

# 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

## **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
<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 4 **OPT** **Optique**

OPT 1	Sources et récepteurs de lumière .....	O-2
OPT 2	La propagation de la lumière .....	O-8
OPT 3	Ombres et éclipses.....	O-15
OPT 4	La réflexion de la lumière.....	O-24
OPT 5	La réfraction de la lumière .....	O-32
OPT 6	La décomposition de la lumière .....	O-42
OPT 7	Les lentilles.....	O-49

## **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

En se plaçant derrière l'objet et en regardant vers la source, un déplacement latéral permet de vérifier que la source est **occultée**, c'est-à-dire cachée par l'objet.

## Dimension de l'ombre portée

Une source ponctuelle  $S$  est placée à la distance  $p$  d'un objet opaque de dimension  $g$ . On désigne par  $g'$  la dimension correspondante de l'ombre portée sur un écran situé à la distance  $p'$  de la source.

Les triangles  $ABS$  et  $A'B'S$  étant semblables, ces quatre paramètres sont liés par la relation :

$$\frac{p'}{p} = \frac{g'}{g}$$

## La pénombre portée

Si la source est étendue, il se forme aussi une zone de pénombre portée sur l'écran. Elle se présente sous la forme d'un dégradé du plus sombre au plus clair. Chaque point de la pénombre n'est éclairé que par une partie de la source ; l'autre partie est occultée par l'obstacle opaque.

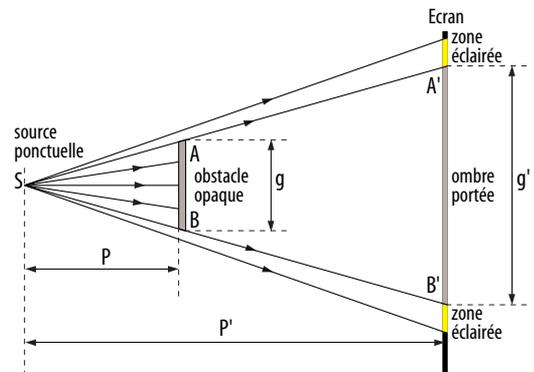
## 2 Des ombres à grande échelle

On peut assimiler le Soleil, la Terre et la Lune à des sphères. La Terre tourne autour du Soleil et la Lune autour de la Terre. Le Soleil apparaît pour la Terre ou la Lune comme une source lumineuse étendue.

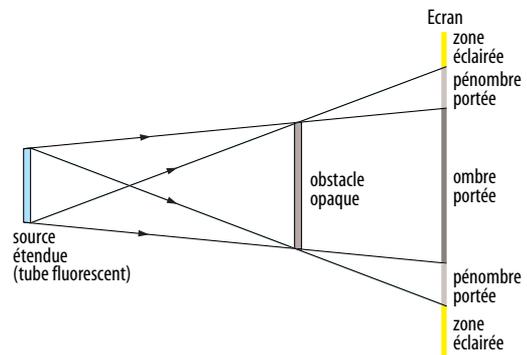
## Phases de la Lune

Quelles que soient les positions respectives des trois astres, le Soleil éclaire à peu près la moitié de la Lune. Cependant, pour un observateur terrestre, l'aspect observé change selon la position de la Lune sur sa trajectoire autour de la Terre. La succession des **phases de la Lune** dure 29 jours et demi ; c'est la **lunaison**.

**Remarque :** selon sa situation sur la Terre (hémisphère nord ou sud, proche ou non de l'équateur), l'observateur aura une vision différente des phases de la Lune.



L'ombre portée d'un objet opaque.



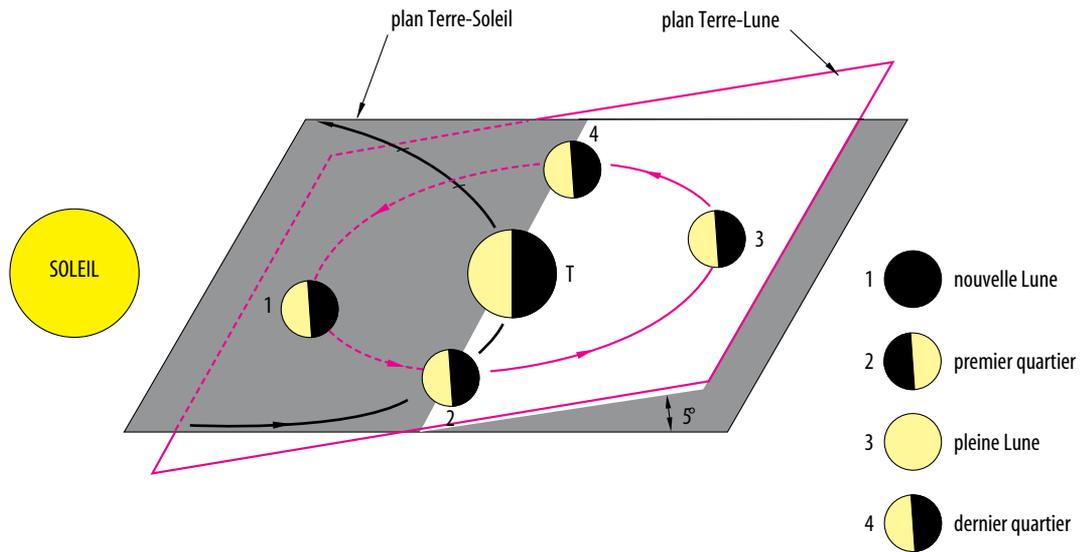
La pénombre portée.



Premier quartier.



Dernier quartier.

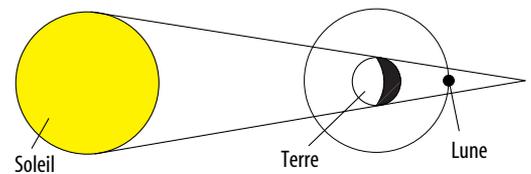


Différentes positions de la Lune sur son orbite autour de la Terre. A droite, l'aspect de la Lune vu par un observateur terrestre (situé dans l'hémisphère nord, en zone tempérée).

## Eclipse de Lune

La Terre, éclairée par le Soleil, forme un cône d'ombre. Il y a éclipse de Lune quand la Lune traverse ce cône d'ombre, ce qui ne peut avoir lieu que lors d'une pleine Lune.

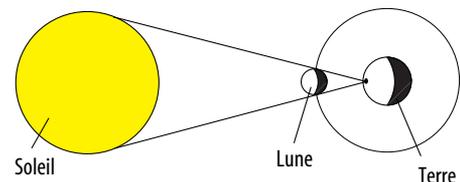
Quand il y a éclipse, le Soleil, la Terre et la Lune sont alignés dans cet ordre.



Eclipse de Lune.

## Eclipse de Soleil

La Lune, éclairée par le Soleil, forme également un cône d'ombre. Il y a éclipse de Soleil quand la Terre le traverse, ce qui ne peut avoir lieu que lors d'une nouvelle Lune. Le Soleil, la Lune et la Terre sont alors alignés dans cet ordre et le Soleil est occulté pour un Terrien se trouvant dans la zone concernée.



Eclipse de Soleil.

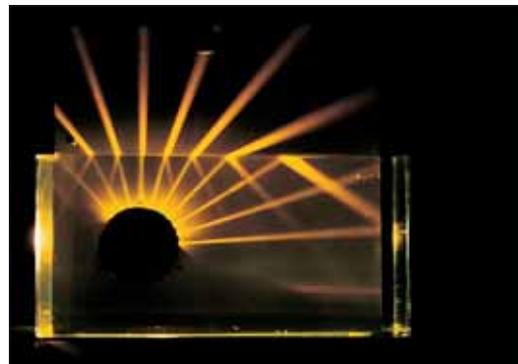
**Remarque:** comme l'orbite de la Lune et celle de la Terre ne sont pas exactement dans le même plan, il n'y a pas éclipse de Lune à chaque pleine Lune, ni éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune.

# OPT 5. La réfraction de la lumière

Chacun, à l'occasion d'une promenade, a pu observer les rames d'un bateau semblant «se briser» en pénétrant dans l'eau, voir les étoiles scintiller ou être surpris en sautant dans une piscine de constater qu'elle est plus profonde qu'il n'y paraissait depuis le bord. Ces observations sont à mettre sur le compte de la réfraction de la lumière.

Expérience

Observons un rayon lumineux se propageant d'abord dans l'eau puis dans l'air. Un rayon non perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux transparents y subit un brusque changement de direction; c'est le phénomène de la **réfraction** de la lumière.



## 1 Définitions

Il est utile de donner les définitions suivantes:

**surface de séparation  $\Sigma$**

(sigma) :

frontière entre les deux milieux transparents

**point d'incidence  $I$**  :

point de  $\Sigma$  où arrive le rayon lumineux

**normale  $n$  à  $\Sigma$**  :

perpendiculaire à  $\Sigma$  passant par  $I$

**rayon incident** :

rayon lumineux  $SI$  qui traverse le premier milieu transparent

**angle d'incidence  $\alpha_1$**  :

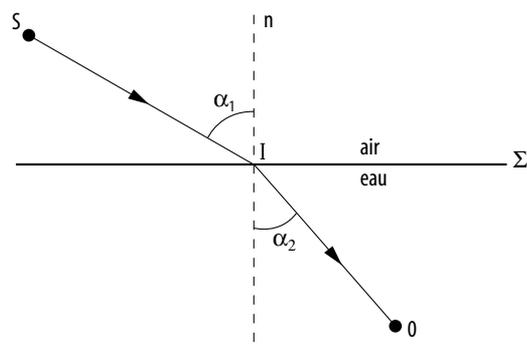
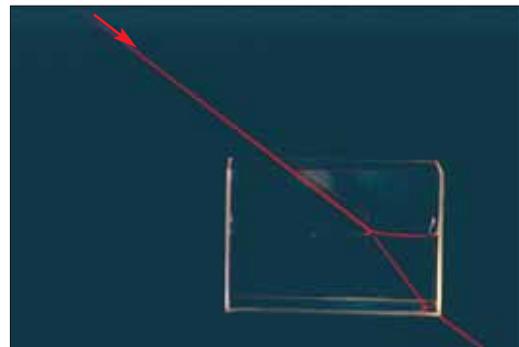
angle déterminé par le rayon incident et la normale  $n$  à  $\Sigma$

**rayon réfracté** :

rayon lumineux  $IO$  qui traverse le second milieu transparent

**angle de réfraction  $\alpha_2$**  :

angle déterminé par le rayon réfracté et la normale  $n$  à  $\Sigma$

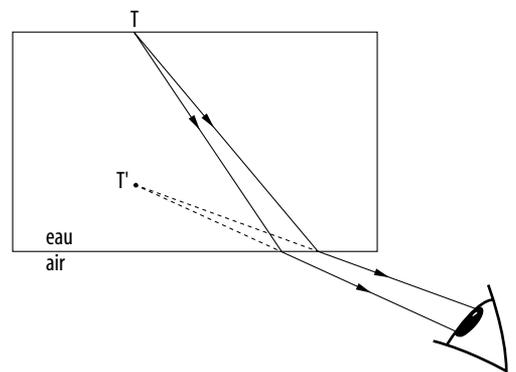


## 2 Illusion

Expérience

Un trait vertical  $T$  est dessiné sur la face arrière d'une cuve partiellement remplie d'eau. Un observateur situé devant la cuve voit le trait « se casser » au niveau de l'eau. Quelle est l'origine de cette illusion ?

- Les rayons lumineux issus de la partie immergée du trait atteignent l'œil de l'observateur après avoir subi une réfraction sur la face avant de la cuve, lorsque la lumière passe de l'eau dans l'air (on néglige l'effet des minces parois de verre).
- Pour l'observateur, tout se passe comme si la lumière provenait de  $T'$  où, en réalité, le trait ne se trouve pas.



*Schéma vu de dessus.*

## 3 Réfraction et réflexion

Lors d'une réfraction de la lumière, on constate **toujours** la présence d'un rayon réfléchi ; la surface de séparation des deux milieux se comporte donc aussi comme un miroir. Il est d'ailleurs courant de constater ce phénomène sur la surface d'un plan d'eau tranquille.



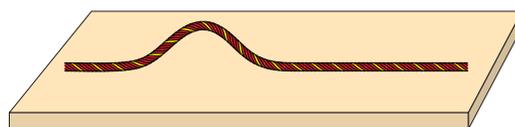
# OND 1. Les ondes mécaniques

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.

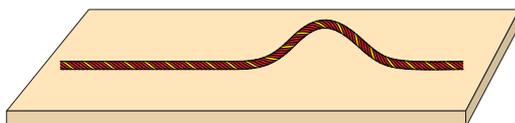
Ce premier chapitre traite des ondes qui, pour se propager, nécessitent un support matériel (solide, liquide ou gaz).

## 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.

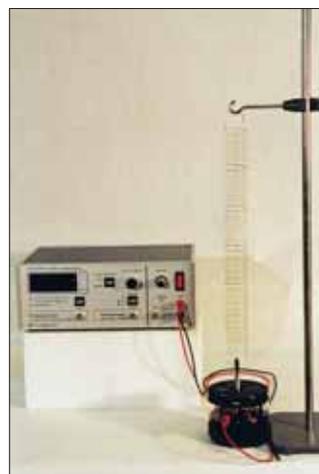
Dans un boulier de Newton, plusieurs billes d'acier suspendues à des fils sont alignées horizontalement. On soulève la première bille et on la laisse frapper la suivante. On constate que la dernière bille est éjectée alors que les autres restent immobiles. L'énergie fournie à la première bille au début 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.

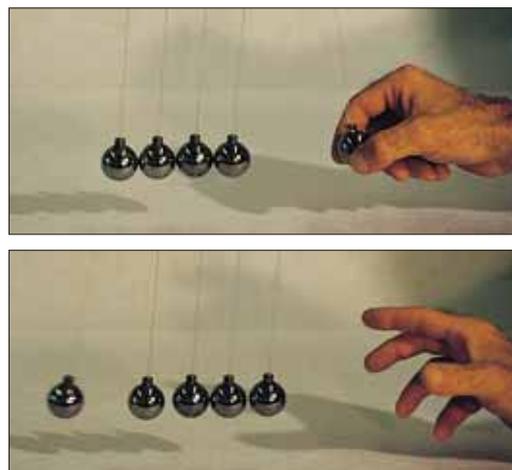
Dans cet exemple, la direction du mouvement global de l'onde (horizontale) et la direction du mouvement local d'un barreau (verticale) sont perpendiculaires. On dit alors qu'il s'agit d'une onde **transversale**.

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

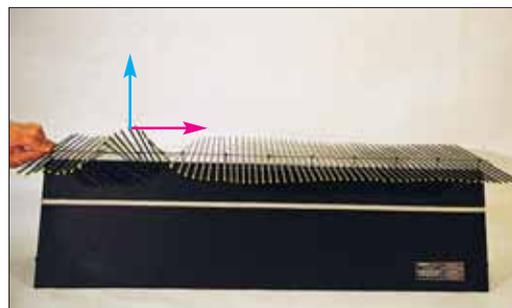
- Le mouvement global de l'onde se déroule horizontalement le long du ressort.
- Au passage de l'onde, les spires du ressort se resserrent puis reprennent leur disposition initiale. Leur mouvement local se déroule aussi dans une direction horizontale.

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**.

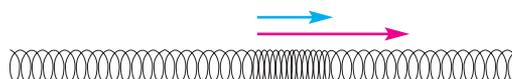
Les ondes électromagnétiques sont toujours des ondes transversales. Les ondes mécaniques sont parfois longitudinales (ondes sonores dans l'air), parfois transversales (vagues à la surface de l'eau).



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.

## 6 Polarisation

Il est naturel de penser que deux vitres transparentes superposées forment un ensemble qui reste transparent.

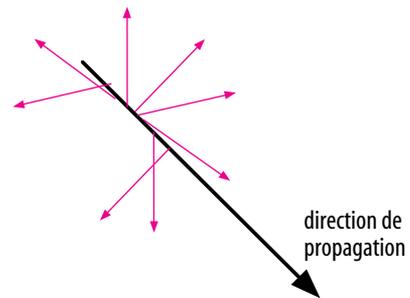
En répétant l'expérience avec des verres de lunettes polaroïd que l'on fait pivoter l'un sur l'autre, il est surprenant de constater que pour une certaine orientation relative des verres, l'ensemble est parfaitement opaque. L'explication réside dans une propriété des ondes que l'on appelle **polarisation**.

Dans une onde électromagnétique, le champ électrique peut être orienté dans n'importe quelle direction perpendiculaire à la direction de propagation. On dit dans ce cas que l'onde n'est pas polarisée.

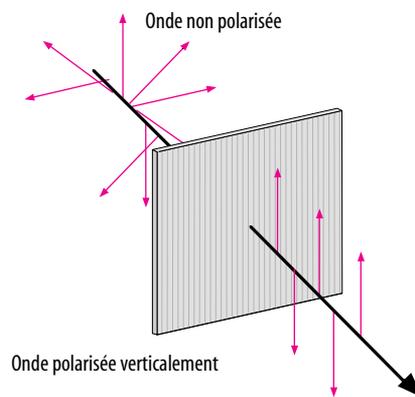
Après le passage d'une onde non polarisée à travers un verre polaroïd, seules subsistent les composantes du champ électrique dans une direction donnée. Un verre polaroïd agit comme un filtre qui ne laisse passer que les composantes du champ électrique orientées dans cette direction privilégiée. On dit alors que l'onde est polarisée dans cette direction.

Si l'on place deux verres polaroïd successifs sur le trajet de l'onde, deux situations limites se présentent.

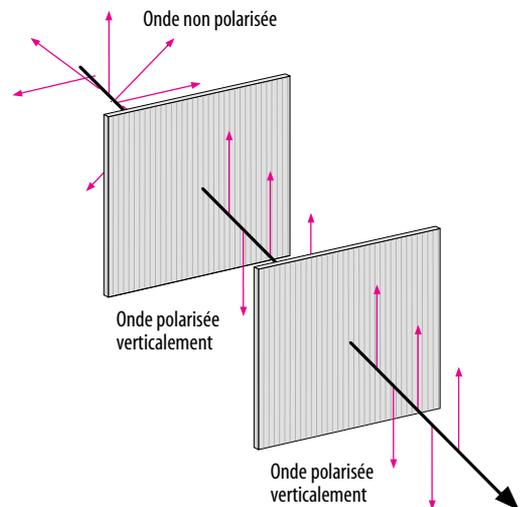
- Si les deux verres ont la même direction de polarisation, l'onde transmise par le premier verre sera polarisée mais ne sera pas modifiée par le deuxième verre qu'elle pourra traverser; l'ensemble est *transparent*.



Onde non polarisée.  
Les vecteurs représentent le champ électrique.

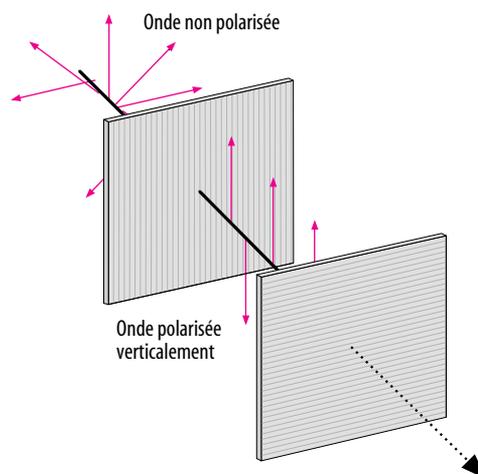


Onde polarisée transmise par un filtre polarisant.  
Les vecteurs représentent le champ électrique.



Onde transmise par deux filtres polarisants de même direction.

- Si les deux verres ont des directions de polarisation perpendiculaires, l'onde transmise par le premier verre sera polarisée dans une direction mais ne pourra pas traverser le second verre; l'ensemble est *opaque*.



Onde arrêtée par deux filtres polarisants de directions perpendiculaires.

## 7 Les lasers

Les lasers (le mot laser est formé des initiales des mots anglais *light amplification by stimulated emission of radiations*, signifiant: amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement) sont des sources de rayonnement, mettant en œuvre une technique d'émission stimulée de lumière, par opposition à celle des sources usuelles de lumière, qui est spontanée. L'intérêt des lasers tient à leur grande cohérence due à leurs éléments qui engendrent des vibrations synchrones.

Les faisceaux laser peuvent transmettre à grande distance leur énergie qui se disperse peu. Cette énergie peut au besoin être localisée en un très petit volume et y apporter, pendant un temps très court, une puissance très supérieure à celle qui est obtenue par d'autres moyens.

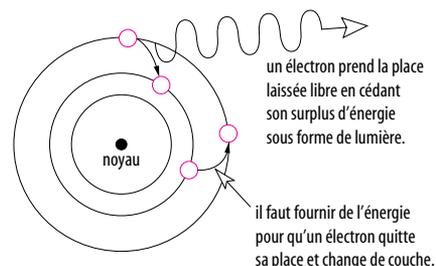
On s'est appliqué à diversifier les fréquences émises par les lasers et à augmenter les énergies disponibles et leur concentration dans l'espace et dans le temps.



Lidar, faisceau laser pour l'étude des phénomènes atmosphériques.

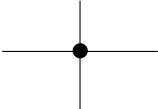
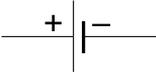
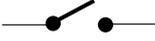
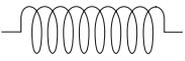
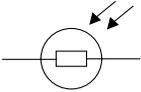
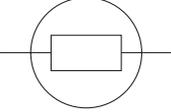
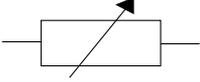
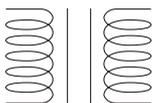
### Principe de l'émission de lumière

Les phénomènes lumineux sont liés à des changements de couche des électrons. Lorsqu'un atome reçoit de l'énergie (lumineuse, thermique, ...), ses électrons absorbent cette énergie et changent de couche; lors de leur retour spontané vers une couche de plus faible énergie, le surplus d'énergie est évacué par l'émission d'un « grain de lumière » appelé photon.



# ÉLECTRICITÉ

## Symboles pour les schémas électriques

Croisement de conducteurs sans connexion		Voltmètre	
Croisement de conducteurs avec connexion		Ampoule	
Mise à la masse		Générateur (de tension)	
Mise à terre		Pile	
Interrupteur ouvert		Condensateur	
Interrupteur fermé		Condensateur variable	
Résistance		Bobine	
Photorésistance		Moteur	
Résistance variable		Diode	
Fusible		Transformateur	
Ampèremètre			

# ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

