps est alors la seconde.

Chaque oscillation modifie ensuite l'état électrique d'une mémoire.

En 1958, la précision des horloges est encore améliorée avec la mise au point de l'horloge atomique ; l'atome émet ou absorbe de l'énergie à un fréquence très élevée.

Pour l'atome de césium, la fréquence est de 9 192 631 770 Hz.

d. Oscilloscopes ; ordinateurs

Les ordinateurs actuels sont munis d'une horloge qui permet aussi de mesurer des durées.

L'oscilloscope est un appareil de mesure des tensions électriques ; il permet de visualiser simultanément deux tensions électriques quand elles sont appliquées chacune sur une des deux voies Y_A et Y_B.

L'oscilloscope permet de mesurer la période d'une tension périodique connaissant l'intervalle de temps correspondant à une division horizontale.

© Cned – Académie en ligne

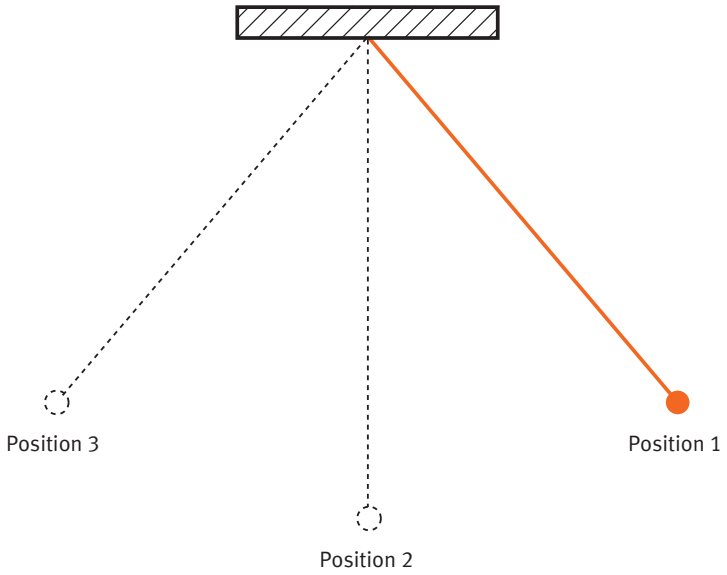
Activité 2 *En utilisant Internet ou une encyclopédie compléter le tableau suivant :*

	Epoque et lieu de l'utilisation	Principe de fonctionnement
Cadran solaire		
Clepsydre		
Sablier		
Horloge mécanique		
Horloge à quartz		

C Le chronométrage

1. Mesure de la période d'oscillations d'un pendule

Un pendule simple est constitué par un petit objet attaché au bout d'un fil, l'autre extrémité du fil est fixe.



© Cned – Académie en ligne

Vous pouvez construire un pendule simple avec du fil à coudre et un petit objet (bille en fer, morceau de plomb, …). Suspendez l'autre extrémité du fil à un support.

Ecartez le pendule et lâchez-le ; le pendule oscille.

En utilisant le chronomètre d'une montre vous allez pouvoir mesurer la durée d'une oscillation du pendule.

Quel protocole de mesure choisir pour obtenir la meilleure précision possible ?

Activité 3 *Vous lâchez le pendule en position 1.*

1 *En quelle position faut-il déclencher le chronomètre ?*

	Position 1	Position 2	Position 3
Cochez la case correspondant à votre choix			

2 *En quelle position faut-il arrêter le chronomètre ?*

	Position 1	Position 2	Position 3
Cochez la case correspondant à votre choix			

3 *Combien d'oscillations doit-on chronométrer ?*

	1	2	5	10
Cochez la case correspondant à votre choix				

Pour mesurer une durée, il est nécessaire de bien choisir le protocole de mesure en fonction de la précision attendue.

2. Chronométrage sportif

Pour les différentes manifestations sportives, il existe plusieurs solutions de chronométrage.

Dans les courses de marathon, on utilise un système de chronométrage par puce électronique qui s'adapte au laçage de la chaussure du coureur et qui contient un circuit électronique capable de renvoyer un code unique lorsqu'elle passe dans

© Cned – Académie en ligne

un champ magnétique. Ce sont des tapis au sol, au départ et à l'arrivée, qui génèrent ces champs magnétiques et reçoivent les codes des différentes puces. Chaque puce est ainsi enregistrée à l'heure précise de son passage sur le tapis. Les données ainsi récoltées peuvent fournir le classement à l'arrivée, ainsi que le temps réel de la course pour chaque coureur.

Tapis placé sur la route

Puces

En compétition automobile on ne peut pas mesurer les performances des pilotes et des voitures sans un chronométrage sophistiqué. Dans les années soixante le chronométrage s'effectuait au centième de seconde.

Aujourd'hui la technologie en matière de chronométrage permet d'atteindre le 1/100 000e de seconde ce qui permet d'enregistrer fidèlement et avec une grande précision chaque millième de seconde économisé.

On utilise des transpondeurs.

Ce sont des petits éléments électroniques qui sont fixés sur les voitures. La particularité de ce système est d'avoir au sol une antenne qui réceptionne les informations du transpondeur. Étant donné que le transpondeur est lui aussi équipé d'une petite antenne, cela donne une excellente précision de détection.

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Par définition, la durée, notée Δt, est l'intervalle de temps qui sépare deux événements de dates connues : $\Delta t = t_2 - t_1$.

L'unité internationale de la durée est la seconde.

Pour mesurer une durée, il est nécessaire d'avoir une durée « étalon », c'est-à-dire de faire appel à des événements qui reviennent régulièrement, donc d'avoir un phénomène périodique.

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

Les phénomènes astronomiques ont permis un premier repérage dans le temps (les saisons, les phases de la Lune, l'alternance du jour et de la nuit) ; ils ont permis d'établir des calendriers.

L'Homme a construit des dispositifs de plus en plus ingénieux et performants (gnomon, cadran solaire, clepsydre, horloge mécanique) permettant des mesures de durées de plus en plus précises (horloge à quartz, horloge atomique).

Aujourd'hui la technologie en matière de chronométrage permet d'atteindre une très grande précision grâce aux transpondeurs.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

Durée	1 heure	1 jour	1 h 40 min	5 h 5 min
En minutes (min)	60	24x60 = 1440	100	305
En secondes (s)	3600	86400	6000	18300

Activité 2

	Epoque et lieu de l'utilisation	Principe de fonctionnement
Cadran solaire	L'invention du cadran remonte à 5000 ans avant J.C.	Au cours de la journée, l'ombre du stylet se déplace sur le cadran et indique l'heure.
Clepsydre	Inventée par les Egyptiens mais connue également des Amérindiens et des grecs.	Un vase percé d'un trou laisse couler de l'eau. Des graduations ménagées à l'intérieur du vase permettent de mesurer des intervalles de temps.
Sablier	Couramment utilisé avant les horloges mécaniques, surtout dans les pays pauvres en eau à la place de la clepsydre.	Le vase supérieur est rempli de sable qui coule doucement dans le vase inférieur en une durée fixe.
Horloge mécanique	Les premières horloges apparaissent au XIIIème siècle, elles n'ont pas forcément un cadran, et ne possèdent qu'une aiguille, celle des heures.	Un « poids » accroché à une corde enroulée autour d'un axe horizontal entraîne une aiguille dans un mouvement de rotation. La difficulté est de régulariser le mouvement du poids dans un mouvement uniforme.
Horloge à quartz	La première horloge à quartz date de 1930 et était grosse comme un réfrigérateur. En 1970 elle se miniaturise.	La vibration naturelle d'un cristal de quartz permet de piloter le mouvement de rotation des aiguilles

© Cned – Académie en ligne

Activité 3

1 *Il vaut mieux déclencher le chronomètre en position 2 ; la vitesse de l'extrémité du pendule est alors maximale ce qui permet d'avoir une meilleure précision sur la mesure.*

	Position 1	Position 2	Position 3
Choix		X	

2 *Il faut bien sur arrêter le chronomètre dans la même position.*

	Position 1	Position 2	Position 3
Choix		X	

3 *Une oscillation ne permet pas d'avoir une bonne précision sur la mesure. Si les oscillations ne sont pas trop amorties, la mesure de la durée de 10 oscillations permet d'obtenir rapidement le résultat puisqu'il suffit de diviser par 10 la valeur affichée sur le chronomètre.*

	1	2	5	10
Choix			X	X

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 6

Le mouvement

Objectifs

- Savoir qu'il est nécessaire de choisir un référentiel
- Savoir décrire un mouvement
- Connaître le mouvement rectiligne et uniforme.

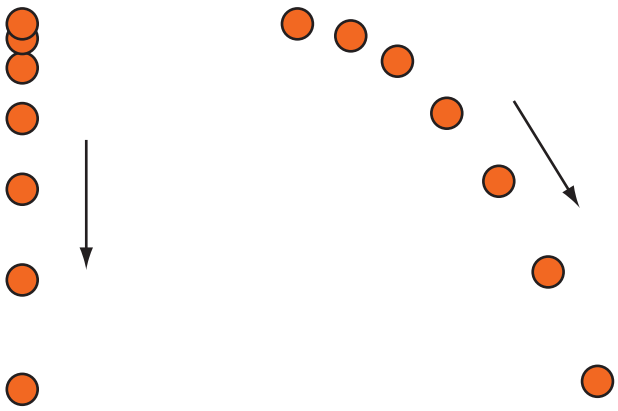
A Relativité du mouvement

Dans une même situation, un objet peut être en mouvement pour un observateur et à l'état de repos pour un autre observateur.

Une personne se déplaçant en vélo lâche une balle sans vitesse initiale.

La balle est filmée par deux observateurs ayant une caméra numérique ; le premier observateur roule à la même vitesse, le deuxième observateur se trouve sur le trottoir.

Nous obtenons les enregistrements suivants :



Observateur situé sur le vélo roulant à la même vitesse

Observateur situé sur le trottoir

Pour l'observateur n°1, la trajectoire de la balle est une droite ; par contre, pour l'observateur n°2, la trajectoire de la balle est curviligne.

Le mouvement de la balle dépend de l'observateur choisi comme référence (celui sur le vélo voisin ou celui sur le trottoir).

La trajectoire d'un corps qui tombe n'est donc pas la même pour tous les observateurs.

Il est donc nécessaire de choisir un même corps de référence pour étudier le mouvement.

© Cned – Académie en ligne

B Référentiel

Le corps choisi comme référence s'appelle un référentiel ; dans ce chapitre, nous étudierons des mouvements sur Terre dans un même référentiel, le référentiel terrestre.

L'ensemble des objets de référence fixes par rapport à la Terre constituent le référentiel terrestre.

Dans l'exemple précédent, le référentiel constitué par le trottoir est fixe par rapport à la Terre, de même qu'une salle de classe ; ces référentiels peuvent être assimilés au référentiel terrestre.

Par contre, le référentiel lié au vélo en mouvement ne peut pas être assimilé au référentiel terrestre.

Activité 1 ***Quels sont les objets nommés ci-dessous qui peuvent être assimilés au référentiel terrestre ?***
Une maison - Un bus en mouvement - Un avion qui roule avant de décoller - Votre table où est posé le cours.
Dans l'exemple du paragraphe A, le vélo et le trottoir peuvent-ils être assimilés au référentiel terrestre ?

Le référentiel terrestre permet d'étudier des mouvements de courtes durées réalisés sur Terre tels que les mouvements étudiés dans un laboratoire.

■ **Exemples** Mouvement d'un ballon de football, mouvement d'un palet sur la glace, …

Par contre, le référentiel terrestre ne sera pas utilisé pour étudier le mouvement d'un satellite autour de la Terre car il existe un référentiel plus commode à utiliser qui est le référentiel géocentrique.

C Comment décrire le mouvement ?

Pour décrire le mouvement, on utilise la notion de trajectoire et la notion de vitesse.

1. La trajectoire

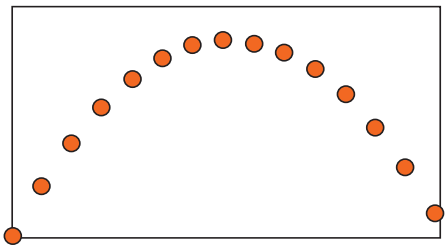
La trajectoire d'un corps est l'ensemble des positions successives occupées par un point du corps judicieusement choisi ; ce point peut être le centre d'une balle par exemple.

On peut obtenir cette trajectoire en enregistrant le mouvement du corps par chronophotographie ou par vidéo.

© Cned – Académie en ligne

Par la suite, nous étudierons souvent des corps évoluant en translation ou des corps de petites dimensions, nous écrirons simplement « trajectoire du corps ».

Activité 2 ***Le mouvement d'une balle a été enregistré par une caméra numérique et reproduit ci-dessous ; (le mouvement se fait de la gauche vers la droite). Dessiner sur la reproduction du mouvement la trajectoire de la balle.***



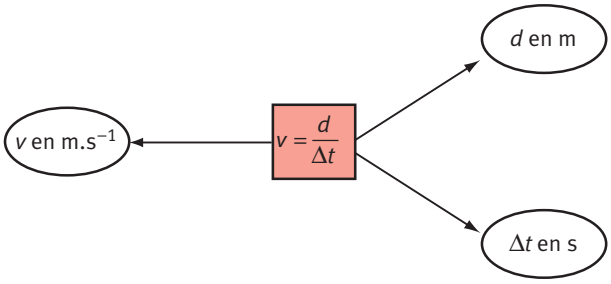
2. La vitesse

La vitesse instantanée d'un corps en mouvement est sa vitesse à l'instant où on l'observe. C'est, par exemple, la vitesse indiquée par le compteur d'une voiture.

A partir d'un enregistrement comme celui de l'activité 1, il ne sera possible de déterminer que des vitesses moyennes.

La vitesse moyenne v d'un corps est définie comme étant égale au quotient de la distance d parcourue entre deux positions par la durée Δt de son déplacement : $v = \frac{d}{\Delta t}$.

L'unité de vitesse, dans le système international est le mètre par seconde ($m.s^{-1}$). Le kilomètre par heure ($km.h^{-1}$) est une unité de vitesse fréquemment utilisée.



Activité 3 ***Compléter le tableau suivant.***

Vitesses	*(1)*	*(2)*	*(3)*
En $m.s^{-1}$	*10,0*		
En $km.h^{-1}$		50,0	112

© Cned – Académie en ligne

Activité 4 *On étudie le mouvement d'une balle (voir la reproduction ci-dessous) ; l'intervalle de temps existant entre deux positions enregistrées est 0,10 s.*

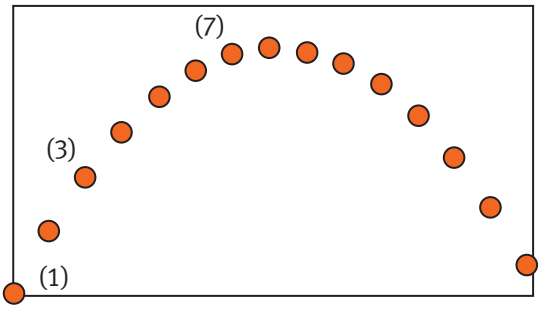
a) La valeur de la vitesse instantanée de la balle augmente-t-elle ou diminue-t-elle de la position (1) à la position (7) ?

b) Nous admettrons que la valeur de la vitesse instantanée lorsque la balle est en position (3) est donnée avec une bonne approximation par la valeur de la vitesse moyenne calculée entre les deux positions voisines (2) et (4) encadrant la position (3).

Echelle : 1 cm correspond à 2 m.

Calculer la valeur de la vitesse instantanée de la balle lorsque la balle est en position 3 puis en position 7.

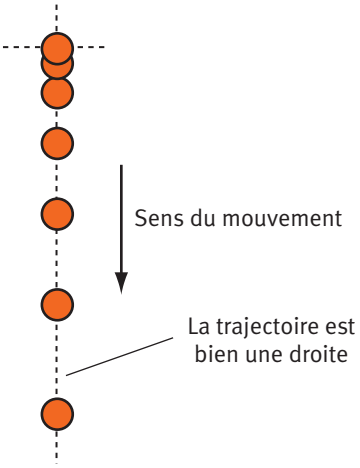
Retrouve-t-on la réponse de la question a ?



3. Mouvement rectiligne et mouvement uniforme

On appelle mouvement rectiligne, le mouvement d'un corps dont la trajectoire est une droite.

Le mouvement de chute de la balle est bien rectiligne.



© Cned – Académie en ligne

On appelle mouvement uniforme, le mouvement d'un corps au cours duquel la valeur de la vitesse reste constante

Le corps parcourt des distances égales pendant des durées successives égales (sur l'enregistrement ci-dessous le mouvement est uniforme).

Si la trajectoire d'un corps est une droite et si la valeur de la vitesse reste constante, le mouvement du corps est rectiligne et uniforme.

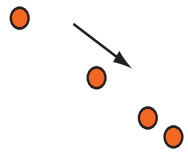
Dans le cas du mouvement rectiligne et uniforme d'un corps, la vitesse moyenne entre deux positions et la vitesse instantanée à un instant quelconque sont égales.

Autres types de mouvement : les mouvements dont la trajectoire ne sont pas rectilignes sont dits curvilignes.

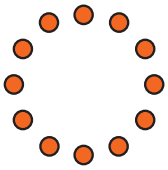
Cas particulier du mouvement circulaire : la trajectoire est un cercle.

Activité 5 ***Quatre enregistrements de mouvements sont proposés ; décrire ces quatre mouvements en utilisant les termes uniforme, rectiligne, circulaire ou non uniforme.***

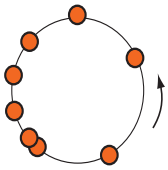
Enregistrement n°1



Enregistrement n°2



Enregistrement n°3



Enregistrement n°4

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Il est nécessaire de choisir un corps de référence pour étudier le mouvement.

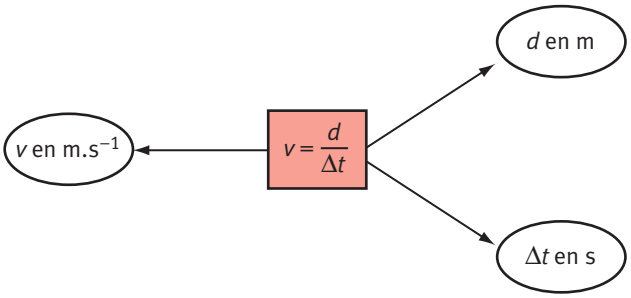
Le corps choisi comme référence s'appelle un référentiel ; dans ce chapitre, nous étudierons des mouvements sur Terre dans un même référentiel, le référentiel terrestre.

L'ensemble des objets de référence fixes par rapport à la Terre constituent le référentiel terrestre.

Pour décrire le mouvement, on utilise la notion de trajectoire et la notion de vitesse.

La trajectoire d'un corps est l'ensemble des positions successives occupées par un point du corps judicieusement choisi ; ce point peut être le centre d'une balle par exemple.

La vitesse moyenne est définie par :



Si la trajectoire d'un corps est une droite et si la valeur de la vitesse reste constante, le mouvement du corps est rectiligne et uniforme.

© Cned – Académie en ligne

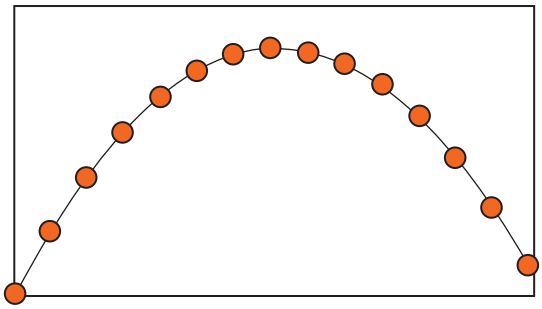
Corrigés des activités

Activité 1 Une maison, la table où est posé le cours peuvent être assimilés au référentiel terrestre car ils sont fixes par rapport à la Terre.

Un bus en mouvement, un avion qui roule avant de décoller ne peuvent pas être assimilés au référentiel terrestre.

Dans l'exemple du cours, seul le trottoir peut être assimilé au référentiel terrestre ; par contre le vélo n'est pas fixe donc ne peut pas l'être.

Activité 2 Trajectoire de la balle : il suffit de tracer une ligne passant par le centre de la balle dans ces différentes positions.



Activité 3 1 km correspond à 1000 m et 1 heure correspond à 3600 s.

Pour calculer une vitesse en km.h^{-1} à partir d'une vitesse en m.s^{-1}, il suffit de multiplier la vitesse par 3,6 ;

exemple (1) : $v = 10.10^{-3} \times 3600 = 10 \times 3,6 = 36$ m.s^{-1}.

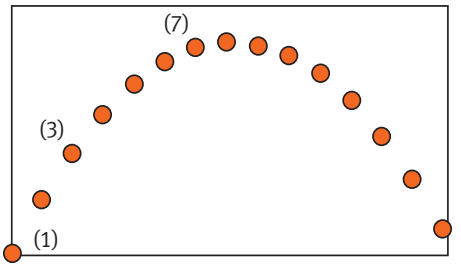
Pour calculer une vitesse en m.s^{-1} à partir d'une vitesse en km.h^{-1}, il suffit de diviser la vitesse par 3,6 ;

exemple : $v = \dfrac{50.10^{3}}{3600} = \dfrac{50}{3,6} = 14$ m.s^{-1}.

Vitesses	(1)	(2)	(3)
En m.s^{-1}	10,0	13,9	31,1
En km.h^{-1}	36,0	50,0	112

© Cned – Académie en ligne

Activité 4



a) La valeur de la vitesse instantanée de la balle diminue de la position (1) à la position (7) car les distances entre les différentes positions de la bille diminuent alors que l'intervalle de temps reste le même.

b) La valeur de la vitesse instantanée en (3) est donnée par la vitesse moyenne calculée entre les deux positions voisines (2) et (4).

La vitesse moyenne v est définie par : $v = \frac{d}{2t}$ où d est la distance parcourue par la balle entre les positions (2) et (4) et t la durée entre deux enregistrements.

La valeur de la vitesse instantanée de la balle en position 3 est : $v = \frac{1,4 \times 2}{0,2} = 14 \text{m.s}^{-1}$.

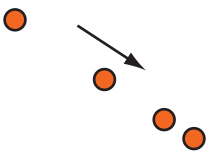
La valeur de la vitesse instantanée de la balle lorsque la balle est en position 7 est : $v = \frac{0,85 \times 2}{0,2} = 8,5 \text{m.s}^{-1}$.

La vitesse instantanée diminue ; on retrouve bien la réponse de la question a.

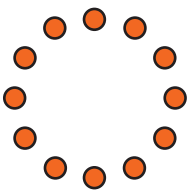
Activité 5

Quatre enregistrements de mouvements sont proposés ; décrire ces quatre mouvements en utilisant les termes uniforme, rectiligne, circulaire ou non uniforme.

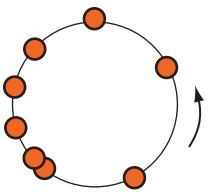
Enregistrement n°1 : mouvement rectiligne (la trajectoire est une droite) et uniforme (les distances entre les centres sont égales).



Enregistrement n°2 : mouvement rectiligne (la trajectoire est une droite) et non uniforme (les distances entre les centres varient).



Enregistrement n°3 : mouvement circulaire (la trajectoire est un cercle) et uniforme (les distances entre les centres sont égales).



Enregistrement n°4 : mouvement circulaire (la trajectoire est un cercle) et non uniforme (les distances entre les centres varient).

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 7

Physique

Effets d'une force sur le mouvement

Objectifs

- Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps.
- Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.
- Exploiter des enregistrements vidéo pour analyser des mouvements

A Représentation des actions mécaniques par une force

1. Actions mécaniques exercées sur un objet

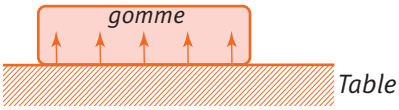
Tout objet situé sur la Terre est soumis à des actions mécaniques dont les effets se manifestent à tout moment.

Prenez votre gomme et placez là à une certaine hauteur ; lâchez-là ; elle tombe.

Pourquoi cette gomme est-elle tombée ?

Parce qu'elle est soumise à des actions mécaniques exercées par la Terre ; ces actions s'exercent à distance et sont réparties sur toute la gomme.

Pour simplifier nous modéliserons ces actions par « une force » ; on dira que la gomme est soumise à une force exercée par la Terre.



Posez votre gomme sur la table ; elle est immobile et pourtant elle est toujours soumise à une action à distance de la part de la Terre ; une autre action mécanique empêche cette gomme de tomber, c'est l'action exercée par la table sur la gomme ; cette action est une action de contact répartie sur la surface de la gomme.

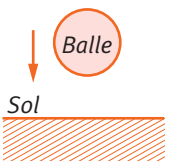
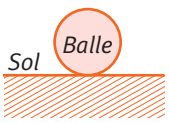
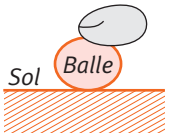
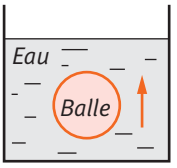
Pour simplifier nous dirons que la gomme est soumise à une force exercée par la table.

Pour déterminer les actions mécaniques s'exerçant sur un objet il suffit de déterminer tous les objets en interaction avec lui. On distingue les interactions à

© Cned – Académie en ligne

distance (d'origines gravitationnelle, électrique ou magnétique) et les interactions de contact (objet en contact direct).

Activité 1 *On considère une balle de ping-pong dans différentes situations. Rechercher quels sont les objets en interaction avec la balle ?*

	La balle de ping-pong est lâchée sans vitesse initiale et tombe dans l'air	La balle de ping-pong est immobile et posée sur le sol	La balle de ping-pong est immobile, posée sur le sol et déformée par un doigt	La balle de ping-pong est placée sous l'eau sans vitesse initiale et remonte à la surface
				
Action exercée à distance sur la balle par :	....	....	....	....
Action de contact exercées sur la balle par :	....	....	....	....

2. Modélisation des actions mécaniques par une force

Comment représenter simplement les actions mécaniques qui s'exercent sur l'objet ?

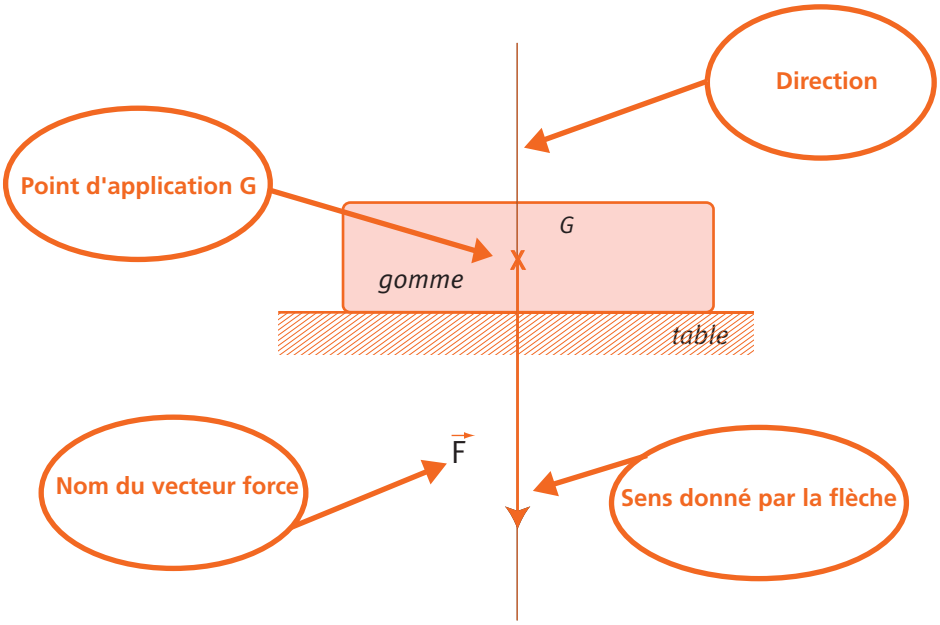
Reprenons l'exemple de la gomme : votre gomme lâchée d'une certaine hauteur tombe.

La gomme est soumise à une force exercée par la Terre qui la met en mouvement et la fait tomber suivant la verticale, vers le bas.

Cette force agit sur la gomme dans une direction et avec un sens déterminé ; on la représente par un vecteur au point d'application.

© Cned – Académie en ligne

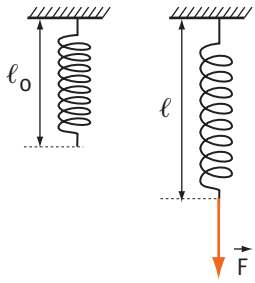
Caractéristiques d'un vecteur force $\vec{F}$:
- Direction (ou droite d'action)
- Sens
- Valeur



Le point d'application peut être :

- un point déterminé de l'objet dans le cas d'une force localisée (fil accroché à un objet par exemple,...),
- un point de la surface ou du volume de l'objet dans le cas d'une force répartie (contact de la gomme avec la table, …).

La mesure de la valeur d'une force s'effectue à l'aide d'un dyamomètre ; il s'agit d'un ressort dont l'allongement *a* est proportionnel à la valeur de la force exercée.



© Cned – Académie en ligne

Nous admettrons qu'à l'équilibre : $F = k\left|\ell - \ell_0\right| = ka$, k et ℓ_0 étant deux constantes connues.

Il suffit donc de connaître la longueur ℓ du ressort pour déterminer la valeur F du vecteur force.

3. Exemples de forces

a. Force exercée par la Terre : le poids

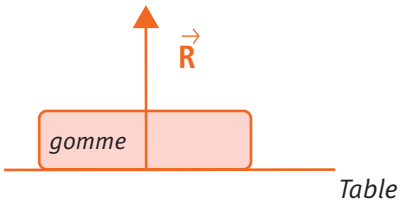
On peut modéliser l'action mécanique exercée par la Terre sur la gomme par un vecteur appliqué au centre d'inertie G de la bille (centre de symétrie pour la gomme).

Cette force, représentée par le vecteur $\vec{P} = m\vec{g}$, est appelée le poids de la gomme (nous étudierons de nouveau cette force dans le chapitre 9).

Activité 2 *Donner les caractéristiques du poids de la gomme de masse 25 g puis représenter la force sur le schéma ci-dessous. Donnée : g = 9,81 N.kg^{-1}. On choisira une échelle appropriée.*

b. Force exercée par la table sur la gomme

On peut modéliser l'action mécanique exercée par la table sur la gomme par un vecteur $\vec{R}$ appliqué au centre de la surface en contact avec la table.



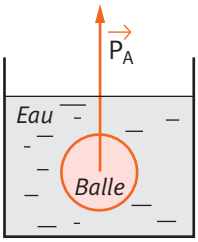
$\vec{R}$ { Direction: la verticale
Sens: vers le haut
Valeur: R

c. Force exercée par un fluide : la poussée d'Archimède

Considérons les actions reparties exercées par de l'eau sur un ballon partiellement immergé ; ces actions sont modélisées par une force appliquée au centre de symétrie I du fluide déplacé.

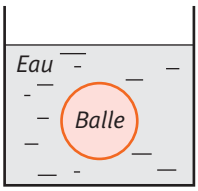
Cette force $\vec{P}_A$ est appelée poussée d'Archimède ; sa direction est la verticale, son sens est vers le haut, sa valeur (ou intensité) est égale au poids du volume d'eau déplacée ($\rho_0 V\ g$) où V est le volume d'eau déplacée de masse volumique ρ_0.

© Cned – Académie en ligne



$$\vec{P_A} = -\rho_0 V \vec{g} \begin{cases} \text{Direction: la verticale} \\ \text{Sens: vers le haut} \\ \text{Valeur: } P_A = \rho_0 V g \end{cases}$$

Activité 3 *Donner les caractéristiques de la Poussée d'Archimède exercée par l'eau de masse volumique* $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$ *sur une balle de ping-pong de volume* $V (V = 29\ cm^3)$ *puis représenter la force sur le schéma ci-contre. Donnée :* $g = 9,81\ N.kg^{-1}$. *On choisira une échelle appropriée.*



d. Forces de frottement exercées par le fluide sur le solide en mouvement

Ces forces de frottement s'opposent au mouvement.

e. Autres forces

- Force de rappel exercée par un ressort
- Force gravitationnelle (elle sera vue dans le chapitre 9).

B Effets d'une force sur le mouvement

1. Modification de la vitesse

Lancez un crayon sur la table horizontale.

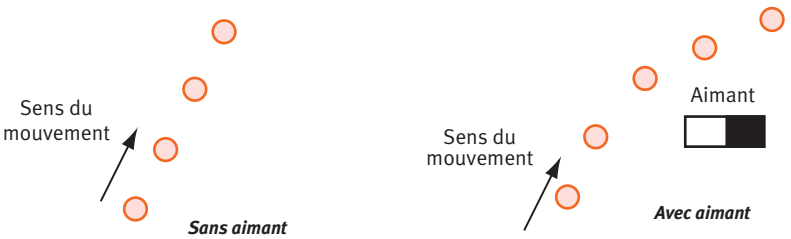
La vitesse du crayon diminue et le crayon finit par s'arrêter ; la force qui modifie la valeur de la vitesse est la force exercée par la table sur le crayon.

Une force qui s'exerce sur un corps modifie la valeur de sa vitesse.

© Cned – Académie en ligne

2. Modification de la trajectoire

La trajectoire d'une bille de fer roulant sur une table à proximité d'un aimant est modifiée ; la force qui modifie la trajectoire est la force magnétique exercée par l'aimant sur la bille.



Une force qui s'exerce sur un corps modifie la forme de sa trajectoire.

Activité 4 *Préparez des petits bouts de papier ; prenez une règle en plastique et frottez cette règle avec de la laine ; approchez la règle des petits bouts de papier immobiles.*

Que remarque-t-on ?

Vous pouvez faire la même expérience en rapprochant la règle frottée d'un mince filet d'eau.

3. Rôle de la masse

En général, l'effet d'une force sur le mouvement d'un corps est d'autant plus faible que la masse du corps est grande.

Si l'on exerce deux forces identiques de direction horizontale sur deux patineurs de masses différentes immobiles sur la glace d'une patinoire, le patineur le plus léger est mis en mouvement avec une vitesse plus grande que celle de l'autre patineur.

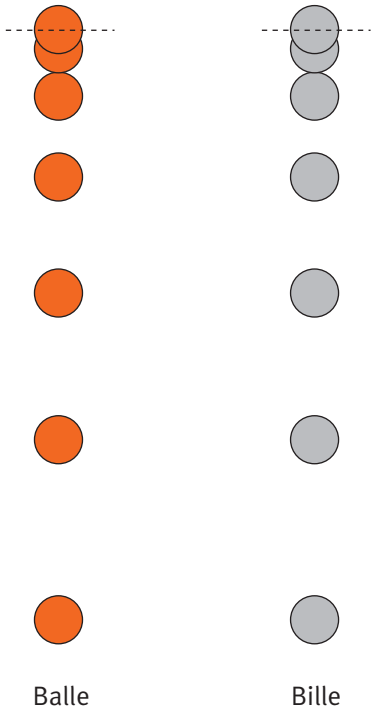
Prenez une balle de tennis et une boule de pétanque ; il est plus difficile de faire rouler la boule de pétanque parce que sa masse est plus élevée.

Une force qui s'exerce sur un corps peut modifier :
soit la valeur de sa vitesse,
soit la forme de sa trajectoire,
soit les deux à la fois.
Cette modification dépend généralement de la masse du corps.

© Cned – Académie en ligne

Activité 5 *Sur le document ci-après, on a reproduit les chronophotographies (intervalle de temps τ) des mouvements de chute dans le vide d'une balle et d'une bille en acier de même grandeur; la balle et la bille ont été lâchées de la même hauteur et au même instant.*

La bille en acier a une masse plus grande que celle de la balle.



1. *Les mouvements des deux corps sont-ils rectilignes ? Sont-ils uniformes ?*
2. *Quelle est la force qui modifie la vitesse de la bille et la vitesse de la balle ?*
3. *Dans cette expérience, les modifications des vitesses dépendent-elles de la masse des corps considérés ?*
4. *Prenez une balle et un volant de badminton et lâchez-les de la hauteur d'un étage; les bruits d'impact sont-ils confondus ?*

C Principe d'inertie

1. L'inertie

Une force qui s'exerce sur un corps modifie la valeur de sa vitesse

Activité 6 *Recherchez dans un dictionnaire ce que signifie le mot inertie et notez sa définition ci-dessous.*

Il est plus difficile de mettre en mouvement la boule de pétanque par rapport à la balle de tennis; on dit que la boule de pétanque présente une inertie différente de la balle de tennis.

© Cned – Académie en ligne

De même, il sera plus difficile de modifier la vitesse d'un corps de masse importante par rapport à un corps de masse plus faible.

Un corps peut-il être en mouvement sans qu'il ne soit soumis à aucune force ? Le principe d'inertie permet de répondre à cette question.

2. Le principe d'inertie

Newton (1642 - 1727) considérait qu'il pouvait y avoir mouvement sans force et avait énoncé le principe d'inertie.

Cependant à la surface de la Terre, tous les corps sont soumis à une force exercée par la Terre qui s'appelle le poids ; il n'existe donc pas de mouvement sans force exercée sur un corps à la surface de la Terre.

Lorsque les forces qui agissent sur un corps se compensent, son mouvement sera identique à celui d'un corps qui n'est soumis à aucune force.

Il est donc équivalent de dire : "un corps est soumis à des forces qui se compensent" et "un corps n'est soumis à aucune force".

Énoncé du principe d'inertie :

Tout corps persévère en son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

On considérera que le principe d'inertie n'est valable sur Terre que dans le référentiel terrestre.

3. Conséquences du principe d'inertie

Dans le référentiel terrestre, lorsque le mouvement d'un corps est rectiligne et uniforme, on pourra conclure que ce corps est soumis à des forces qui se compensent.

Exemple En absence de vent, le mouvement d'un parachutiste est pratiquement rectiligne et uniforme car le poids du parachutiste et la force exercée par l'air se compensent.

Dans le référentiel terrestre, lorsque la trajectoire d'un corps n'est pas une droite, on peut conclure, d'après le principe d'inertie, que les forces exercées sur ce corps ne se compensent pas.

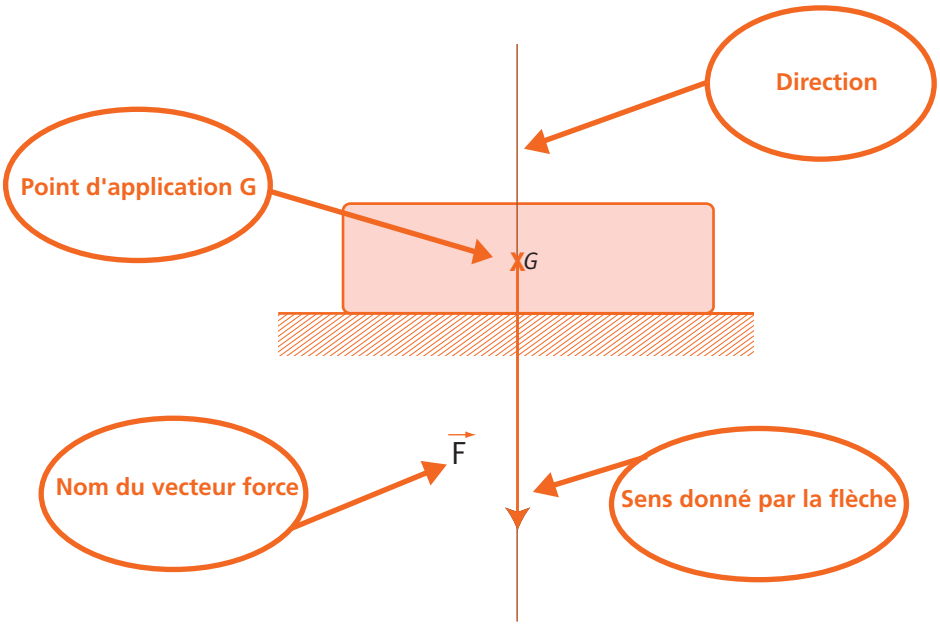
De même, lorsque la valeur de la vitesse d'un corps n'est pas constante, on peut conclure, d'après le principe d'inertie, que les forces exercées sur ce corps ne se compensent pas.

Activité 7 *Le mouvement d'un corps a été enregistré par chronophotographie ; les forces exercées sur ce corps se compensent-elles ?*

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Caractéristiques d'un vecteur force :



Effet d'une force sur le mouvement

Une force qui s'exerce sur un corps peut modifier la valeur de sa vitesse et (ou) la forme de sa trajectoire ; cette modification dépend de la masse du corps.

Principe d'inertie dans le référentiel terrestre

Tout corps persévère en son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

© Cned – Académie en ligne

Conséquences du principe d'inertie dans le référentiel terrestre

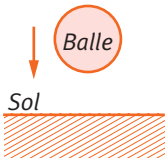
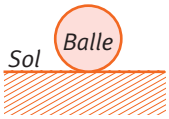
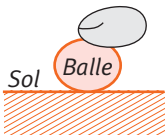
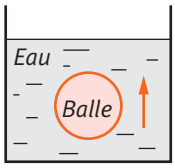
Lorsque le mouvement d'un corps est rectiligne et uniforme, ce corps n'est soumis qu'à des forces qui se compensent.

Lorsque la trajectoire d'un corps n'est pas une droite ou (et) lorsque la valeur de la vitesse d'un corps n'est pas constante, on peut conclure, d'après le principe d'inertie, que les forces exercées sur ce corps ne se compensent pas.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

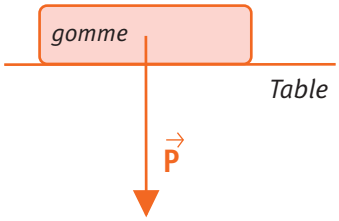
Activité 1

	La balle de ping-pong est lâchée sans vitesse initiale et tombe dans l'air	La balle de ping-pong est immobile et posée sur le sol	La balle de ping-pong est immobile, posée sur le sol et déformée par un doigt	La balle de ping-pong est placée sous l'eau sans vitesse initiale et remonte à la surface
				
Action exercée à distance sur la balle par :	la Terre	la Terre	la Terre	la Terre
Action de contact exercées sur la balle par :		le sol	le sol et le doigt	l'eau

Activité 2

Les caractéristiques du poids de la gomme sont :

$$\vec{P}\begin{cases}\text{Direction: la verticale}\\ \text{Sens: vers le bas}\\ \text{Valeur: } P = mg = 0{,}24\text{ N}\end{cases}$$



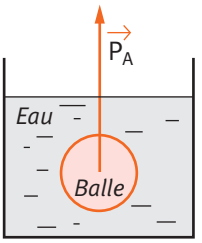
Lors de représentation du vecteur force, il faut prendre en compte :

- le point d'application du vecteur $\vec{P}$,
- l'échelle.

On choisit comme échelle : 1 cm correspond à 0,10 N.

© Cned – Académie en ligne

Activité 3



Poussée d'Archimède $\vec{P}_A$ $\begin{cases} \text{Direction: la verticale} \\ \text{Sens: vers le haut} \\ \text{Valeur: } P_A = \rho V g = 0{,}28\ N \end{cases}$

On choisit comme échelle : 1 cm correspond à 0,10 N.

Activité 4

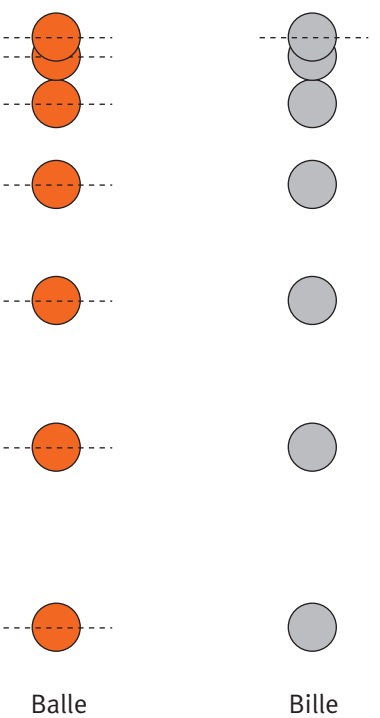
Lorsque l'on approche la règle frottée, les petits bouts de papier se soulèvent.

La force qui met les petits bouts de papier en mouvement est la force électrostatique exercée par la règle sur les petits bouts de papier.

De même, lorsque l'on approche la règle frottée d'un mince filet d'eau, l'eau est déviée.

Activité 5

1. Les mouvements des deux corps sont rectilignes (les trajectoires sont des droites) et non uniformes (les distances entre les différentes positions ne sont pas constantes).
2. La force qui modifie la vitesse de la bille (ou de la balle) est le poids.
3. Les modifications des vitesses ne dépendent pas de la masse des corps considérés puisque les mouvements sont identiques.
4. Si on lâche une balle et un volant de badminton de la hauteur d'un étage ; les bruits d'impact sont distincts, car le volant de badminton est freiné par l'air.



© Cned – Académie en ligne

Activité 6 Inertie :

Propriété de la matière qui fait que les corps ne peuvent d'eux-mêmes modifier leur état de mouvement.

Activité 7 Le mouvement du corps n'est pas rectiligne ; d'après le principe d'inertie appliqué dans le référentiel terrestre, les forces exercées sur ce corps ne se compensent pas.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 8

Physique

La pression

- Savoir que dans les liquides et dans les gaz la matière est constituée de molécules en mouvement.
- Utiliser la relation $P = \frac{F}{S}$, F étant la force pressante exercée sur une surface S, perpendiculairement à cette surface.
- Savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur.
- Savoir que la quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide augmente avec la pression.
- Savoir que, à pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

A Définition de la pression

1. Pression dans les gaz

Un gaz est constitué de molécules se déplaçant dans le vide. Ces molécules ont un mouvement désordonné.

L'état gazeux est un état dispersé désordonné.

Considérons un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé.

Les grandeurs température et pression sont les mêmes partout dans le récipient fermé.

La pression du gaz est liée à l'action des molécules de ce gaz sur toutes les parois du récipient (la force exercée par le gaz sur les parois est liée aux chocs des molécules sur les parois).

Activité 1 *Rechercher de quels gaz est constitué l'air et dans quelles proportions ?*

2. Pression dans un liquide

Dans un liquide, la matière est constituée de molécules en mouvement

L'état liquide est un état condensé désordonné.

© Cned – Académie en ligne

Activité 2 *Placez dans le tableau les expressions notées ci-dessous.*

molécules ; atomes ; dispersé et ordonné ; dispersé et désordonné ; condensé et désordonné ; condensé et ordonné ; compressibles ; incompressibles.

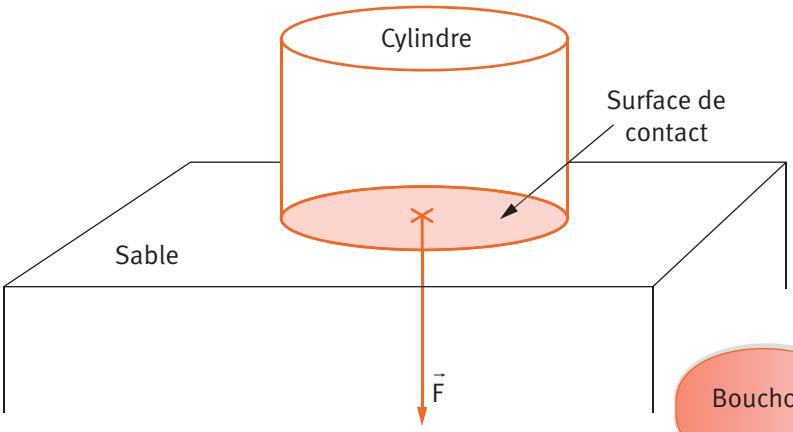
	Gaz	Liquides
Ils sont constitués de :		
Ils ont un état		
Ils sont :		

B Force pressante

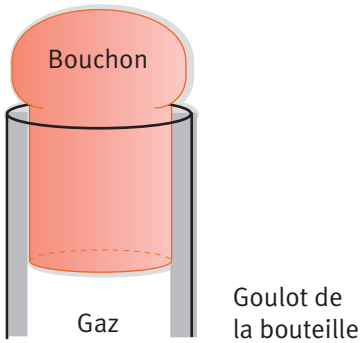
1. Caractéristiques

Posons un cylindre sur du sable fin ; le cylindre s'enfonce et provoque la déformation du sable ; la force exercée par le cylindre sur le sable est appelée force pressante ; nous admettrons que cette force a les caractéristiques suivantes.

Caractéristique d'une force pressante $\vec{F}$
- Direction : orthogonale à la surface
- Sens : vers la surface pressée
- Valeur égale à celle du poids du cylindre (à l'équilibre)



Activité 3 *Rechercher pourquoi le bouchon d'une bouteille de champagne doit être maintenu par du fil de fer.*



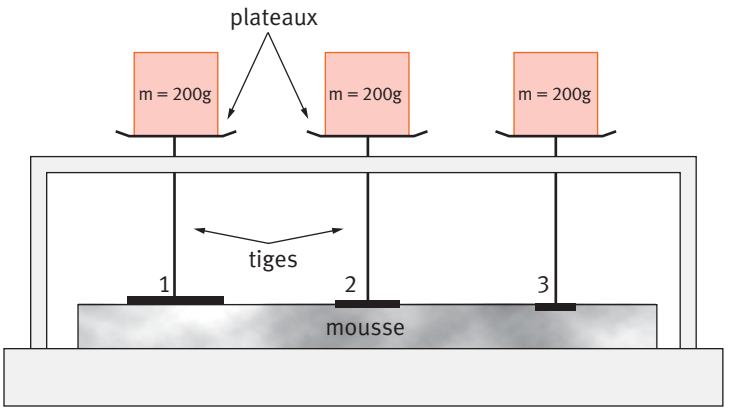
© Cned – Académie en ligne

Quand on retire le fil de fer, le bouchon est chassé ; donner les caractéristiques et représenter sur un schéma la force qui met en mouvement ce bouchon.

2. Force pressante et pression

Activité 4 *Soit le dispositif expérimental suivant.*

Trois tiges surmontées d'un plateau peuvent se déplacer de haut en bas ; on place une même masse de 200 g sur chaque tige. Sous ces tiges ont été placées des pièces de même masse mais de diamètres différents.



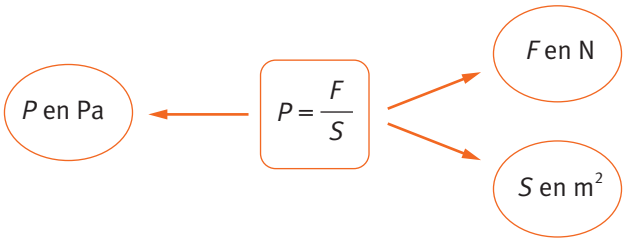
1. *Quelle est la valeur du poids de chacune des masses marquées ?* ($g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$)
2. *On néglige la masse de la tige, du plateau et des pièces ; quelle est la valeur de la force exercée sur la mousse par les pièces ? Représenter les vecteurs force* $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ *et* $\vec{F_3}$ *.*
3. *La déformation de la mousse est de plus en plus importante de la pièce (1) à la pièce (3) ; quelle nouvelle grandeur physique intervient ici pour justifier ces observations ?*

Nous avons vu, dans l'activité précédente, que l'effet d'une force sur une surface pressée est d'autant plus grand que la surface pressée est petite.

Une force répartie $\vec{F}$ exerce, perpendiculairement à une surface plane S, une pression exprimée par la relation : $P = \frac{F}{S}$.

Dans le système international, la pression est exprimée en Pa. ($1\ N.m^{-2} = 1\ Pa$)

© Cned – Académie en ligne



Activité 5 *Compléter les phrases suivantes par augmentant ou diminuant.*

Pour une même force pressante, on augmente la pression en ..... la surface pressée.

Pour une même surface pressée, on augmente la pression en ..... la force pressante.

Autres unités de pression :

- le bar : 1 bar $=10^5$ Pa ;
- le mm de Hg (millimètre de mercure) : 1 mm Hg $\approx$ 133 Pa.

Une unité de moins en moins utilisée : l'atmosphère (1 atm = 760 mm Hg = 101300 Pa).

Activité 6 *Compléter le tableau suivant en donnant les résultats avec trois chiffres significatifs (exemple : $2{,}23.10^5$).*

Pression en bar	2,00		1,01	
Pression en mm Hg		$5{,}00.10^2$		
Pression en Pa				$2{,}30.10^5$

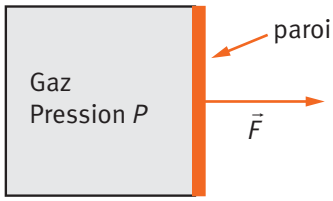
Application aux gaz

Considérons un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé.

L'action des molécules de ce gaz sur une paroi est modélisée par une force pressante $\vec{F}$ de caractéristiques :

$$\begin{cases} \text{Direction: orthogonale à la surface de contact gaz-paroi} \\ \text{Sens: vers l'extérieur} \\ \text{Valeur: } F = PS \end{cases}$$

La force est représentée sur le schéma ci-contre :

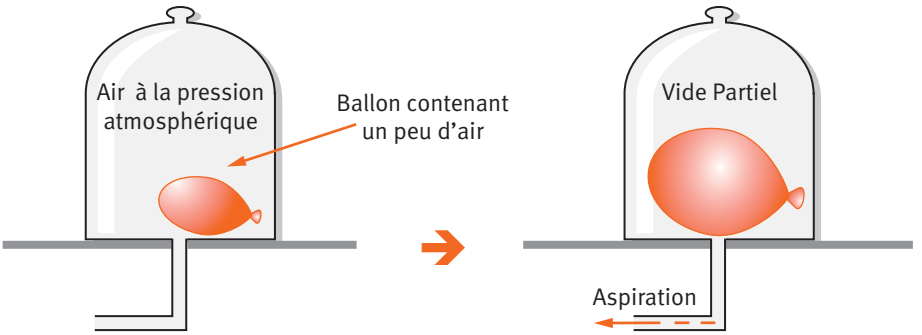


La pression P du gaz est reliée à la valeur de la force F exercée par le gaz sur la paroi du récipient et à l'aire S de cette paroi : $P = \frac{F}{S}$.

© Cned – Académie en ligne

Cas de la pression atmosphérique.

Activité 7 *On réalise l'expérience suivante.*
Un ballon de baudruche contenant de l'air et légèrement dégonflé est placé sous une cloche où on peut créer le vide.
Au fur et à mesure que l'on crée le vide, on remarque que le ballon gonfle de plus en plus.



1. *En partant du fait que la pression du gaz est liée à l'action des molécules de ce gaz sur toutes les parois, expliquer pourquoi le ballon gonfle.*
2. *L'air qui nous entoure exerce-t-il une pression sur la matière ?*

La pression atmosphérique varie avec l'altitude (la pression diminue lorsqu'on s'élève) et avec les conditions météorologiques.

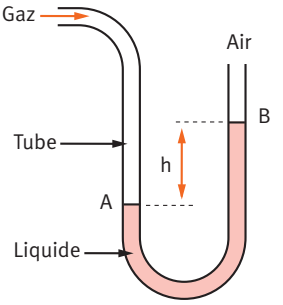
La pression atmosphérique normale est égale à 101325 Pa(1013 hPa) ce qui correspond à 1013 mbar.

Activité 8 *Replacer dans le tableau suivant les pressions correspondant aux conditions météorologiques données.*
Pression : 970 mbar ; 1045 mbar

Conditions météorologiques	Tempête (dépression)	Temps ensoleillé (anticyclonique)
Pression atmosphérique		

Mesure de la pression d'un gaz

Les manomètres mesurent la différence de pression
entre un gaz sous pression et l'atmosphère.



Manomètre à liquide :

nous verrons dans le paragraphe suivant que la dénivellation *h* entre les deux surfaces

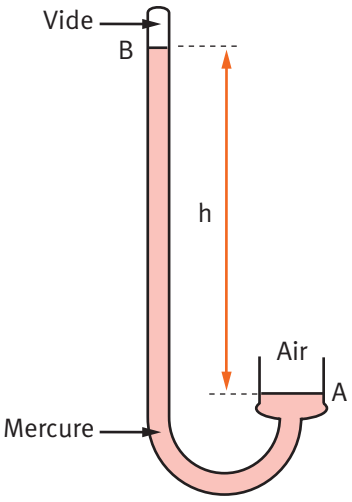
© Cned – Académie en ligne

du liquide manométrique est proportionnelle à la différence de pression : $P_{gaz} - P_{atm} = P_A - P_B$.

Il existe des manomètres métalliques et des manomètres électroniques.

Ordres de grandeurs de pression :

- pression dans un pneu : 2,5 bar
- pression dans l'eau à 50 m de profondeur : 6 bar
- pression dans un tube néon : 2.10^{-3} bar
- nettoyeurs haute pression : 100 bar
- pression exercée par les talons aiguille d'une femme de 60 kg : 120 bar
- bouteille de gaz butane : 1,7 bar.



BAROMÈTRE

Les **baromètres** mesurent la différence de pression entre l'air et le vide ;

la pression du vide est nulle.

Dans un *baromètre à mercure*, h représente donc (en cm de mercure) la pression atmosphérique P_{atm}.

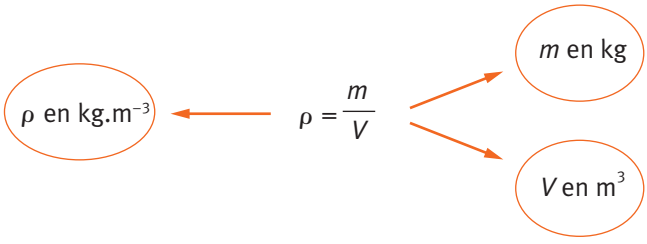
Il existe également des *baromètres métalliques*.

C Pression dans un liquide

1. La masse volumique et la densité

La masse volumique ρ d'un corps homogène de masse m et de volume V s'exprime par : $\rho = \frac{m}{V}$

Dans le système international, la masse volumique est exprimée en $kg.m^{-3}$, la masse en kg et V en m^3.



© Cned – Académie en ligne

Activité 9 *Compléter les tableaux suivants :*

V	1 m^3	….. L	….. mL	….. dm^3

ρ	1000 $kg.m^{-3}$	….. $g.L^{-1}$	….. $kg.L^{-1}$	….. $g.dm^{-3}$

Activité 10 *Rechercher sur Internet ou dans une encyclopédie les ordres de grandeur des masses volumiques des corps suivants et compléter le tableau.*

fluide	eau	alcool pur	sang	air	lait
ρ (en $kg.m^{-3}$)					

Qu'observe-t-on en comparant les masses volumiques de l'air et de l'eau ?

Densité d'un liquide

La densité *d* d'un liquide par rapport à l'eau s'exprime par : $d = \frac{\rho_{liquide}}{\rho_{eau}}$.

La densité est un nombre sans dimension.

Activité 11 *Rechercher la densité des liquides suivants et compléter le tableau suivant.*

Liquide	eau	alcool pur	sang	lait
ρ	1000 $kg.m^{-3}$	0,790 $kg.L^{-1}$	1060 $g.L^{-1}$	1030 $g.L^{-1}$
d				

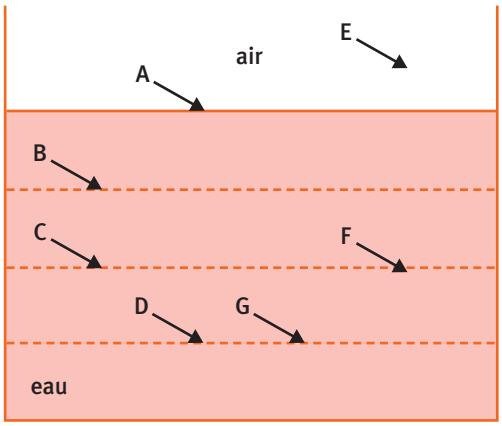
2. Pression en un point d'un liquide au repos

Dans un liquide au repos, on admettra que les forces pressantes exercées par le liquide sont orthogonales aux surfaces.

Recherchons comment varie la pression en un point d'un liquide au repos.

© Cned – Académie en ligne

Activité 12 *Une grande cuve contient de l'eau et est ouverte à l'air libre. À l'aide d'un manomètre, on mesure la pression en différents points dans l'eau et dans l'air.*



Pour l'eau de masse volumique ***1000 kg.m^{-3}*** *on obtient les résultats suivants :*

Points	A	B	C	D	E	F	G
Pression *P* en Pa	$1{,}00.10^5$	$1{,}10.10^5$	$1{,}20.10^5$	$1{,}30.10^5$	$1{,}00.10^5$	$1{,}20.10^5$	$1{,}30.10^5$

La même cuve remplie d'alcool (de masse volumique 790 kg.m^{-3}) donne les résultats suivants (les points sont placés aux mêmes endroits qu'avec l'eau):

Points	A	B	C	D	E	F	G
Pression *P* en Pa	$1{,}00.10^5$	$1{,}08.10^5$	$1{,}16.10^5$	$1{,}24.10^5$	$1{,}00.10^5$	$1{,}16.10^5$	$1{,}24.10^5$

1. *Quelle est la valeur de la pression atmosphérique ?*
2. *La pression varie-t-elle avec la profondeur d'immersion dans le liquide ?*
3. *Que dire de la pression en tout point situé dans un même plan horizontal ?*
4. *À la même profondeur d'immersion, la pression varie-t-elle avec la nature du liquide ?*
5. *Quelle grandeur caractéristique du liquide est liée la variation de pression ?*

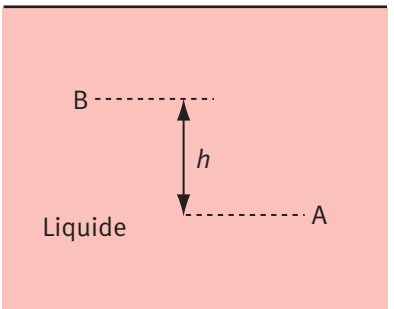
Recopiez la conclusion de l'activité dans le cadre ci-dessous.

© Cned – Académie en ligne

3. Différence de pression dans un liquide

Dans un liquide au repos, la différence de pression entre deux points du liquide est donnée par une loi (la loi de la statique des fluides).

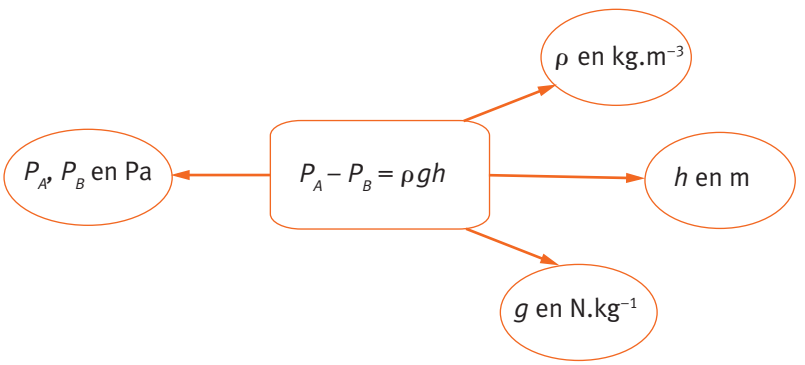
La différence de pression entre deux points A et B dans un liquide de masse volumique ρ s'exprime par : $\Delta P = P_A - P_B = \rho g h$ où g est l'intensité de la pesanteur et h la différence d'altitude entre A et B.



ΔP s'exprime en Pa,

ρ en kg.m^{-3}, h en m et $g = 9{,}8$ N.kg^{-1}.

Pour appliquer la formule, le point A doit être situé en dessous du point B ; la pression en A est supérieure à la pression en B.



Activité 13

1. *Calculer la différence de pression entre deux points A et B séparés par une dénivellation de 10 m dans l'eau puis dans l'air.*

Données $\rho_{eau} = 1{,}0.10^3$ kg.m^{-3} ; $\rho_{air} = 1{,}3$ kg.m^{-3} ; $g = 10$ N.kg^{-1}.

eau	ΔP = ……..
air	ΔP =……

2. *Comparer la variation de pression dans l'air et la variation de pression dans l'eau.*

3. *Dans un récipient rempli de gaz, peut-on dire que la pression est pratiquement la même en tout point du récipient ?*

© Cned – Académie en ligne

D Dissolution d'un gaz dans un liquide

Les gaz se dissolvent dans les liquides, c'est le cas de l'eau gazeuse qui contient de grandes quantités de gaz carbonique. La quantité de gaz emmagasinée dépend de la pression de gaz sur le liquide.

La loi de Henry, que vous n'avez pas à connaître, dit qu'à température constante, la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée par ce gaz sur le liquide.

Vous devez retenir :

À température constante, la quantité de gaz dissous dans un liquide augmente avec la pression.

Activité 14 *En observant les ouvertures d'une boisson gazeuse placée dans un réfrigérateur et d'une boisson gazeuse laissée à 25 °C, que peut-on conclure sur l'effet de la température sur la dissolution d'un gaz dans un liquide.*

Recopiez la conclusion de l'activité dans le cadre ci-dessous.

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

En montagne, où la pression atmosphérique est faible, 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.

En plongée sous-marine, où la pression est plus forte, une plus forte quantité de gaz est dissoute dans le sang ce qui entraîne des accidents liés, soit à la dissolution trop importante, soit à la restitution des gaz trop rapide.

© Cned – Académie en ligne

E Cas des gaz

L'état macroscopique d'un gaz peut-être décrit par quatre grandeurs physiques :

- ✓ le volume V du gaz,
- ✓ sa pression P,
- ✓ sa température T
- ✓ et la quantité de matière n.

1. Loi de Boyle-Mariotte

Cette loi a été énoncée en 1662 par Boyle puis en 1676 par Mariotte et n'est vérifiée que dans certaines conditions (faibles pressions).

À température constante, une même quantité de gaz vérifie *PV = cst*

Activité 15 *On réalise au laboratoire une expérience avec une seringue graduée en volume et un manomètre indiquant la pression de l'air dans la seringue. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.*

P (hPa)	*500*	*1000*	*1500*	*2000*	*2500*
V (mL)	*80*	*40*	*27*	*20*	*16*

La loi de Mariotte est-elle vérifiée ?

2. Loi d'Avogadro-Ampère

À pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

Activité 16 *On considère deux flacons contenant 1 L de dioxygène pour l'un et 1 L de diazote pour l'autre, à la même pression de 1,0 bar et à la même température de 20°C.*

Ces gaz contiennent-ils la même quantité de matière ?

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Une force répartie $\vec{F}$ exerce, perpendiculairement à une surface plane *S*, une pression exprimée par la relation : $P = \frac{F}{S}$.

Dans le système international, la pression est exprimée en Pa.

(1 $N.m^{-2}$ = 1 Pa)

La masse volumique ρ d'un corps homogène de masse *m* et de volume *V* s'exprime par : $\rho = \frac{m}{V}$.

Liquide au repos

Dans un liquide au repos :

- la pression est la même en tout point d'un même plan horizontal ;
- la pression augmente avec la profondeur.

La différence de pression entre deux points A et B d'un liquide au repos de masse volumique s'exprime par :

$$\Delta P = P_A - P_B = \rho g$$

où *g* est l'intensité de la pesanteur et *h* la différence d'altitude entre A et B.

Dissolution d'un gaz dans un liquide

À température constante, la quantité de gaz dissous dans un liquide augmente avec la pression.

Cas des gaz

Loi de Boyle-Mariotte

À température constante, une même quantité de gaz vérifie *PV = cste*

Loi d'Avogadro-Ampère

À pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

L'air est principalement constitué de molécules de dioxygène (environ 20 %) et de diazote (80 %).

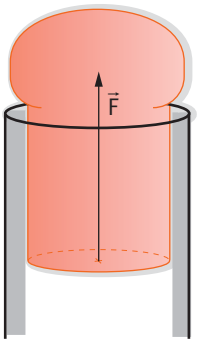
Il contient aussi un peu d'argon.

Activité 2

	Gaz	Liquides
Ils sont constitués de :	molécules	molécules
Ils ont un état	dispersé et désordonné	condensé et désordonné
Ils sont :	compressibles	incompressibles

Activité 3

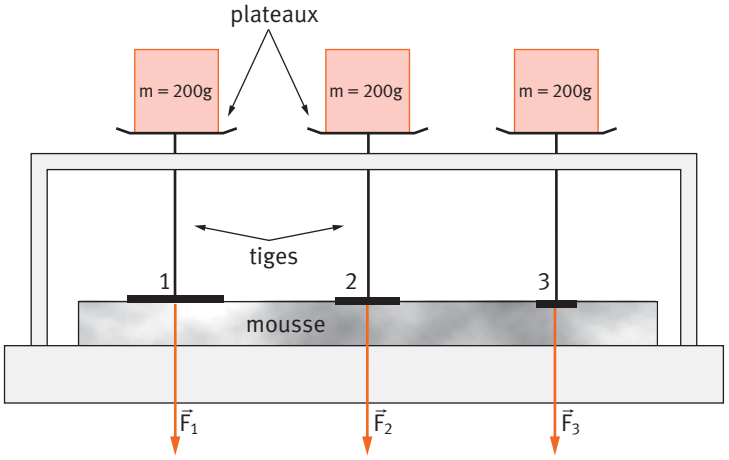
Le champagne contient beaucoup de gaz. Dès qu'on enlève le fil de fer qui maintient solidement le bouchon, les gaz comprimés dans la bouteille chassent le bouchon.



Le gaz exerce une force pressante $\vec{F}$ sur le bouchon appliqué au centre de la surface en contact.

Caractéristiques de $\vec{F}$: $\begin{cases} \text{Direction : orthogonale à la surface de contact gaz-bouchon} \\ \text{Sens : vers le bouchon} \\ \text{Valeur F} \end{cases}$

Activité 4



© Cned – Académie en ligne

1. La valeur du poids est donnée par : P = mg.

   Application numérique : P = 1,96 N.

2. La valeur de la force exercée par chacune des pièces sur la mousse est identique à la valeur du poids calculé dans la question 1 : $F_1 = F_2 = F_3 = 1{,}96$ N .

3. La déformation de la mousse est de plus en plus importante de la pièce (1) à la pièce (3) ; seule la section des pièces change ; la nouvelle grandeur physique qui intervient est la surface de la pièce.

L'action d'une force sur une surface pressée est d'autant plus grande, que la surface pressée est petite.

Activité 5

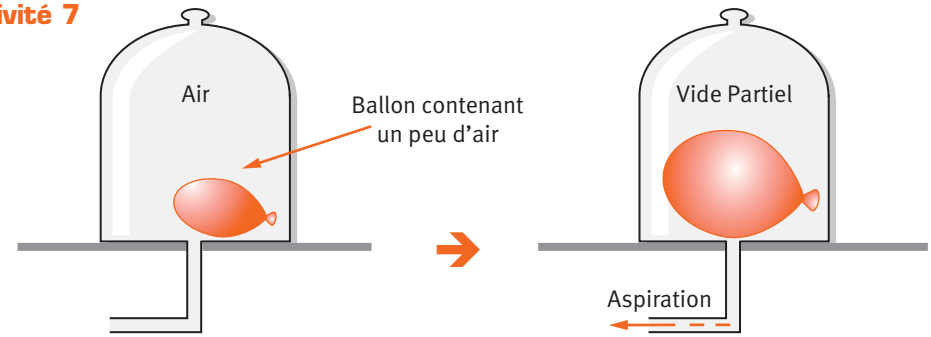
Pour une même force pressante, on augmente la pression en diminuant la surface pressée.

Pour une même surface pressée, on augmente la pression en augmentant la force pressante.

Activité 6

Pression en bar	2,00	$6{,}65.10^{-1}$	1,01	2,30
Pression en mm Hg	$1{,}50.10^{3}$	500	759	$1{,}73.10^{3}$
Pression en Pa	$2{,}00.10^{5}$	$6{,}65.10^{4}$	$1{,}01.10^{5}$	$2{,}30.10^{5}$

Activité 7



1. Lorsque le ballon contient un peu d'air, les molécules d'air,à l'intérieur du ballon, exercent sur les parois intérieures du ballon des forces pressantes dirigées vers l'extérieur du ballon.

Les molécules d'air, à l'extérieur du ballon, exercent des forces pressantes sur les parois extérieures du ballon dirigées vers l'intérieur du ballon. Ces forces pressantes s'équilibrent et le ballon est peu gonflé.

Lorsque les molécules d'air sont aspirées, le nombre de molécules d'air diminue à l'intérieur de la cloche par contre le nombre de molécules d'air ne change pas à l'intérieur du ballon ; les forces pressantes dirigées vers l'intérieur du ballon ont une valeur moins élevée que les forces pressantes dirigées vers l'extérieur du ballon : le ballon gonfle.

© Cned – Académie en ligne

2 L'air qui nous entoure exerce bien une pression sur la matière ; on le remarque dans l'expérience précédente puisque quand on retire l'air les forces pressantes diminuent ce qui signifie que la pression diminue.

Activité 8

Conditions météorologiques	Tempête (dépression)	Temps ensoleillé (anticyclonique)
Pression atmosphérique	970 mbar	1045 mbar

Activité 9

V	1 m^3	1000 L	10^6 mL	1000 dm^3
ρ	1000 $kg.m^{-3}$	1000 $g.L^{-1}$	1 $kg.L^{-1}$	1000 $g.dm^{-3}$

Rappels 1 kg = 1000 g ; 1 $m^3 = 10^3\ dm^3 = 10^6\ cm^3$; 1 L = 1 $dm^3 = 10^3$ mL

Activité 10

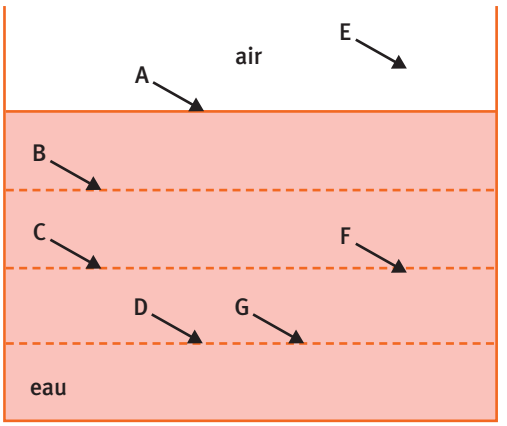
fluide	eau	alcool pur	sang	air	lait
ρ (en $kg.m^{-3}$)	1000	790	1060	1,29	1030

Encomparant les masses volumiques de l'air et de l'eau, on remarque que la masse volumique de l'eau est environ 1000 fois plus grande que celle de l'air : $\rho_{eau} \approx 1000\ \rho_{gaz}$.

Activité 11 La densité d d'un liquide par rapport à l'eau s'exprime par : $d = \dfrac{\rho_{liquide}}{\rho_{eau}}$.

Liquide	eau	alcool pur	sang	lait
ρ	1000 $kg.m^{-3}$	0,790 $kg.L^{-1}$	1060 $g.L^{-1}$	1030 $g.L^{-1}$
d	1,00	0,79	1,06	1,03

Activité 12



1 La valeur de la pression atmosphérique est donnée par la pression dans l'air en E ou en A : $P_{atm} = 1{,}00.10^5$ Pa.

2 La pression augmente avec la profondeur d'immersion dans le liquide : $P_D > P_C > P_B > P_A$.

3 En tout point situé dans un même plan horizontal, la pression est la même : $P_C = P_F$ ou $P_D = P_G$.

© Cned – Académie en ligne

4. A la même profondeur d'immersion, la pression varie avec la nature du liquide ; ainsi : $(p_C)_{eau} > (p_C)_{alcool}$

La variation de pression observée est liée à la masse volumique du liquide.

Recopiez la conclusion suivante dans le cours.

Dans un liquide en équilibre :
- la pression est la même en tout point d'un même plan horizontal ;
- la pression augmente avec la profondeur d'immersion.
À même profondeur d'immersion, la pression varie avec la masse volumique du liquide.

Activité 13

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

eau	$\Delta P = 1{,}0.10^5$ Pa
air	$\Delta P = 1{,}3.10^2$ Pa

2. La variation de pression dans l'air est négligeable par rapport à la variation de pression dans l'eau.

Pour une même dénivellation, la variation de la pression dans l'air est environ mille fois plus faible que dans l'eau.

3. Sur 10 m de hauteur la pression n'avait varié que de 130 Pa par rapport à une pression atmosphérique de 10^5 Pa.

Dans un récipient rempli de gaz de quelques centimètres de hauteur, la variation de pression est encore plus faible ; la pression est donc la même en tout point du récipient .

Activité 14

La boisson gazeuse placée dans le réfrigérateur dégage moins de gaz que la boisson gazeuse laissée à 25 °C.

Recopiez la conclusion suivante dans le cours.

Si la température augmente, la dissolution diminue.

Activité 15

P (hPa)	500	1000	1500	2000	2500
V (mL)	80	40	27	20	16
PV (Pa.m^3)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Exemple de calcul : $PV = 500.10^2 \times 80.10^{-6} = 4{,}0$ Pa.m^3.

Le produit PV est constant. La loi de Boyle-Mariotte est vérifiée.

Activité 16

D'après la loi d'Avogadro-Ampère, ces gaz contiennent la même quantité de matière.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 9

La force gravitationnelle

Physique

Objectifs

- Calculer la force d'attraction gravitationnelle qui s'exerce entre deux corps à répartition sphérique de masse.
- Savoir que la pesanteur terrestre résulte de l'attraction terrestre.
- Comparer le poids d'un même corps sur la Terre et sur la Lune.

A L'interaction gravitationnelle

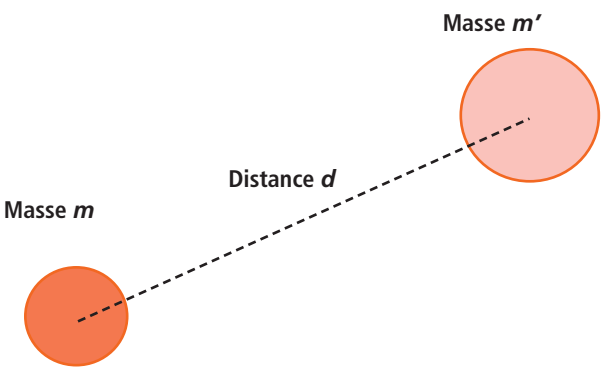
1. La gravitation universelle

En 1687, Newton publie la loi de la gravitation universelle qui s'applique aussi bien au mouvement de la Lune qu'à la chute d'une boule de pétanque.

Cette loi permet d'expliquer l'existence de la force exercée par la Terre sur la Lune.

Newton considère que deux corps, du simple fait de leurs masses, s'attirent mutuellement et instantanément. Ces deux corps exercent des actions l'un sur l'autre : on dit qu'ils sont en interaction.

Considérons deux corps de masses m et m' ; le corps de masse m exerce sur le corps de masse m' une force de valeur F ; de même, le corps de masse m' exerce sur le corps de masse m une force de valeur F'.



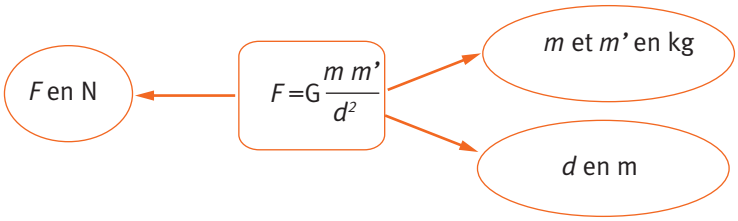
© Cned – Académie en ligne

2. L'interaction gravitationnelle entre deux corps

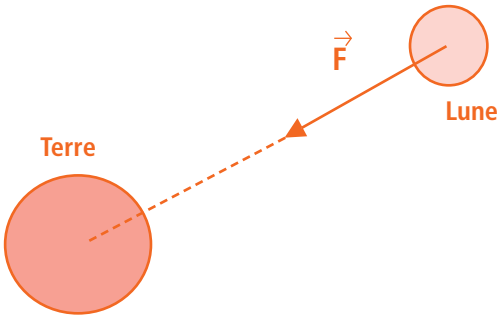
Loi de la gravitation universelle

Dans le cas de deux corps à répartition sphérique de masse *m* et *m'*, la valeur *F* de la force d'interaction gravitationnelle a pour expression : $F = G\frac{m\,m'}{d^2}$ où G est la constante de gravitation (G = 6,67.10^{-11} SI) et *d* la distance entre les centres de ces corps.

Les forces sont appliquées aux centres de chacun des corps ; elles sont représentées par un vecteur.



Exemple force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre sur la Lune :



Activité 1 *Reproduire le schéma précédent et représenter la force gravitationnelle $\vec{F}'$ exercée par la Lune sur la Terre.*

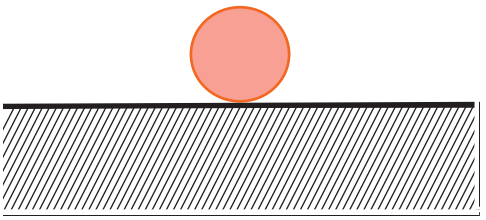
Activité 2 *La Terre et la Lune peuvent être considérées comme des corps à symétrie sphérique.*

Données : *masse de la Lune : 7,34.10^{22} kg ; masse de la Terre : 5,98.10^{24} kg ; distance entre les centres : d =384000 km.*

Exprimer et calculer la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune.

© Cned – Académie en ligne

Activité 3 *Le centre d'une boule de pétanque de masse m (m = 700 g) se trouve à 6380 km du centre de la Terre de masse 5,98.10^{24} kg.*



1. *Exprimer et calculer la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la boule de pétanque.*

2. *Exprimer et calculer la valeur de la force gravitationnelle exercée par la boule de pétanque sur la Terre.*

La représenter sur un schéma.

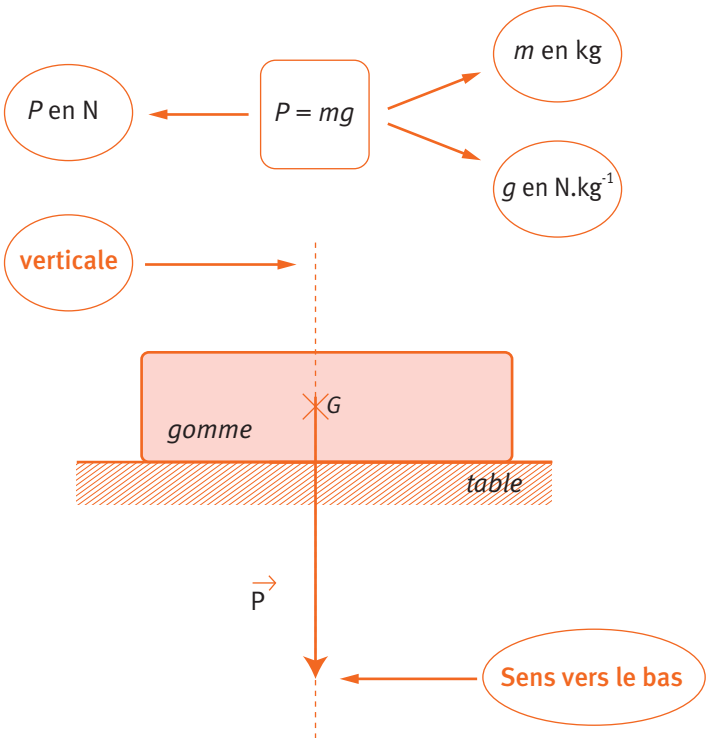
B La pesanteur terrestre

1. Le poids d'un corps

Le poids d'une gomme modélise les actions exercées par la Terre sur cette gomme.

Cette force est représentée par un vecteur $\vec{P}$ et a pour valeur $P = mg$ où m est la masse du corps et g l'intensité de la pesanteur.

Caractéristiques du poids $\vec{P}$:
- Direction : la verticale
- Sens : vers le bas
- Valeur : $P = mg$



© Cned – Académie en ligne

La valeur de *g* varie en fonction de l'endroit où se trouve l'objet ; g dépend :

✓ de l'altitude

✓ et de la latitude.

Par la suite, la grandeur *g* sera considérée comme constante à la surface de la Terre et égale à 9,81 $N.kg^{-1}$.

2. Poids et force gravitationnelle exercée par la Terre

Activité 4 *Dans l'activité 3, nous avons calculé la valeur F de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la boule de pétanque.*

Calculer la valeur P du poids de cette boule de pétanque de masse 700 g ; comparer la valeur trouvée et la valeur F. $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$

Sur Terre, peut-on dire que la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un corps de masse m est identique au poids de ce corps ?

Notez la réponse du corrigé dans le cadre ci-dessous.

La pesanteur terrestre résulte de l'attraction terrestre.

C Poids d'un corps sur la Terre et sur la Lune

1. Le poids sur la Lune

Le poids d'une gomme modélise les actions exercées par la Terre sur cette gomme.

Sur la Lune, les corps ont la même masse que sur Terre, mais la masse de la Lune diffère de celle de la Terre, de même que le rayon lunaire diffère du rayon terrestre.

© Cned – Académie en ligne

Sur la Lune, un corps, bien qu'ayant la même masse que sur Terre, n'a pas le même poids.

Activité 5 *En assimilant la force gravitationnelle exercée par la Lune sur un corps de masse m au poids lunaire de ce corps, exprimer et calculer l'intensité de la pesanteur sur la Lune notée g_L.*

Données *masse de la Lune : $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg; rayon de la Lune : $R_L = 1738$ km.*

Notez la valeur numérique de g_L dans le cadre ci-dessous :

2. Comparaison entre les poids

D'après le résultat trouvé dans l'activité 5, la valeur de l'intensité de la pesanteur est environ six fois plus faible sur la Lune.

Activité 6 *Comparer les valeurs P et P_L du poids d'une boule de pétanque de masse 700 g sur la Terre et sur la Lune.*

$g_T = 9{,}81$ N.kg^{-1} ; $g_{TL} = 1{,}62$ N.kg^{-1}.

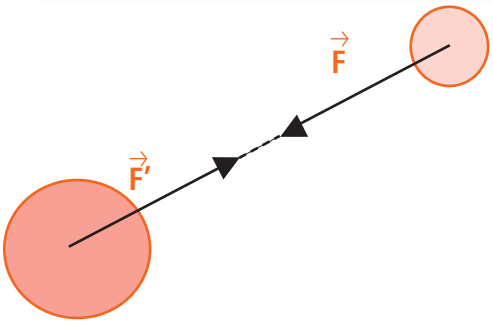
Notez la réponse du corrigé dans le cadre ci-dessous.

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Loi de la gravitation universelle

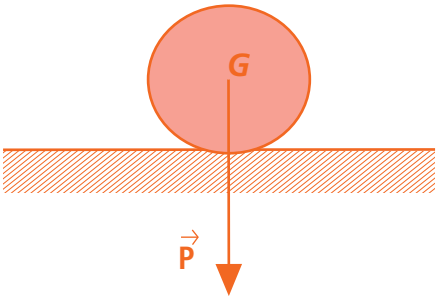
Dans le cas de deux corps à répartition sphérique de masse m et m', la valeur F de la force d'interaction gravitationnelle a pour expression : $F = G\dfrac{m\,m'}{d^2}$ où G est la constante de gravitation ($G = 6{,}67.10^{-11}$ SI) et d la distance entre les centres de ces corps.



Chaque corps exerce une force sur l'autre corps.

Les forces sont appliquées aux centres de chacun des corps ; elles sont représentées par un vecteur.

Caractéristiques du poids $\vec{P}$:
- Direction : la verticale
- Sens : vers le bas
- Valeur : $P = mg$



La valeur de g varie en fonction de l'endroit où se trouve l'objet ; g dépend :

✓ de l'altitude

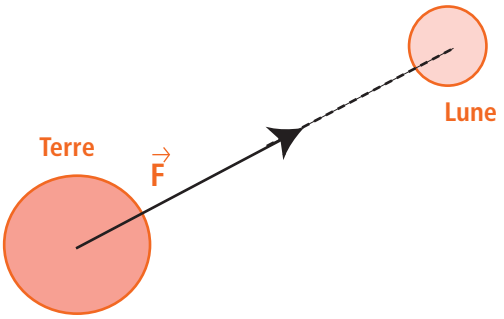
✓ et de la latitude.

Le poids d'un corps sur la Terre est six fois plus important que le poids de ce corps sur la Lune.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1 Force gravitationnelle $\vec{F}\,'$ exercée par la Lune sur la Terre : elle a même direction et même valeur que la force exercée par la Terre sur la Lune mais un sens opposé ; elle est représentée par un vecteur $\vec{F}\,'$ appliqué au centre de la Terre.



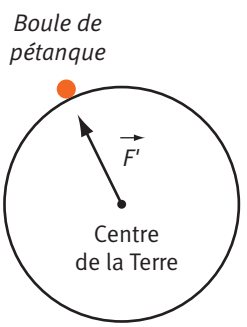
Activité 2 La Terre et la Lune peuvent être considérées comme des corps à symétrie sphérique.

La valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune s'exprime par : $\boxed{F = G\dfrac{M_T\ M_L}{d^2}.}$

$$F = 6{,}67.10^{-11}\frac{7{,}34.10^{22}\times 5{,}98.10^{24}}{\left(3{,}84.10^{8}\right)^2} = 1{,}98.10^{20}\ \text{N}.$$

Activité 3 ❶ D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la boule de pétanque s'exprime par : $F = G\dfrac{m\ M_T}{R_T^2}$.

Application numérique : $F = 6{,}67.10^{-11}\dfrac{0{,}700\times 5{,}98.10^{24}}{\left(6{,}38.10^{6}\right)^2} = 6{,}86\ \text{N}.$



❷ La valeur F' de la force gravitationnelle exercée par la boule de pétanque sur la Terre est identique à celle trouvée dans la question 1. Elle s'exerce au centre de la Terre.

© Cned – Académie en ligne

Activité 4 La valeur P du poids de la boule de pétanque est égale à : $P = mg$.

Application numérique : $P = 0,700 \times 9,81 = 6,87$ N.

On obtient pratiquement la même valeur 6,9 N.

À recopier dans le cours.

Le poids d'un corps de masse m peut être assimilé en première approximation à la force gravitationnelle exercée par la Terre sur ce corps ; cependant les valeurs des deux forces ne sont pas rigoureusement identiques.

D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Lune sur un corps de masse m s'écrit : $F = G\dfrac{m\,M_L}{R_L^2}$.

Cette valeur est pratiquement la même que celle du pois lunaire : $P_L = mg_L$.

Activité 5 L'intensité de la pesanteur sur la Lune s'exprime donc par : $g_L = G\dfrac{M_L}{R_L^2}$.

La valeur numérique de l'intensité de la pesanteur sur la Lune est égale à :

$$g_L = 6,67.10^{-11}\frac{7,34.10^{22}}{\left(1738.10^3\right)^2} = 1,62 \text{ N.kg}^{-1}.$$

À recopier dans le cours.

L'intensité de la pesanteur sur la Lune est égale à $g_L = 1,62$ N.kg^{-1}

Activité 6 La valeur P du poids de la boule de pétanque sur la Terre est égale à : $P = mg_T$.

Application numérique : $P = 0,700 \times 9,81 = 6,87$ N.

La valeur P_L du poids de la boule de pétanque est égale à : $P_L = mg_L$.

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

$$\frac{P}{P_L} = 6,08$$

Le poids d'un corps sur la Terre est six fois plus important que le poids de ce corps sur la Lune.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 10

L'univers

Physique

Objectifs

- Savoir que le remplissage de l'espace par la matière est essentiellement lacunaire, aussi bien au niveau de l'atome qu'à l'échelle cosmique.
- Connaître la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide (ou dans l'air).
- Connaître la définition de l'année de lumière et son intérêt.
- Expliquer l'expression : « voir loin, c'est voir dans le passé ».
- Utiliser les puissances de 10 dans l'évaluation des ordres de grandeur.

A Description de l'Univers

1. l'échelle de l'atome

À l'échelle de l'atome et des molécules, les distances sont infiniment petites.

L'ordre de grandeur de la taille d'un atome est 10^{-10} m.

Un atome est constitué d'un noyau central, chargé positivement, et d'électrons, chargés négativement, en mouvement autour du noyau.

La masse de l'atome est concentrée dans le noyau dont la taille est de l'ordre de 10^{-15} m.

Activité 1 *Compléter le tableau suivant concernant les sous multiples de l'unité « mètre » en suivant l'exemple donné.*

Un millimètre	Un nanomètre	Un femtomètre	Un micromètre	Un picomètre	Un centimètre
1mm					
10^{-3}m					

Le noyau peut être assimilé à une sphère de rayon 100 000 fois plus petit que celui de l'atome.

Entre les électrons et le noyau, il y a du vide. On dit que la matière est lacunaire.

Au niveau de l'atome, le remplissage de l'espace par la matière est lacunaire.

© Cned – Académie en ligne

Activité 2 *Compléter le tableau en respectant la règle « 100 000 fois plus grand » que la taille donnée.*

Taille	1 mm	1 m	1 nm	1 fm	1 μm
100 000 fois plus grand				100 pm	

2. À l'échelle cosmique

À l'échelle cosmique, le système solaire est constitué en son centre du Soleil, qui est une étoile, de quelques planètes dont la Terre et de multiples objets comme les satellites (la Lune), les comètes ou les astéroïdes.

Activité 3 *Quelle est la différence existant entre une étoile et une planète ?*

Activité 4 *Rechercher sur Internet quelles sont les 8 planètes du système solaire ?*

Tout l'espace existant entre le Soleil, les planètes est vide.

À une échelle encore plus grande, les étoiles, dont le Soleil, sont regroupées dans une structure gigantesque appelée Galaxie (notre galaxie est la Voie lactée).

Entre le Soleil et les planètes, il y a du vide. On dit que l'espace est lacunaire.

A l'échelle cosmique, le remplissage de l'espace par la matière est lacunaire.

En conclusion, le remplissage de l'espace par la matière est essentiellement lacunaire

- ✓ **aussi bien au niveau de l'atome**
- ✓ **qu'à l'échelle cosmique.**

B Utilisation des puissances de 10 dans l'évaluation des ordres de grandeur

Passer de l'infiniment petit à l'infiniment grand nécessite l'écriture de nombres très petits (ordre de grandeur d'un noyau) ou très grands (distance en millions de kilomètres dans l'Univers). Les puissances de dix permettent d'écrire plus aisément ces nombres.

© Cned – Académie en ligne

1. Nombre en notation scientifique

La notation scientifique consiste à écrire les nombres sous la forme : $a.10^n$ où a est un nombre décimal compris entre 1 et 10 et n un nombre entier positif ou négatif.

Exemple Considérons le nombre 0,00138.

Mettre ce nombre en notation scientifique consiste à passer de 0,00138 à $1,38.10^{-3}$ qui est la notation scientifique.

Activité 5 *Compléter le tableau suivant en utilisant la notation scientifique.*

Nombre	0,00138	188987	12,3	0,125	$106 . 10^5$
Notation scientifique	$1,38.10^{-3}$				

Le nombre $1,845.10^4$ est donné avec 4 chiffres significatifs.

Ce nombre peut aussi être donné avec 2 chiffres significatifs : $1,8.10^4$.

Activité 6 *Compléter le tableau suivant en utilisant la notation scientifique pour le nombre188287 et en ne donnant que le nombre de chiffres significatifs souhaités*

Nombre de chiffres significatifs	1	2	3	4
Notation scientifique				

2. Opérations en notation scientifique

Il faut savoir utiliser les quatre opérations suivantes :

$$\begin{cases} 10^a 10^b = 10^{a+b} \\ \dfrac{1}{10^a} = 10^{-a} \\ \dfrac{10^a}{10^b} = 10^{a-b} \\ \left(10^a\right)^b = 10^{ab} \end{cases}$$

© Cned – Académie en ligne

3. Ordre de grandeur

L'ordre de grandeur d'une distance est égal à la puissance de 10 qui s'approche le plus de sa valeur.

Exemples

1. La distance de Neptune au Soleil est égale à 4497 millions de km. Donnons un ordre de grandeur de cette distance en km.

Écrivons la distance en notation scientifique avec 2 chiffres significatifs : $4{,}5.10^9$ km.

L'ordre de grandeur est égal à : 10^9 km.

2. La distance de Jupiter au Soleil est égale à 778 millions de km. Donnons un ordre de grandeur de cette distance en km.

Écrivons la distance en notation scientifique avec 2 chiffres significatifs : $7{,}9.10^8$ km.

L'ordre de grandeur est égal à : 10^9 km.

C L'année de lumière

1. Propagation rectiligne de la lumière

La lumière se propage en ligne droite dans le vide et dans l'air.

La lumière se propage dans le vide, et dans les milieux transparents (air, eau, gaz, verre, etc.).

2. Vitesse de la lumière

Dans le vide (et dans l'air), la vitesse de la lumière est : $c = 3{,}00.10^8\,m.s^{-1}$.

Par contre la vitesse de la lumière dans un milieu transparent dépend du milieu dans laquelle elle se propage.

3. L'année de lumière

L'année de lumière est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année.

Les dimensions de l'Univers sont telles que la distance parcourue par la lumière en une année est l'unité adaptée à leur mesure.

L'étoile la plus proche de la Terre, autre que le Soleil, est à 4 a.l.

Notre Galaxie, la Voie lactée, a une « largeur » d'environ 100 000 a.l.

© Cned – Académie en ligne

Activité 7 *Calculer la distance parcourue par la lumière en une année en mètre puis en kilomètre (avec 3 chiffres significatifs).*

Donner ensuite un ordre de grandeur plus facile à retenir.

Il est impossible de rejoindre l'étoile la plus proche avec les sondes spatiales ; il faudrait des milliers d'années pour parcourir 4,0 a.l.

Les télescopes actuels permettent de voir des galaxies situées à des distances supérieures à 1000 a.l.

Activité 8 *Le Soleil est la plus proche étoile de la Terre. Il est situé à 150 millions de kilomètres de la Terre.*

1. *Quelle serait la durée nécessaire (en secondes et en années) pour rejoindre le Soleil à la vitesse de* ***100 km.h^{-1}***
2. *Quelle serait la durée nécessaire pour rejoindre le Soleil à la vitesse de la lumière ?*

Activité 9 *L'étoile la plus proche de la Terre après le Soleil se nomme « Proxima du Centaure ». Elle est située à 4 années de lumière.*

1. *Quelle serait la durée nécessaire (en secondes et en années) pour rejoindre « Proxima du Centaure » à la vitesse de 100 km.h^{-1} ?*
2. *Quelle serait la durée nécessaire pour rejoindre « Proxima du Centaure » à la vitesse de la lumière ?*

4. Voir loin, c'est voir dans le passé

La lumière qui nous parvient aujourd'hui, grâce aux télescopes, de distances supérieures à 1000 années de lumière, a donc été émise il y a plus de 1000 années.

« Voir loin, c'est voir ce qu'il s'est passé il y a longtemps » parce que l'image du ciel observé la nuit n'est pas actuelle, mais d'autant plus ancienne que les objets que nous regardons sont plus éloignés.
Les progrès technologiques nous permettent l'observation d'objets de plus en plus éloignés et d'événements qui se sont passés il y a longtemps.

© Cned – Académie en ligne

Résumé

Le remplissage de l'espace par la matière est essentiellement lacunaire.

- **aussi bien au niveau de l'atome**
- **qu'à l'échelle cosmique.**

Dans l'atome, dans le système solaire, l'espace qui existe, entre le noyau et les électrons ou entre le Soleil et les planètes, est vide.

La notation scientifique consiste à écrire les nombres sous la forme : $a.10^n$.

- **où a est un nombre décimal compris entre 1 et 10**
- **et n un nombre entier positif ou négatif.**

➔ **L'année de lumière est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année.**

L'année de lumière est une unité de longueur dont l'ordre de grandeur est 10^{13} km (symbole a.l.).

« Voir loin, c'est voir ce qu'il s'est passé il y a longtemps » parce que l'image du ciel observé la nuit n'est pas actuelle, mais d'autant plus ancienne que les objets que nous regardons sont plus éloignés.

© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

Un millimètre	*Un nanomètre*	*Un femtomètre*	*Un micromètre*	*Un picomètre*	*Un centimètre*
1mm	1 nm	1 fm	1 µm	1 pm	1cm
10^{-3} m	10^{-9} m	10^{-15} m	10^{-6} m	10^{-12} m	10^{-2} m

Activité 2

Taille	1 mm	1 m	1 nm	1 fm	1 µm
100 000 fois plus grand	100 m	100 km	100 µm	100 pm	100 mm

Observez un millimètre sur votre double décimètre et imaginez le noyau de l'atome ayant cette taille ; une sphère de 100 m de rayon autour de vous correspondrait donc à l'espace rempli de vide existant dans l'atome autour du noyau.

Activité 3

Une étoile est un objet céleste gazeux, dont la taille et la densité sont tellement importantes qu'elles génèrent des réactions de fusion nucléaire en son cœur.

Une planète est un objet céleste, non lumineux, qui orbite autour d'une étoile.

Activité 4

Les 8 planètes du système solaire : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

Pluton n'est plus considéré comme une planète du système solaire depuis la 26ème assemblée de l'Union astronomique internationale du 24 août 2006. Ses caractéristiques étaient trop éloignées de celles des huit planètes du système solaire.

Activité 5

Nombre	0,00138	188987	12,3	0,125	106.10^{5}
Notation scientifique	$1,38.10^{-3}$	$1,88987.10^{5}$	$1,23.10^{1}$	$1,25.10^{-1}$	$1,06.10^{7}$

Activité 6

Nombre de chiffres significatifs	1	2	3	4
Notation scientifique	2.10^{5}	$1,9.10^{5}$	$1,88.10^{5}$	$1,883.10^{5}$

© Cned – Académie en ligne

Activité 7 Dans une année, il y a 365 jours.

Dans un jour, il y a 24 heures.

Dans une heure, il y a 3600 secondes.

Dans le vide, la vitesse de la lumière est égale à : $c = 3{,}00.10^{8}\ \text{m.s}^{-1}$.

La vitesse est définie par : $c = \dfrac{d}{\Delta t}$.

L'année de lumière est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année : $\boxed{d = c\ \Delta t}$.

La valeur de l'année de lumière est donc :

$d = 3{,}00.10^{8} \times (365 \times 24 \times 3600) = 9{,}46.10^{15}\text{m soit } 9{,}46.10^{12}\text{km}$.

L'année de lumière est une unité de longueur dont l'ordre de grandeur est 10^{13}km.

Activité 8 ❶ La vitesse est définie par : $v = \dfrac{d}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = \dfrac{d}{v}}$.

La durée nécessaire pour rejoindre le Soleil à la vitesse de $100\ \text{km.h}^{-1}$ serait égale à :

$$\Delta t = \frac{150.10^{9}}{\left(\dfrac{100.10^{3}}{3600}\right)} = 5{,}4.10^{9}\ \text{s soit : 171 jours} \left(\Delta t = \frac{5{,}4.10^{9}}{365\text{x}24\text{x}3600} = 171\ \text{jours}\right).$$

❷ La durée nécessaire pour rejoindre le Soleil à la vitesse de la lumière serait égale à :

$$\Delta t = \frac{150.10^{9}}{3{,}00.10^{8}} = 500\ \text{s soit : 8 min 20 s}.$$

Activité 9 ❶ La durée nécessaire pour rejoindre « Proxima du Centaure » à la vitesse de $100\ \text{km.h}^{-1}$ serait égale à :

$$\Delta t = \frac{4.10^{16}}{\left(\dfrac{100.10^{3}}{3600}\right)} = 1{,}4.10^{15}\ \text{s soit : } \Delta t = \frac{1{,}4.10^{15}}{365\text{x}24\text{x}3600} \approx 44\ \text{millions d'années}.$$

❷ La durée nécessaire pour rejoindre « Proxima du Centaure » à la vitesse de la lumière serait égale à : 4 années.

© Cned – Académie en ligne

Chapitre 11

Dispersion de la lumière

Physique

Objectifs

- Savoir que la longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique.
- Interpréter qualitativement la dispersion de la lumière blanche par un prisme.
- Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'émission et d'absorption et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.
- Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température.
- Repérer, par sa longueur d'onde dans un spectre d'émission ou d'absorption une radiation caractéristique d'une entité chimique.
- Interpréter le spectre de la lumière émise par une étoile : température de surface et entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.
- Connaître la composition chimique du Soleil.

A Spectres d'émission

Un spectre d'émission résulte de l'analyse de la lumière émise par une source à travers un prisme.

Les spectres d'émission peuvent être continus ou de raies suivant la source.

1. Longueur d'onde et radiation monochromatique

Nous avons vu dans le chapitre 4 que la lumière est constituée de radiations lumineuses.

Une radiation lumineuse est caractérisée par sa longueur d'onde λ dans le vide ou dans l'air.

La longueur d'onde s'exprime en mètre (m).

La longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique

Pour le domaine des ondes visibles, l'intervalle de longueurs d'onde est souvent donné avec des valeurs arrondies [400 nm ; 800 nm].

© Cned – Académie en ligne

Activité 1 *Les couleurs peuvent être associées à des intervalles de longueurs d'onde différentes.*

En utilisant Internet ou une encyclopédie, replacer dans le tableau les couleurs correspondant aux intervalles donnés.

λ (nm)	380–450	450–495	495–570	570–590	590–620	620–780
Couleurs						

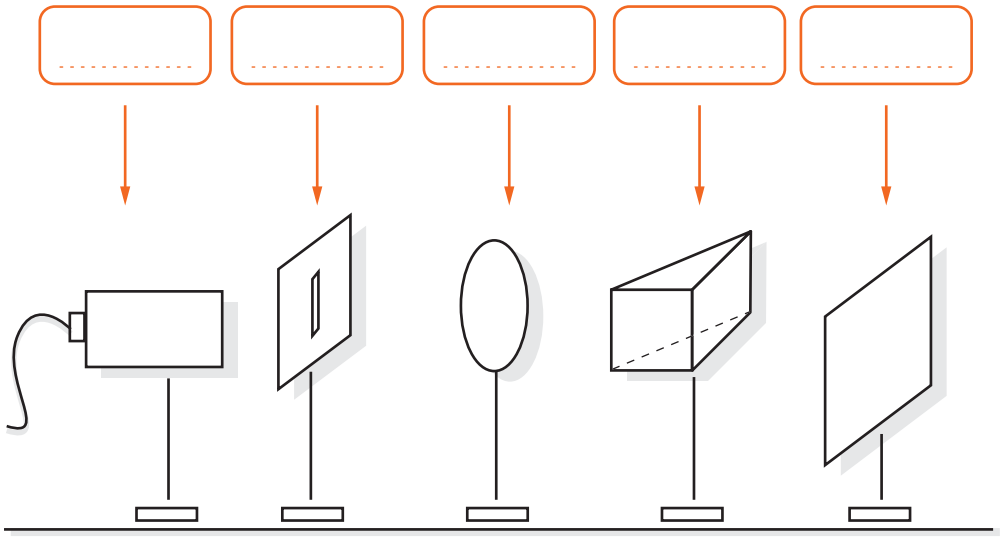
2. Décomposition de la lumière blanche

Tout corps solide porté à haute température émet de la lumière blanche (filament d'une lampe par exemple).

Pour obtenir le spectre de la lumière blanche, nous utilisons un spectroscope. Il existe des spectroscopes à prisme ou à réseau.

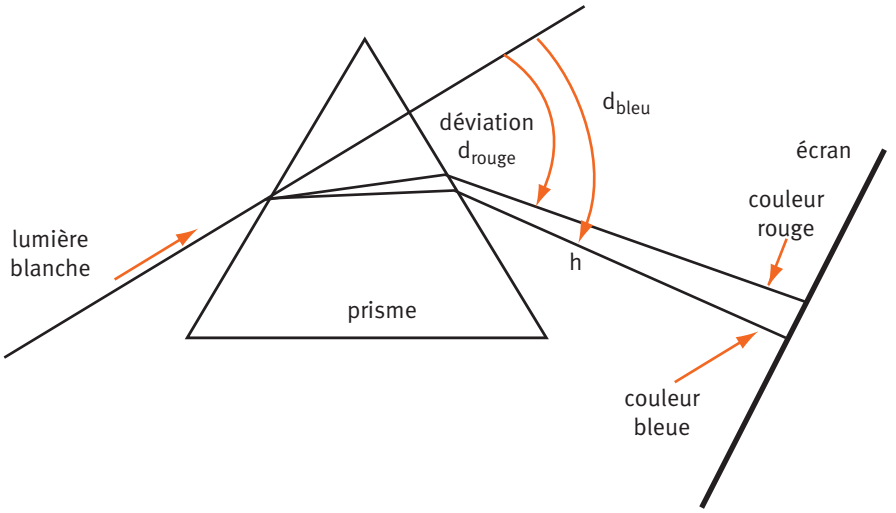
Expérience : on éclaire une fente avec de la lumière émise par une lampe ; le faisceau obtenu est dirigé sur la face du prisme ; la lentille permet d'obtenir une image nette sur l'écran.

Activité 2 *Placez sur le schéma suivant les noms des différents appareils utilisés. Ecran, lentille, fente, lampe, prisme*



Banc d'optique

© Cned – Académie en ligne



On remarque que la lumière est déviée par le prisme et que la couleur bleue est plus déviée que le rouge.

On observe sur l'écran une répartition continue de la lumière du bleu au rouge : c'est le spectre la lumière blanche.

Ce spectre est composé de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Il est continu du rouge au violet ; il n'y a pas de couleurs qui manquent dans le spectre.

Remarque observez un CD ; il est constitué d'une multitude de traits fins qui permet de réaliser la décomposition de la lumière.

Tout corps solide porté à haute température émet un spectre continu.

Activité 3 ***Sélectionner dans la liste suivante les corps permettant d'obtenir un spectre continu :***
le filament d'une lampe à incandescence ; une lampe à vapeur de sodium ; des braises ; une tube « néon »; un métal en fusion ; une étoile.

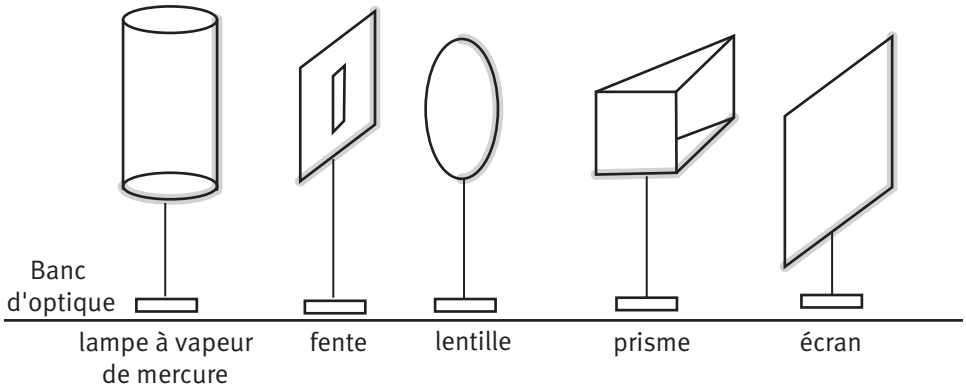
Observons les spectres de la lumière émise par un corps chauffé de plus en plus fort.

© Cned – Académie en ligne

Plus la température est élevée et plus le spectre s'enrichit en radiations allant vers le violet.

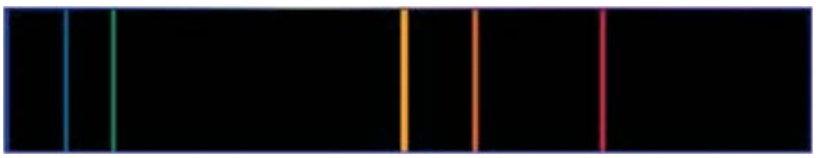
3. Décomposition de la lumière émise par une lampe à gaz

On éclaire une fente avec de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure ; le faisceau obtenu est dirigé sur la face du prisme ; la lentille permet d'obtenir une image nette sur l'écran.



On observe sur l'écran des radiations distinctes : un spectre de raies.

La lumière émise par la lampe de mercure est polychromatique : elle contient plusieurs radiations lumineuses.



Le spectre d'émission est caractéristique du gaz qui émet la lumière.

Les raies d'émission sont caractéristiques d'une entité chimique.

Le tableau ci-après donne quelques longueurs d'onde (en nm) de raies caractéristiques d'un élément.

H	656,3	486,1	434				
Na	589	589,6					
Mg	470,3	516,7					
Ca	396,8	422,7	458,2	526,2	527		
Fe	438,3	489,1	491,9	495,7	532,8	537,1	539,7

Activité 4 *Combien de raies observera-t-on pour le sodium ? De quelles couleurs ?*

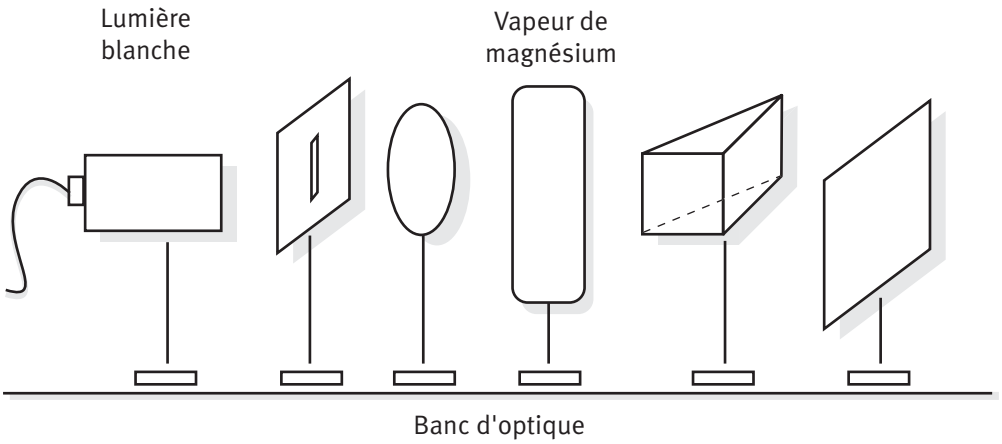
© Cned – Académie en ligne

B Spectres d'absorption

1. Obtention du spectre

Un spectre d'absorption s'obtient par l'analyse d'une lumière qui a traverse un milieu transparent.

On éclaire une fente avec de la lumière blanche ; le faisceau obtenu traverse la vapeur de magnésium et est dirigé sur la face du prisme ; la lentille permet d'obtenir une image nette sur l'écran.



Si la lumière blanche, traverse un gaz, le spectre de la lumière obtenu sur l'écran montre des raies noires sur un fond continu. Ces raies noires indiquent que la substance transparente a absorbé certaines radiations.

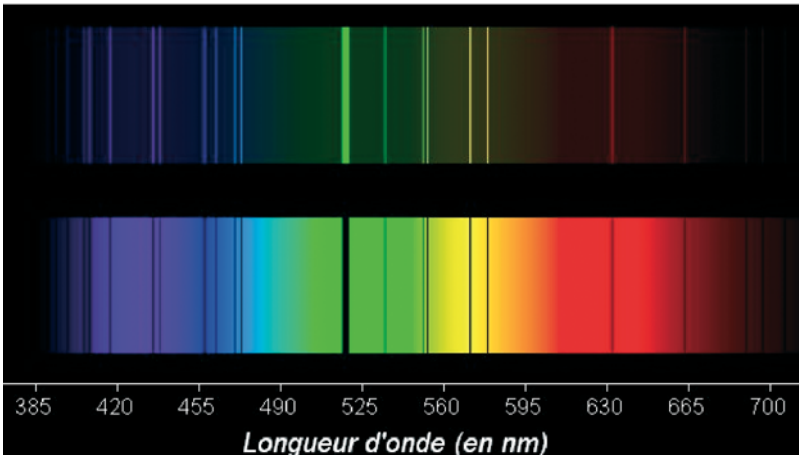
Le spectre obtenu fournit des informations sur le milieu traverse.

2. Lien entre spectre d'émission et spectre d'absorption

Observons les spectres d'émission et d'absorption de la vapeur de magnésium.

Les longueurs d'onde des raies noires obtenues sont identiques à celles des radiations émises par ce même gaz lorsqu'il est excité.

© Cned – Académie en ligne



Pour une même espèce chimique, les raies (brillantes) dans le spectre d'émission et celles dans le spectre d'absorption (raies noires) ont les mêmes longueurs d'onde.

Le spectre d'absorption de raies est, comme le spectre d'émission, caractéristique du gaz traversé ou du gaz qui émet la lumière.

Il permet, par exemple, d'étudier la composition chimique de l'atmosphère des étoiles. Une espèce chimique ne peut absorber que les radiations qu'elle est capable d'émettre.

C Lumière émise par une étoile

1. Spectre de la lumière émise par le Soleil

Activité 5 *Observez le spectre du Soleil.*

Ce spectre est-il un spectre d'émission ou d'absorption ?

En fait, la surface chaude des étoiles émet une lumière dont le spectre est continu.

Certaines radiations de cette lumière traversant l'atmosphère de l'étoile sont absorbées par des atomes qui y sont présents.

On obtient alors le spectre d'absorption de l'étoile.

© Cned – Académie en ligne

La couleur de l'étoile permet de déterminer sa température de surface.

	Bételgeuse	Le Soleil	Sirius	Rigel
Couleur	Rouge orangée	Jaune	Blanche	Bleue
Température (°C)	3300	5500	8000	10000

Les raies d'absorption sont caractéristiques des éléments qui constituent l'atmosphère de l'étoile et renseignent donc sur les entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.

2. Composition chimique du Soleil

L'analyse du spectre de la lumière émise par le Soleil a permis de connaître la composition chimique du Soleil.

Les éléments les plus abondants sont donnés dans le tableau ci-dessous avec leurs abondances exprimées en fraction de masse :

Elément	hydrogène	hélium	oxygène	carbone	azote	néon	nickel
Pourcentage massique	78,4 %	19,8 %	0,8 %	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %

Cette composition chimique est celle que l'on retrouve dans la plupart des étoiles de notre Galaxie.

➤ **Les deux entités chimiques prépondérantes dans la composition chimique du Soleil sont l'hydrogène et l'hélium.**

© Cned – Académie en ligne

Résumé

La longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique

Pour le domaine des ondes visibles, l'intervalle de longueurs d'onde est souvent donné avec des valeurs arrondies [400 nm ; 800 nm].

Tout corps solide porté à haute température émet un spectre continu.

➔ **Plus la température est élevée et plus le spectre s'enrichit en radiations allant vers le violet.**

Le spectre d'émission est caractéristique du gaz qui émet la lumière.

Le spectre d'absorption de raies est, comme le spectre d'émission, caractéristique du gaz traversé.

Pour une même espèce chimique, les raies (brillantes) dans le spectre d'émission et celles dans le spectre d'absorption (raies noires) ont les mêmes longueurs d'onde.

© Cned – Académie en ligne

La couleur de l'étoile permet de déterminer sa température de surface.

- **Les raies d'absorption sont caractéristiques des éléments qui constituent l'atmosphère de l'étoile et renseignent sur les entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.**

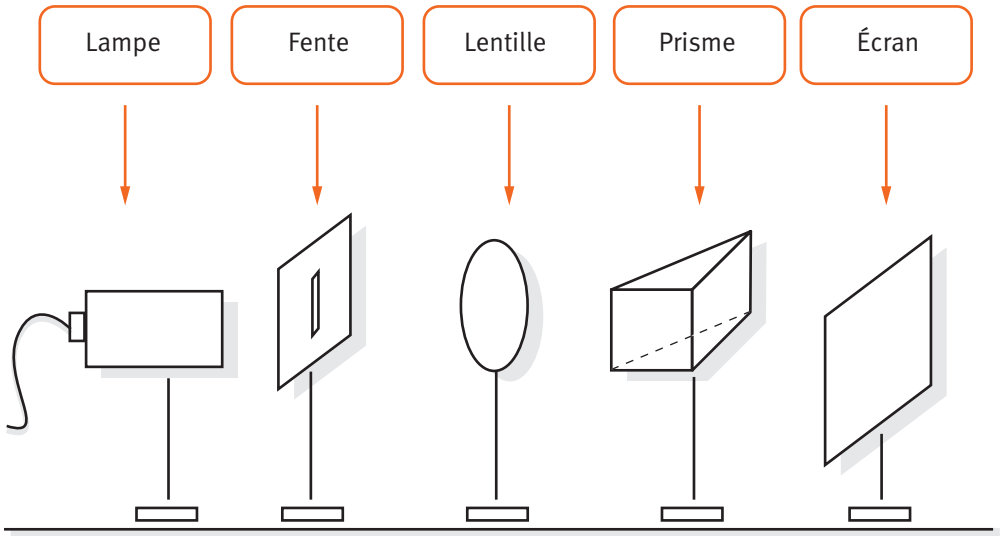
© Cned – Académie en ligne

Corrigés des activités

Activité 1

λ (nm)	380–450	450–495	495–570	570–590	590–620	620–780
Couleurs	violet	bleu	vert	jaune	orange	rouge

Activité 2



Banc d'optique

Activité 3 Les corps permettant d'obtenir un spectre continu sont les suivants :
le filament d'une lampe à incandescence ;
des braises ;
un métal en fusion ;
une étoile.

Activité 4 D'après le tableau, on observera deux raies jaunes de longueurs d'onde 589,0 nm et 589,6 nm.

Activité 5 Le spectre du Soleil est un spectre d'absorption.
On distingue des raies noires sur un fond continu.

© Cned – Académie en ligne