

# Table des matières

## VOLUME 1 GEN Généralités

GEN 1	Grandeurs mesurables .....	G-2
GEN 2	Vecteurs .....	G-14
GEN 3	Le système solaire .....	G-21
GEN 4	L'Univers .....	G-39
GEN 5	Vers l'infiniment petit .....	G-55
GEN 6	Le principe de relativité .....	G-74

## CHR Chaleur

CHR 1	Notion de température .....	C-2
CHR 2	Mesure de la chaleur .....	C-9
CHR 3	Production de la chaleur .....	C-16
CHR 4	Transferts de chaleur .....	C-23
CHR 5	La dilatation des solides .....	C-33
CHR 6	La dilatation des liquides .....	C-43
CHR 7	La dilatation des gaz parfaits .....	C-50
CHR 8	La fusion, la solidification .....	C-59
CHR 9	La vaporisation, la liquéfaction .....	C-67
CHR 10	Notions de thermodynamique .....	C-78

<b>REP</b>	<b>Réponses</b> Quelques réponses numériques .....	R-1
------------	--	-----

<b>ANN</b>	<b>Annexes</b> Tables, valeurs numériques et éléments biographiques .....	A-2
------------	---	-----

## VOLUME 2 MEC Mécanique

### Cinématique

MEC 1	Notions de base et mouvements rectilignes .....	M-2
MEC 2	Balistique et mouvements circulaires .....	M-34

### Statique

MEC 3	La matière dans tous ses états – Détermination des volumes .....	M-49
MEC 4	Masse, masse volumique et densité .....	M-56
MEC 5	Les forces .....	M-64
MEC 6	La force de pesanteur et la gravitation universelle .....	M-75
MEC 7	Forces concourantes et équilibre du point matériel .....	M-86
MEC 8	Le moment d'une force .....	M-95
MEC 9	Les forces d'appui .....	M-103
MEC 10	Les forces de frottement .....	M-112
MEC 11	Equilibre statique d'un corps solide .....	M-117

### Dynamique

MEC 12	Loi fondamentale de la dynamique .....	M-130
MEC 13	Travail d'une force, énergie mécanique .....	M-145
MEC 14	Puissance, rendement .....	M-173
MEC 15	Les machines simples .....	M-180

## Mécanique des fluides

MEC 16	Statique des fluides .....	M-195
MEC 17	La force d'Archimède .....	M-214
MEC 18	Dynamique des fluides .....	M-230
<b>REP</b>	<b>Réponses</b> Quelques réponses numériques.....	R-1
<b>ANN</b>	<b>Annexes</b> Tables, valeurs numériques et éléments biographiques.....	A-2

## VOLUME 3 ENE Energie

ENE 1	L'énergie à travers les âges .....	E-2
ENE 2	Les différentes formes de l'énergie.....	E-7
ENE 3	Les sources d'énergie .....	E-14
ENE 4	Puissance et rendement d'une transformation d'énergie .....	E-19
ENE 5	L'énergie nucléaire.....	E-25
ENE 6	La gestion de l'énergie par l'Homme.....	E-38
ENE 7	Energie et problèmes de société.....	E-52

## ELE Electricité

ELE 1	Interaction électrique et structure de l'atome .....	EL-2
ELE 2	Le courant électrique dans les métaux.....	EL-18
ELE 3	Intensité du courant électrique et tension.....	EL-25
ELE 4	Résistance d'un conducteur – La loi d'Ohm.....	EL-35
ELE 5	Energie et puissance électriques – L'effet Joule.....	EL-45
ELE 6	Générateurs et récepteurs – Les lois de Kirchhoff.....	EL-59
ELE 7	Electromagnétisme .....	EL-76
ELE 8	Induction électromagnétique .....	EL-93
ELE 9	La sécurité en électricité .....	EL-109

## OND Ondes

OND 1	Les ondes mécaniques.....	ON-2
OND 2	Les ondes sonores.....	ON-19
OND 3	Les ondes électromagnétiques .....	ON-31
<b>REP</b>	<b>Réponses</b> Quelques réponses numériques.....	R-1
<b>ANN</b>	<b>Annexes</b> Tables, valeurs numériques et éléments biographiques.....	A-2

# ENE 2. Les différentes formes de l'énergie

Quelle que soit notre conception de l'énergie, ce terme s'applique à un grand nombre de phénomènes en apparence totalement différents.

## 1 Exemples

D'après vous, pour chacune des situations ci-contre, sous quelle forme se trouve l'énergie ?

Dans chacun de ces exemples, l'énergie se manifeste sous différentes formes.

L'**énergie thermique, chaleur** ou **énergie calorifique** est liée aux mouvements des particules d'un corps. Elle se manifeste lors de l'élévation de la température, de la dilatation d'un corps...

L'**énergie électrique** est liée aux différences de charge électrique entre deux corps. Elle est particulièrement commode à transformer et à transporter, mais difficile à stocker.

L'**énergie mécanique** est liée au mouvement des objets, à leur vitesse (énergie cinétique) ainsi qu'à leur position, leur forme et à leurs interactions (énergie potentielle).

L'**énergie chimique** est liée à la structure de la matière, aux liaisons entre atomes ou entre molécules.

L'**énergie nucléaire** est liée à la cohésion entre particules constituant le noyau de l'atome. Elle se manifeste lorsque des noyaux lourds se cassent (fission nucléaire) ou lorsque des noyaux légers s'assemblent (fusion nucléaire). La radioactivité est liée à ce type d'énergie.

L'**énergie rayonnante** est liée aux radiations (photons) émises par des corps. Celle du Soleil est la plus connue, car indispensable à la vie sur la Terre.



Bougie allumée.



Skieur.



Explosion atomique.



Lampe UV pour bronzer.



Locomotive à vapeur.



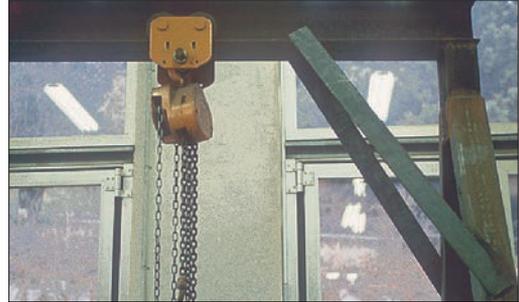
Eclair.

## 2 Les transformations de l'énergie

Expérience

Imaginer des expériences qui permettent de mettre une forme d'énergie en évidence à partir des objets suivants :

- morceau de charbon
- cellule photoélectrique
- pompe à essence
- pile électrique
- bonbonne de gaz
- palan



Palan.

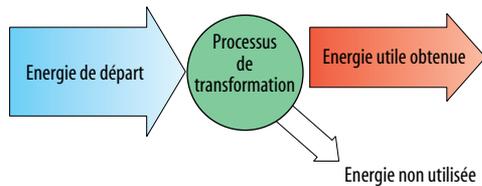
L'énergie se manifeste lorsqu'elle se transforme. Elle ne peut surgir du néant. C'est le principe de la conservation de l'énergie :

**RIEN NE SE CRÉE, RIEN NE SE PERD.  
TOUT SE TRANSFORME.**

Cependant, au cours d'une transformation, si la quantité d'énergie est toujours conservée, la qualité de l'énergie obtenue est toujours inférieure à celle disponible au début. La qualité d'un type d'énergie est d'autant plus élevée qu'on peut la transformer en d'autres types d'énergie avec un bon rendement.



Combustion du bois.



Tube fluorescent.

Expérience

Comparer la qualité de l'énergie de départ à celle d'arrivée pour chacun des cas ci-contre.

Dans n'importe quel système, la qualité de l'énergie n'évolue que dans le sens d'une dégradation.



Frein de vélo.

A priori, toute forme d'énergie peut être transformée en une autre forme. L'Être humain s'est ingénié, particulièrement durant ce dernier siècle, à inventer des appareils ou des processus transformant une énergie en une autre. En voici quelques exemples :

$E_{\text{départ}}$ \ $E_{\text{arrivée}}$	Energie mécanique	Energie électrique	Energie calorifique	Energie chimique	Energie rayonnante
Energie mécanique	levier / chaîne	dynamo / alternateur	pompe à chaleur	*	Van der Waals
Energie électrique	moteur électrique	transformateur	radiateur électrique	électrolyse	tube fluorescent
Energie calorifique	machine à vapeur	thermocouple	four / échangeur	raffinerie (cracking)	ampoule
Energie chimique	muscle, explosifs	pile, accu	brûleur	réactions chimiques	ver luisant
Energie rayonnante	radiomètre	cellule solaire	serre	photographie	laser
Energie nucléaire	bombe A, H	bombes, IEMON**	réacteur nucléaire		soleil

\* réactions provoquées par compression

\*\* NEMP Nuclear ElectroMagnetic Pulse)

IEMON Impulsion électromagnétique d'origine nucléaire (lors d'explosions)

### 3 L'énergie grise

Si l'on est conscient du fait qu'une cuisinière branchée consomme de l'électricité ou du gaz, il n'est pas évident que cette cuisinière ait nécessité la dépense d'une certaine quantité d'énergie pour sa construction. Il ne s'agit pas seulement d'énergie pour la fabrication de l'objet, mais également pour sa conception, son emballage, son stockage, sa vente et son transport. On l'appelle **énergie grise**.

Pour comparer les différents produits, on calcule l'énergie grise par franc du prix d'achat. Par exemple, l'énergie grise nécessaire pour une voiture de 20000 francs est de 44000 kWh, c'est-à-dire la consommation en électricité d'un ménage moyen pendant 10 ans! (1 kWh se lit « kilowatt-heure » et représente une énergie de 3600000 joules)

Etant donné qu'un produit peut comprendre de nombreux matériaux et avoir nécessité diverses prestations de services, il est difficile de calculer l'énergie grise. Suite à des études, les scientifiques s'accordent à estimer l'énergie grise à environ 1,2 kWh/fr pour tous les biens de consommation d'un ménage. Cela ne concerne pas uniquement l'électricité, mais l'énergie dans son ensemble.



Etalage d'un marché.

# E x e r c i c e s - E N E 2

**1** Pendant la nuit, on pompe de l'eau du lac Léman (altitude: 372 m) pour remplir le lac de l'Hongrin (altitude: 1232 m). Cette eau produira de l'électricité pendant la journée. Discuter la raison de ce procédé.

**2** Enumérer des objets d'utilisation courante et qui ne consomment que de l'énergie mécanique produite par les muscles.

**3** Un train de marchandises franchit le Saint-Gothard. Sachant que l'énergie électrique consommée par la locomotive est fournie par une usine hydroélectrique, décrire les transformations d'énergie qui apparaissent dans cette chaîne.

Est-il possible à un train descendant le Saint-Gothard de restituer l'énergie électrique au réseau?

**4** Enumérer les différents types d'énergie consommée pour permettre la fabrication d'une boîte de conserve en fer.

**5** On mange une pomme.

- D'où provient l'énergie contenue dans cette pomme?
- Sous quelle forme se trouve l'énergie dans cet aliment?
- Sous quelle forme se transforme-t-elle dans l'organisme?

**6** Expliquer la chaîne des transformations d'énergie réalisées depuis l'eau du Rhône qui passe dans l'usine de Verbois jusqu'au tube fluorescent qui éclaire la salle de cours.

**7** Pourquoi les nuits où le ciel est clair sont-elles plus fraîches que lorsqu'il y a une couverture nuageuse?

**8** L'énergie ne peut pas disparaître, elle est seulement transformée sous une autre forme d'énergie. Chaque fois qu'il y a une transformation, une partie de l'énergie est perdue sous forme de chaleur inutilisée.

Citer des exemples de transformations d'énergie où l'on obtient de la chaleur sans le vouloir.

**9** Pour les années futures, on craint un réchauffement du climat de la terre.

- Quelles en sont les causes?
- Quelles en seraient les conséquences?

**10** Est-il possible d'utiliser l'énergie éolienne pour se déplacer strictement face au vent?

**11** Les appareils ou processus ci-dessous effectuent des transformations d'énergie. Compléter le tableau en mettant chaque appareil ou processus dans la bonne case (ne prendre comme énergie d'arrivée que celle qui est considérée comme utile).

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| a) grille-pain          | n) électrolyse           |
| b) se frotter les mains | o) réaction chimique     |
| c) boîte à vitesse      | p) turbine à vapeur      |
| d) transformateur       | q) réacteur nucléaire    |
| e) échangeur de chaleur | r) lampe à incandescence |
| f) muscle               | s) bombe atomique        |
| g) ver luisant          | t) flamme du Bec Bunsen  |
| h) thermocouple         | u) pile                  |
| i) miroir               | v) ressort               |
| j) moteur électrique    | w) Soleil                |
| k) haut-parleur         | x) tube fluorescent      |
| l) cellule solaire      | y) feuille d'arbre       |
| m) serre                | z) dynamo                |

Arrivée Départ ↗	Energie électrique	Energie mécanique	Energie chimique	Energie thermique	Energie rayonnante	Energie nucléaire
Energie électrique						○○○○○ ○○○ ○○○
Energie mécanique			○○○○○ ○○○ ○○○○○			○○○○○ ○○○ ○○○○○
Energie chimique						○○○○○ ○○○ ○○○○○
Energie thermique			○○○○○ ○○○ ○○○○○			○○○○○ ○○○ ○○○○○
Energie rayonnante						○○○○○ ○○○ ○○○○○
Energie nucléaire	○○○○○ ○○○ ○○○○○		○○○○○ ○○○ ○○○○○			○○○○○ ○○○ ○○○○○

**12** Quelles sont les diverses formes d'énergie utilisées lors du fonctionnement d'une voiture?

**13** Existe-t-il d'autres formes d'énergie que celles citées dans ce chapitre?

**14** Existe-t-il des transformations d'énergie où les pertes ne sont pas sous forme de chaleur? Si oui, les citer.

**15** Analyser les causes de pertes d'énergie lorsqu'on se déplace à vélo.

# ELE 1. Interaction électrique et structure de l'atome

Toute matière est formée d'atomes. La microscopie électronique permet de les compter. Il faudrait pouvoir poursuivre le grossissement pour observer la structure fine de l'atome.

## 1 Electrification

Dans l'obscurité, quand on ôte des vêtements en matière synthétique, on peut voir de petites étincelles. Parfois, en se brossant les cheveux, on entend de petits crépitements et on observe que les cheveux sont attirés par la brosse et s'écartent les uns des autres.

Ces phénomènes sont dus à l'électrification de la matière par frottement.

Expérience

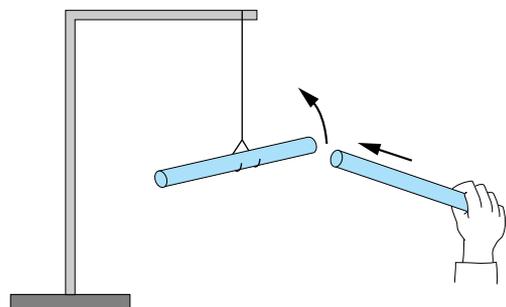
Suspendre une baguette de verre préalablement frottée avec un tissu de laine et approcher d'une de ses extrémités une autre baguette de verre elle aussi frottée avec le tissu de laine. Recommencer l'expérience avec un bâton d'ébonite. Suivant la nature du bâton approché, on constate un mouvement de répulsion ou d'attraction.



Foudre et éclairs.

## 2 Loi d'interaction

L'ensemble des objets électrisés peut être partagé en deux catégories, selon qu'ils attirent ou repoussent un corps frotté préalablement choisi. Deux corps de même catégorie se repoussent et un corps d'une catégorie attire un corps de l'autre catégorie. Il existe donc deux espèces d'électrifications.



Interaction entre corps électrisés.

**Par convention**, une baguette de verre électrisée par frottement, ainsi que tous les corps de cette catégorie, sont réputés porter des charges **positives**; ceux de l'autre catégorie des charges **négatives**.

**Deux charges électriques de même signe se repoussent.**

**Deux charges électriques de signes contraires s'attirent.**

Nature du bâton suspendu \ Nature du bâton rapproché	verre	ébonite
	verre	répulsion
ébonite	attraction	répulsion

Résultats de l'interaction entre corps électrisés.

### 3 Un modèle de l'atome

Les expériences d'électrisation montrent qu'il y a dans la matière des charges électriques qu'on peut extraire. Un modèle très simple suffit pour expliquer ces phénomènes.

**Un atome est formé d'un noyau entouré d'électrons.**

#### Le noyau

Presque toute la matière (masse) de l'atome est concentrée dans le noyau; son diamètre est environ cent mille fois plus petit que celui de l'atome. Il est très dense. La cohésion du noyau est assurée par des forces nucléaires.

Le noyau est formé principalement de deux sortes de particules : les **protons** et les **neutrons**. Les protons sont porteurs d'une charge électrique positive. Les neutrons n'ont aucune charge électrique.

#### Les électrons

Ce sont des particules beaucoup plus petites que le noyau. La masse de l'**électron** est environ deux mille fois plus petite que celle du proton.

Les électrons, chargés négativement, sont animés d'un mouvement autour du noyau. Dans l'atome, entre le noyau et les électrons, il n'y a rien (vide).

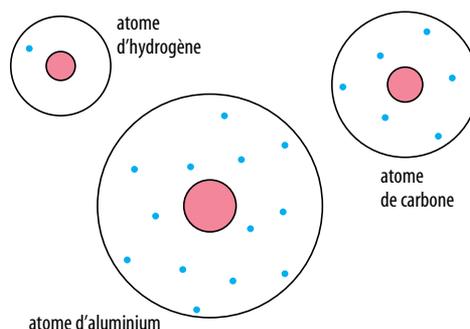
Les électrons sont porteurs d'une charge électrique négative.

Le symbole de l'électron est  $e^-$ .

Quel que soit le type d'atome dont ils proviennent, **tous les électrons sont identiques**. Il en est de même pour les protons et les neutrons du noyau.

Signe de la charge	+	-
+	répulsion	attraction
-	attraction	répulsion

Lois de l'interaction entre charges électriques.

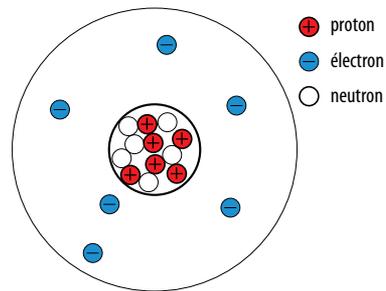


Modèle de quelques atomes (l'échelle n'est pas respectée).

## L'atome est électriquement neutre

Prenons l'exemple de l'atome de carbone. Il renferme six électrons. Le noyau comporte six protons.

L'ensemble est neutre.



Modèle de l'atome de carbone.

## 4 Interprétation de l'électrisation

Avant le frottement, baguette et tissu de laine sont électriquement neutres. En les frottant, on agit sur les atomes situés à la surface de la baguette et du tissu. Le tissu de laine arrache des électrons aux atomes constituant la baguette de verre; il possède alors un excès d'électrons: il est chargé négativement. La baguette de verre présente un manque d'électrons: elle est chargée positivement.

On ne peut donc que transférer des électrons de la baguette vers le tissu.

**La charge électrique est conservée.**

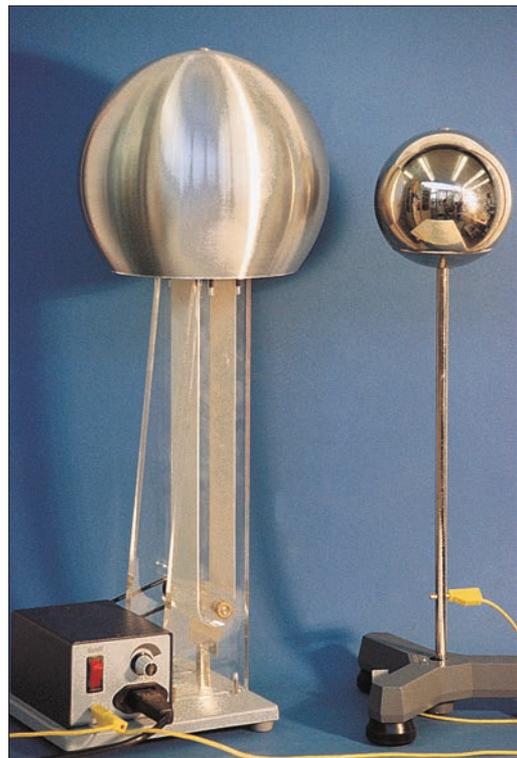
**Un corps chargé négativement a un excès d'électrons.**

**Un corps chargé positivement a un défaut d'électrons.**

Pour agir sur la charge d'un corps, on ne peut que lui ajouter ou lui enlever des électrons.

## 5 La charge électrique

La charge électrique se mesure en coulombs [C]. La charge électrique d'un électron est égale en valeur absolue à celle d'un proton. Cette charge élémentaire, notée  $e$ , vaut  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .



Pour obtenir des charges électriques importantes, on utilise souvent un générateur de Van de Graaff.

# E x e r c i c e s - E L E 1

**1** Copier et compléter les phrases suivantes :

Un atome est formé d'un ..... et d'..... .  
 Entre le ..... et les ....., il existe un vide de matière. Le noyau est chargé ..... .  
 Un ..... porte une charge négative. Le symbole de l'électron est ..... . L'atome est ..... du point de vue électrique. Le ..... rassemble presque toute la masse de l'atome.

**2** Énoncer les lois d'interaction entre corps électrisés.

**3** Répondre par « oui » ou par « non » aux affirmations suivantes :

- Un atome porte une charge électrique positive.
- Un électron n'a pas de masse.
- Tous les électrons sont identiques.
- Le noyau est environ dix fois plus petit que l'atome.
- Le nombre d'électrons caractérise un type donné d'atomes.
- Les électrons ne peuvent pas quitter l'atome.
- Un corps chargé positivement présente un défaut d'électrons.

**4** Décrire quelques phénomènes d'électrisation observables dans la vie courante.  
 Essayer d'en expliquer l'origine.

**5** **Construction d'un pendule électrique :**

Recouvrir de papier d'aluminium une petite boule de polystyrène expansé. La fixer avec du ruban adhésif à un fil de coton (ou de soie ou de nylon) d'une vingtaine de centimètres.



Approcher de la boule une règle en matière plastique frottée par un chiffon. Qu'observe-t-on ?

Que se passe-t-il quand la règle touche la boule ? Pourquoi ?

**6** On doit aux Grecs l'origine du mot atome. Il signifie « qu'on ne peut couper ». Que penser maintenant de cette signification ?

**7** L'unité de charge électrique est le coulomb [C]. La charge de l'électron vaut  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

Quelle est la charge du noyau d'hydrogène ?

**8** Approcher les mains ou, mieux encore, l'avant-bras dénudé du poste de télévision allumé.

Que ressent-on ? Pourquoi ?

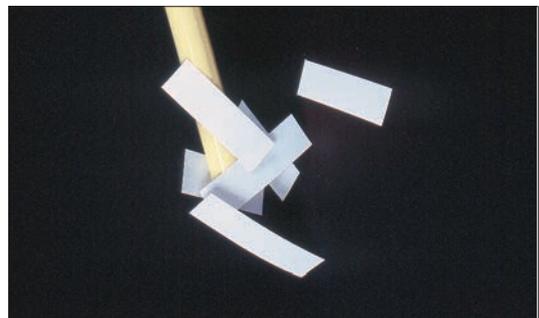
**9** Un mince filet d'eau est dévié par une règle électrisée. Réaliser cette expérience et la décrire.

**10** Le diamètre du noyau d'un atome est d'environ  $4 \cdot 10^{-15}$  mètre, celui de l'atome  $10^{-10}$  mètre.

a) Si on représente le noyau par une sphère d'un centimètre de diamètre, calculer le diamètre de la sphère que représenterait l'atome. Exprimer le résultat en mètres.

b) Le diamètre de l'électron, à cette échelle, peut être évalué à deux millimètres. Commenter cette phrase : « un atome est fait essentiellement de vide ».

**11** Une règle en matière plastique électrisée attire de petits morceaux de papier. Réaliser cette expérience. Essayer de l'interpréter. Il faudra admettre que la répartition des charges électriques a été modifiée dans les petits morceaux de papier. Attention, seuls les électrons peuvent se déplacer.



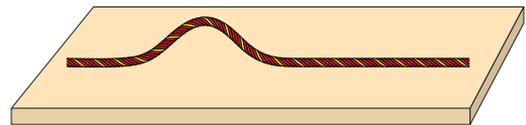
# OND 1. Les ondes mécaniques

Les ondes occupent une place importante dans notre vie quotidienne ; lorsque nous voyons un objet, nos yeux perçoivent une onde lumineuse issue de cet objet et lorsque nous entendons un son, nos oreilles reçoivent une onde sonore émise par une source. Les télécommunications utilisent des ondes de même nature que les ondes lumineuses. On utilise des ondes pour mesurer la vitesse des voitures ou la vitesse du sang dans les artères. Certaines chauves-souris détectent les obstacles et leur proie grâce à des ondes.

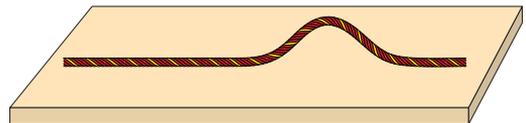
Ce premier chapitre traite des ondes qui, pour se propager, nécessitent un support matériel (solide, liquide ou gaz).

## 1 Exemples

Une corde de varappe est déroulée sur une surface horizontale. Il est possible de la perturber en donnant une secousse à l'une de ses extrémités. On voit alors une « bosse » se propager le long de la corde.



Un long ressort est étiré horizontalement. Il est possible de le perturber en pinçant avec les doigts quelques spires à l'une de ses extrémités. Lorsqu'on libère ces spires, on voit un « frémissement » se propager le long du ressort.



*Onde dans une corde.*

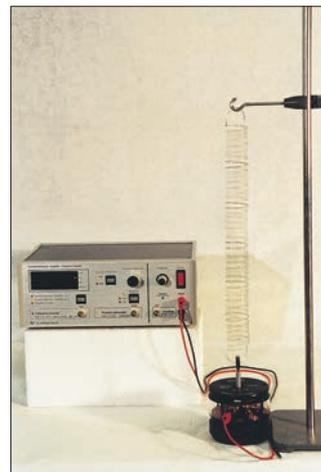
Dans un boulier de Newton, plusieurs billes d'acier suspendues à des fils sont alignées horizontalement. On soulève la première bille et on la laisse frapper la suivante. On constate que la dernière bille est éjectée alors que les autres restent immobiles. L'énergie fournie à la première bille au début de l'opération a été transmise à la dernière par une onde qui s'est propagée dans les billes intermédiaires.

Ces trois situations montrent des exemples d'ondes progressives.

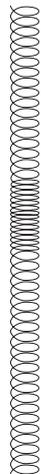
Une onde progressive est :

- une perturbation qui se propage de proche en proche ;
- un transfert d'énergie sans qu'il y ait de déplacement global de matière.

Les « ronds dans l'eau », que l'on peut créer sur la surface d'un lac en lâchant un caillou, sont une forme d'onde. Le mot « onde » est, à l'origine, un synonyme de vague. Les ondes sonores sont des perturbations qui se propagent dans l'air.



*Onde dans un ressort.*



Tous les exemples précédents décrivent des ondes dans un milieu matériel et sont appelées ondes mécaniques. En raison des frottements, ces phénomènes tendent à s'atténuer; leur énergie se transforme finalement en chaleur.

Les ondes telles que la lumière appartiennent à la famille des ondes électromagnétiques; elles ont la particularité de pouvoir se propager même dans le vide.

## 2 Ondes transversales; ondes longitudinales

Une échelle de perroquet est constituée d'une série de barreaux parallèles soudés en leur milieu sur un fil métallique. A l'équilibre, tous les barreaux sont horizontaux. On peut créer une onde en soulevant le premier barreau; une «bosse» se propage le long de l'échelle.

- Le mouvement global de l'onde se déroule horizontalement le long de l'échelle.
- Au passage de l'onde, chaque barreau se soulève verticalement puis redescend et finit par retrouver sa position d'équilibre. Le mouvement local de chaque barreau se déroule dans une direction verticale.

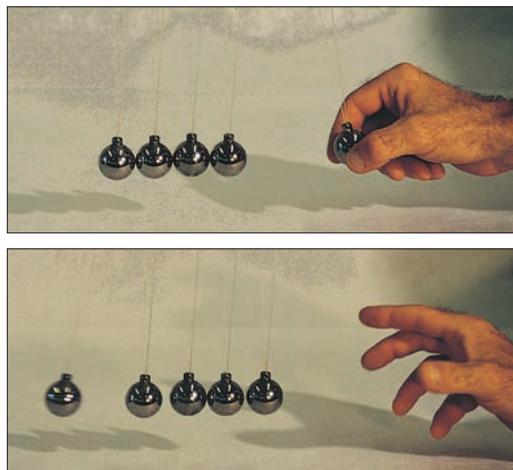
Dans cet exemple, la direction du mouvement global de l'onde (horizontale) et la direction du mouvement local d'un barreau (verticale) sont perpendiculaires. On dit alors qu'il s'agit d'une onde **transversale**.

Pour l'onde dans un ressort, les choses se passent différemment.

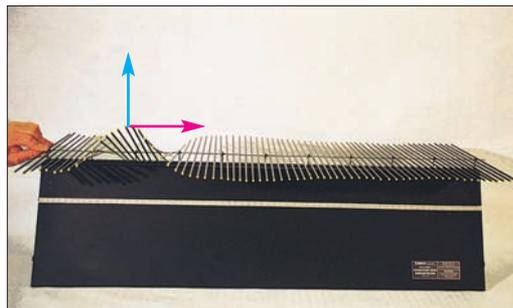
- Le mouvement global de l'onde se déroule horizontalement le long du ressort.
- Au passage de l'onde, les spires du ressort se resserrent puis reprennent leur disposition initiale. Leur mouvement local se déroule aussi dans une direction horizontale.

Dans cet exemple, la direction du mouvement global de l'onde (horizontale) et la direction du mouvement local de chaque spire (horizontale) sont les mêmes. On dit alors qu'il s'agit d'une onde **longitudinale**.

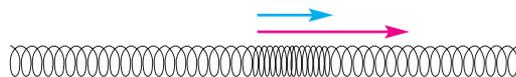
Les ondes électromagnétiques sont toujours des ondes transversales. Les ondes mécaniques sont parfois longitudinales (ondes sonores dans l'air), parfois transversales (vagues à la surface de l'eau).



Boulier de Newton.



Onde transversale dans une échelle de perroquet: la flèche rouge indique le mouvement global; la flèche bleue indique le mouvement local.



Onde longitudinale dans un ressort: la flèche rouge indique le mouvement global; la flèche bleue indique le mouvement local.

### 3 Les ondes périodiques

En excitant le premier barreau d'une longue échelle de perroquet par une suite d'impulsions identiques et à intervalles de temps réguliers, on voit une série de «bosses» identiques avancer en se succédant le long de l'échelle. On a créé une onde périodique. Si, sur une photographie à un instant donné, la courbe formée par les extrémités des barreaux est identique à celle d'une fonction «sinus», on parle d'ondes sinusoïdales ou harmoniques.

L'**amplitude A** de l'onde désigne le déplacement maximal des barreaux relativement à leur position d'équilibre. Elle s'exprime en mètres.

La **longueur d'onde  $\lambda$**  est la distance entre deux bosses consécutives (ou plus généralement entre deux points successifs qui se trouvent dans le même état de vibration). Elle s'exprime en mètres.

La **période T** de l'onde désigne la durée qui s'écoule entre deux passages successifs d'une «bosse» en un point donné; c'est également la durée d'une oscillation complète (aller et retour) de chaque barreau autour de sa position d'équilibre. Elle s'exprime en secondes.

Il découle des définitions précédentes que pendant une période  $T$ , chaque «bosse» avance exactement d'une longueur d'onde  $\lambda$ . Par conséquent, la **vitesse  $v$  de propagation** de l'onde, appelée vitesse de phase, est donnée par l'expression:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$v$  vitesse de propagation en [m/s]

$\lambda$  longueur d'onde en [m]

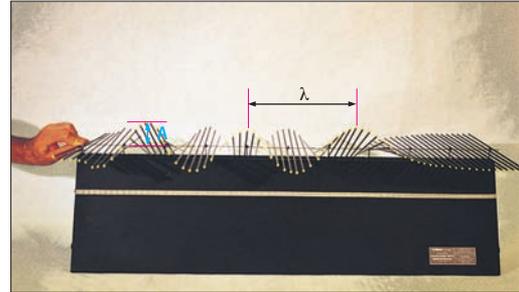
$T$  période en [s]

La **fréquence  $f$**  de l'onde représente le nombre d'oscillations complètes de chaque barreau pendant 1 s. Elle s'exprime en hertz [Hz]. Si la période vaut par exemple 1/2 s, chaque barreau effectue 2 oscillations complètes par seconde; la fréquence de l'onde vaut dans ce cas 2 Hz. La valeur de la fréquence est l'inverse de la période:

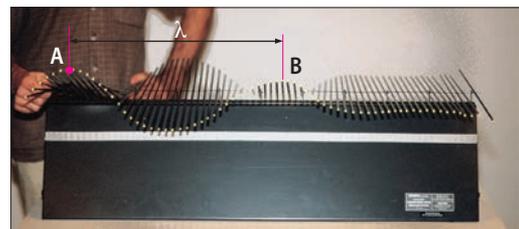
$$f = \frac{1}{T}$$

$f$  fréquence en [Hz] = [s<sup>-1</sup>]

$T$  période en [s]



Onde périodique: amplitude A et longueur d'onde  $\lambda$ .



Onde périodique.

Entre la première et la troisième photo, il s'est écoulé exactement une période.

La bosse en A sur la première photo avance d'une longueur d'onde  $\lambda$  et se retrouve en B sur la dernière photo.

Le barreau rouge qui occupe la position la plus haute sur la première photo descend entre les photos 1 et 2 puis remonte entre les photos 2 et 3 pour retrouver sa position la plus haute sur la photo 3.

# E x e r c i c e s - O N D 1

**1** Donner des exemples d'ondes et préciser s'il s'agit d'ondes longitudinales ou transversales.

**2** On établit une onde périodique à la fréquence  $f = 5$  Hz dans une corde. Le dessin ci-dessous représente une photo de la corde à un instant donné.



- Représenter sur le dessin sa longueur d'onde  $\lambda$  et déterminer sa valeur si le dessin est à l'échelle 1:20.
- Calculer la vitesse de propagation  $v$  des ondes dans la corde.

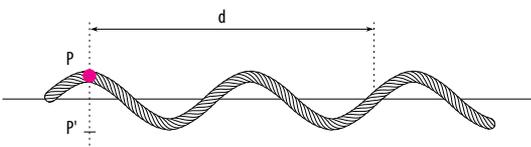
**3** On lâche une bille sur la surface d'un plan d'eau. Les cercles concentriques ainsi formés sont séparés de 30 cm et la durée entre les passages de deux crêtes consécutives en un point du plan d'eau vaut 1,25 s.

- Déterminer la longueur d'onde des ondes ainsi formées.
- Déterminer leur période  $T$ .
- Déterminer leur fréquence  $f$ .
- Déterminer la vitesse de propagation des ondes à la surface du plan d'eau.

**4** On crée dans une échelle de perroquet des ondes périodiques de fréquence  $f = 1,5$  Hz et de longueur d'onde  $\lambda = 33$  cm.

Calculer la période  $T$  et la vitesse de propagation  $v$  des ondes.

**5** Une onde sinusoïdale d'amplitude  $A = 8$  cm est établie dans une longue corde. (Le dessin représente la corde à un instant donné). On constate qu'il faut  $\Delta t_1 = 0,42$  s pour que le point de la corde mis en évidence sur le dessin passe de la position extrême  $P$  à la position extrême opposée  $P'$ .



Combien de temps faut-il à l'onde pour parcourir la distance  $d$  représentée ?

**6** Deux impulsions sont envoyées en sens inverses dans une corde.



Représenter en 5 dessins l'aspect de la corde avant la rencontre, pendant la rencontre et après la rencontre des deux bosses.

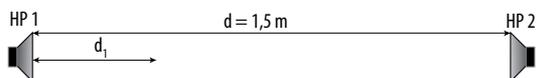
**7** Deux impulsions sont envoyées en sens inverse dans une corde.



Représenter en 5 dessins l'aspect de la corde avant la rencontre, pendant la rencontre et après la rencontre du creux et de la bosse.

**8** Comment s'appelle le phénomène qui se produit lors de la rencontre de deux ondes ? Décrire les différences entre les situations des exercices 6 et 7. Par quels termes qualifie-t-on ces deux situations ?

**9** Deux haut-parleurs disposés face à face à 1,5 m l'un de l'autre émettent en phase (production simultanée « des creux et des bosses ») des sons identiques de fréquence  $f = 1200$  Hz.



- Déterminer la longueur d'onde du son émis sachant que la vitesse du son dans l'air vaut 340 m/s.
- Déterminer la position des points entre les haut-parleurs où l'intensité sonore est maximum. (Déterminer les distances  $d_1$  correspondant à ces points).
- Déterminer la position des points entre les haut-parleurs où l'intensité sonore est minimum. (Déterminer les distances  $d_1$  correspondant à ces points).