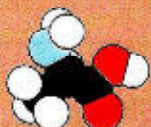


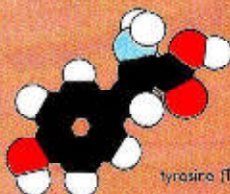
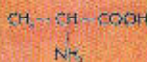
PHYSIQUE

DES ACIDES AMINÉS AUX PROTÉINES

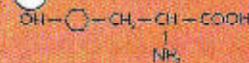
La plus sophistiquée de toutes les molécules est sans doute l'A.D.N., perle du code génétique des êtres vivants. Du point de vue chimique, il s'agit d'un assemblage de protéines, elles-mêmes issues de la combinaison d'un nombre restreint d'acides aminés. Ces composés contiennent à la fois une fonction amine et une fonction acide carboxylique.



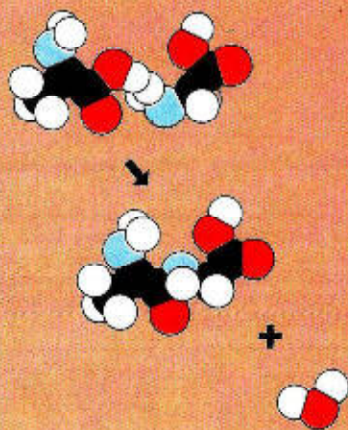
alanine (Ala)



tyrosine (Tyr)



La combinaison de l'alanine et de la glycine (Gly) donne une protéine par élimination d'eau :



Certaines protéines sont constituées de plusieurs dizaines de milliers d'acides aminés.

ONDES

Quelles se propagent dans la matière ou dans le vide, les ondes sont toujours créées par une perturbation. Les vagues sont dues à l'action conjuguée du vent et des variations de la pression atmosphérique ; le son est dû à la vibration des lames d'un diapason ou à celle des cordes vocales ; les ondes radio, qui se propagent dans le vide, sont engendrées par l'oscillation des électrons dans un fil d'antenne.

Une onde est caractérisée par sa vitesse de propagation v , sa longueur d'onde λ :



ou sa fréquence f :



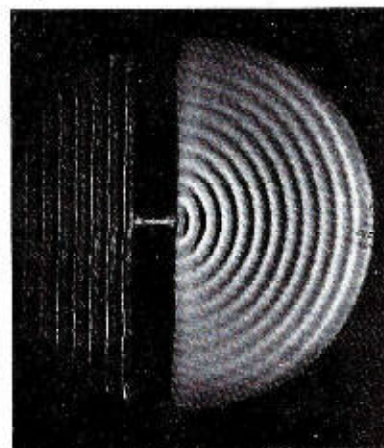
$$f = 1/T \text{ (T est la période).}$$

Ces trois grandeurs sont liées par la relation :

$$\lambda = v/f$$

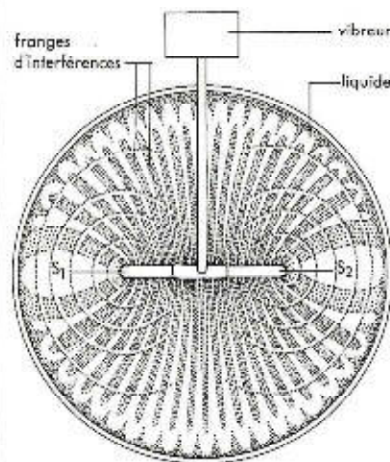
Les ondes possèdent quatre propriétés essentielles :

- réflexion et réfraction (V. ci-dessous « optique ») ;
- diffraction : déformation d'une onde lors de son passage à travers un orifice dont la dimension est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde ;



A Diffraction : une onde plane diffractée par un orifice se transforme en onde circulaire.

- interférence : dans le cas d'ondes à la surface d'un liquide, représenté ici, deux points vibrants créent une série de zones où le liquide est immobile.



phénomène d'interférence

B-La rencontre des ondes circulaires engendrées par deux points S_1 et S_2 oscillés par le même vibreur se traduit par une figure d'interférence constituée par une famille d'hyperboles dont S_1 et S_2 sont les foyers.

OPTIQUE

La lumière visible n'est qu'une infime partie des ondes électromagnétiques qui se propagent toutes, dans le vide, à la vitesse $c = 2,997\,924\,5 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

N'importe quel atome convenablement « excité » peut créer de la lumière. L'excitation, ou absorption d'énergie, se traduit pour l'atome par la transition d'un ou de plusieurs de ses électrons d'un niveau d'énergie à un autre. La désexcitation qui s'ensuit plus ou moins rapidement, c'est-à-dire le retour de l'électron à son niveau d'énergie initial, se traduit par la restitution de l'énergie absorbée sous forme d'onde électromagnétique. La fréquence de l'onde émise est liée à l'énergie restituée par : $E = hf$ où E est l'énergie (en joules), h la « constante de Planck » et f la fréquence (en hertz [Hz]).

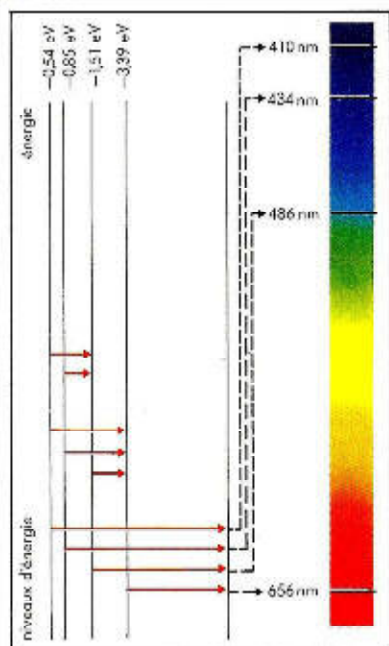
L'exemple le plus simple, celui de l'atome d'hydrogène, montre la correspondance entre les niveaux d'énergie de l'atome et les fréquences (ou longueurs d'onde) émises (voir tableau ci-dessous).

L'étude de ces longueurs d'onde est le domaine de la spectroscopie. L'arc-en-ciel est un exemple de « spectroscopie naturelle » : les gouttes d'eau en suspension dans l'atmosphère dispersent la lumière solaire en une infinité de longueurs d'onde allant du violet ($0,35 \mu\text{m}$) au rouge ($0,7 \mu\text{m}$). Au laboratoire, la spectroscopie se fait à l'aide de prismes ou de réseaux jouant le même rôle.

C-Tableau des ondes électromagnétiques.

| DOMAINE HERTZIEN | | | IR | | lumière visible | UV | RAYONS X | | | RAYONS GAMMA | | | |
|----------------------|-----------|-------------|----------|--------|-----------------|--------|----------|--------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| RADIOFRÉQUENCES | | MICRO-ONDES | lointain | proche | | | | | | | | | |
| 10^6 | 10^{11} | 10^{14} | 10^4 | 10^5 | 10^6 | 10^8 | 10^8 | 10^9 | 10^{10} | 10^{11} | 10^{12} | 10^{13} | 10^{14} |
| longueur d'onde (nm) | | | | | | | | | | | | | |
| fréquence en Hz | | | | | | | | | | | | | |

PHYSIQUE



A - Correspondance entre les raies spectrales de l'hydrogène et les transitions entre niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

B - Spectre de l'hélium :



C - Spectre du néon :



D - Spectre du fer :

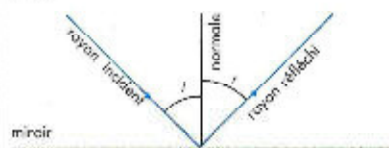


Tous différents, ces spectres sont de véritables cartes de visite des éléments chimiques.

Propriétés de la lumière.

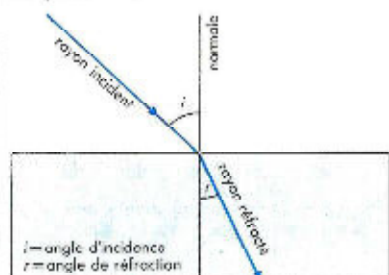
● réflexion (par un miroir)

$$i = r$$



i = angle d'incidence
 r = angle de réflexion

● réfraction (dans un milieu transparent)
 $\sin i / \sin r = n$



i = angle d'incidence
 r = angle de réfraction



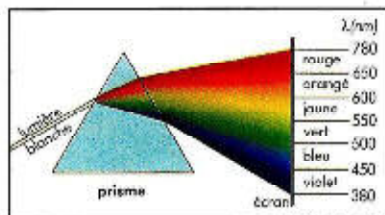
E - La forme des aurores polaires révèle la structure du champ magnétique terrestre.

AUROSÈS POLAIRES

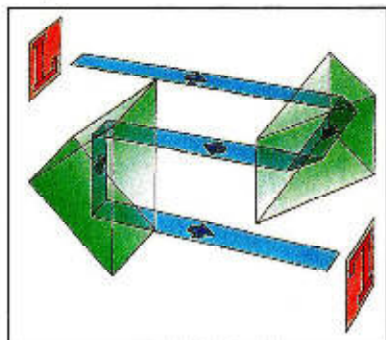
Les aurores polaires sont toujours vertes ou violettes. Ces phénomènes lumineux sont dus à l'excitation des molécules présentes dans la haute atmosphère des régions polaires par le « vent solaire », un flux de particules émis en permanence par le Soleil. Ces molécules étant essentiellement de l'oxygène et de l'azote, leur désexcitation se traduit par l'émission d'une lueur violette (la longueur d'onde la plus intense émise par l'azote) ou verte (émise par l'oxygène).

Instruments d'optique.

● Les prismes servent soit à disperser la lumière, soit à la réfléchir.

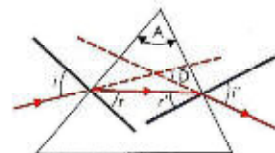


G - Décomposition de la lumière blanche par un prisme (l'indice de réfraction du prisme, ainsi que l'angle de réfraction dépendent de la longueur d'onde de la radiation lumineuse).



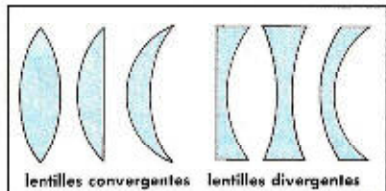
H - Retournement d'une image à l'aide de deux prismes (procédé utilisé en photographie).

L'angle de déviation D donné à un rayon lumineux par un prisme d'angle au sommet A est donné par : $D = i + i' - A$, i et i' étant les angles d'incidence et d'émergence du rayon.



I - Trajet d'un rayon lumineux dans un prisme.

● Les lentilles, convergentes ou divergentes, sont caractérisées par leur distance focale ou par leur « vergence », l'inverse de leur distance focale. La vergence d'une lentille convergente est positive ; celle d'une lentille divergente est négative.



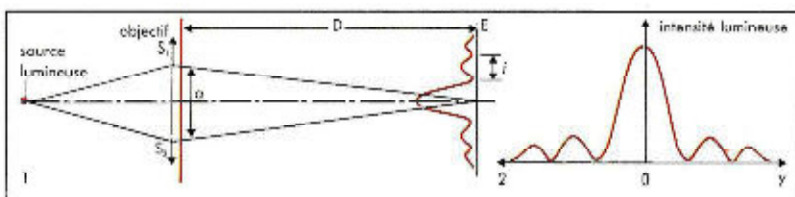
Le nombre n , indice de réfraction, est le rapport de la vitesse de la lumière dans le premier milieu à sa vitesse dans le deuxième milieu.

Quelques indices de réfraction

| | |
|---------------------|------|
| Air | 1,00 |
| Eau | 1,33 |
| Cristallin de l'œil | 1,42 |
| Benzène | 1,50 |
| Méthane | 1,52 |
| Verre | 1,52 |
| Diamant | 2,40 |

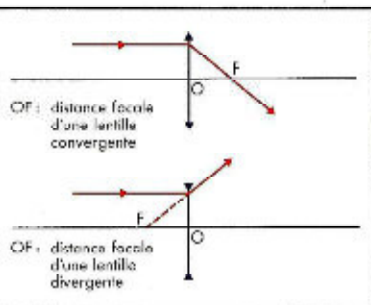
● diffraction ;
● interférences ;
distance i entre deux franges :

$$i = \lambda \frac{D}{a} \quad (\lambda = \text{longueur d'onde de la lumière}).$$



F1. Phénomène d'interférence de deux rayons lumineux (S_1 et S_2 : fentes ; E : écran).

F2. Modulations de l'intensité lumineuse sur l'écran (franges d'interférence).



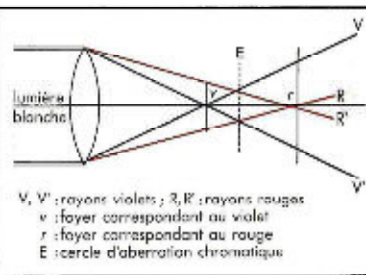
A. Distances focales.

La construction géométrique de l'image A'B' d'un objet AB donnée par une lentille S, de foyers F et F', fait appel à deux notions :
 - un rayon parallèle à l'axe optique est dévié dans la direction d'un foyer ;
 - un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.

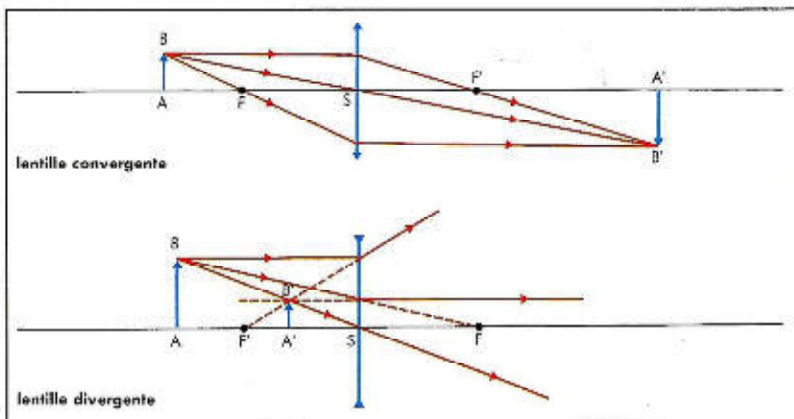
On a toujours : $1/SA' - 1/SA = 1/OF'$. SA est une valeur algébrique, positive, négative ou nulle.

Une lentille convergente donne d'un objet une image réelle ; une lentille divergente une image virtuelle.

Les lentilles provoquent des aberrations géométriques ou chromatiques que l'on corrige en associant plusieurs lentilles.

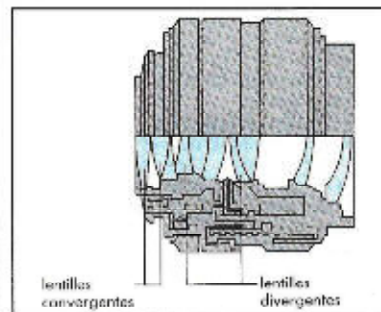


C. Aberration chromatique : sur un écran se déplaçant de v à r , on observe une tache de diffusion blanche avec une irisation variant du rouge au bleu ; le cercle d'aberration chromatique correspond au diamètre minimal de la tache.



B. Construction des images pour une lentille convergente (a) et pour une lentille divergente (b).

D. Dans cet objectif d'appareil photographique, la correction des aberrations est obtenue par l'association de plusieurs lentilles convergentes et divergentes.



ACOUSTIQUE

Vitesse de propagation du son. Créé par des phénomènes vibratoires, le son est caractérisé par une succession de zones de hautes et de basses pressions, d'autant plus rapprochées que la fréquence est élevée. Sa vitesse de propagation dépend du milieu :

| Milieu | Vitesse du son |
|-------------------------|---------------------------|
| Air (à 0°C, sous 1 atm) | 331 m · s ⁻¹ |
| Hydrogène | 1 261 m · s ⁻¹ |
| Eau | 1 482 m · s ⁻¹ |
| Acier | 5 050 m · s ⁻¹ |
| Quartz | 5 370 m · s ⁻¹ |

Fréquences audibles. Les sons audibles pour l'homme ont des fréquences situées entre 20 Hz et 20 000 Hz, mais certains animaux sont capables d'entendre des ultrasons de fréquences plus élevées.

| | fréquences sonores |
|------------------------|--------------------|
| chauve-souris, dauphin | → 100 kHz |
| chien | → 35 kHz |
| chat | → 25 kHz |
| homme | → 20 kHz |
| oiseau | → 10 kHz |

Intensité d'un son. La mesure de l'intensité d'un son se fait par référence à la plus basse intensité perceptible ($I_0 = 10^{-12}$ W · m⁻²) en utilisant une échelle logarithmique : $L_I = 10 \log I/I_0$ est le niveau d'intensité acoustique, exprimé en décibels (dB).

| Niveau (dB) | Son |
|-------------|-------------------|
| 20 | murmur |
| 60 | conversation |
| 90 | Klaxon |
| 120 | réacteur d'avion |
| 150 | bang supersonique |

MÉCANIQUE

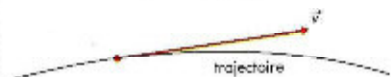
Vitesse. La position d'un objet en mouvement peut être définie par son « abscisse curviligne » s , distance mesurée le long de la trajectoire à partir d'une origine O.

• La vitesse moyenne entre deux instants t_1 et t_2 est :

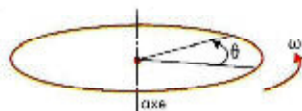
$$v_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

• La vitesse instantanée est la limite de la vitesse moyenne quand $t_2 - t_1$ tend vers zéro. On la définit sous la forme d'un vecteur dont la direction est tangente à la trajectoire, dont le sens est celui du mouvement et dont le module est :

$$v = ds/dt$$



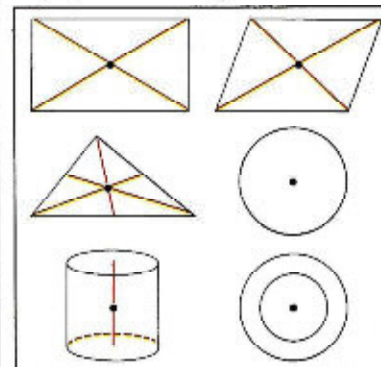
• Dans le cas d'un mouvement de rotation autour d'un axe, l'abscisse curviligne s est liée au rayon de la trajectoire R et à l'angle de rotation θ (en radians) par : $s = R\theta$. On a donc : $v = R d\theta/dt = R\omega$, où ω est la vitesse angulaire (en radians par seconde) du mouvement.



• Élaboré par Galilée, puis par Newton, le principe de l'inertie stipule que quel que soit le mouvement d'un solide isolé (non soumis

à des forces extérieures ou soumis à des actions qui se compensent), il existe un point et un seul lié au solide dont le vecteur vitesse est constant. Ce point est le centre d'inertie du solide. Cela signifie en particulier que, en l'absence de pesanteur et de toute force extérieure, un objet lancé avec une vitesse v doit indéfiniment conserver cette vitesse...

• Centres d'inertie de quelques solides homogènes.



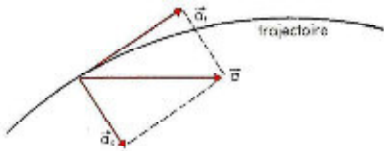
Le centre d'inertie d'un système de n solides de masses m_1, m_2, \dots, m_n et de centres d'inertie G_1, G_2, \dots, G_n se calcule par la formule :
 $(m_1 + m_2 + \dots + m_n) \vec{OG}$
 $= m_1 \vec{OG}_1 + m_2 \vec{OG}_2 + \dots + m_n \vec{OG}_n$,
 O étant un point quelconque.

Accélération. Le vecteur accélération est la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps :

$$\vec{a} = d\vec{v}/dt$$

PHYSIQUE

\vec{a} est nul dans le cas d'un mouvement s'effectuant à vitesse constante. Lorsque le vecteur vitesse varie, \vec{a} est toujours dirigé vers l'intérieur de la concavité de la trajectoire. On peut le définir comme la somme vectorielle de deux composantes orthogonales, l'une tangentielle, l'autre normale ϵ , de modules respectifs : dv/dt et v^2/ρ , ρ étant le rayon de courbure de la trajectoire.



Quantité de mouvement. C'est le vecteur : $\vec{p} = m\vec{v}$; son module s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Le principe de l'inertie implique celui de la conservation de la quantité de mouvement, qui a d'importantes applications en mécanique.

Exemples :

- Explosion d'un objet immobile en plusieurs fragments.

Avant l'explosion, la quantité de mouvement de l'objet est nulle. Il doit en être de même après l'explosion. Les fragments de masses m_1, m_2, \dots, m_n et de vitesses $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ doivent donc s'éloigner de façon que :

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = \vec{0}$$

Cela montre en particulier que tous les fragments ne peuvent s'éloigner dans la même direction.

- Propulsion d'une fusée.

Avant son départ, la quantité de mouvement d'une fusée de masse M est nulle. Il en est de même lorsqu'elle avance à une vitesse \vec{V} , en éjectant vers l'arrière une masse de gaz brûlés m à une vitesse \vec{v} :

$$M\vec{V} + m\vec{v} = \vec{0}$$

soit $\vec{V} = -m/M \cdot \vec{v}$, ce qui montre que la fusée avance dans la direction opposée à celle des gaz éjectés.

Si la quantité de mouvement d'un système ne se conserve pas, c'est que le système est soumis à une force, définie comme la dérivée du vecteur quantité de mouvement par rapport au temps : $\vec{f} = d\vec{p}/dt$; son module s'exprime en newton (N). Puisque $\vec{p} = m\vec{v}$, $d\vec{p}/dt = m \cdot d\vec{v}/dt$.

On a donc : $\vec{f} = m\vec{a}$.

Exemple : dans le champ de pesanteur terrestre dont l'accélération est \vec{g} (v. constantes physiques, p. 1187), une masse m est soumise à une force \vec{P} (son poids) telle que :

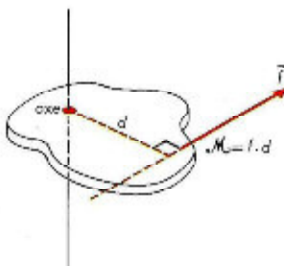
$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Forces.

• Équilibre d'un système soumis à n forces :

$$\vec{f}_1 + \vec{f}_2 + \dots + \vec{f}_n = \vec{0}$$

• Moment d'une force appliquée à un système mobile autour d'un axe :



$\mathcal{M} = f \cdot d$, où f est le module de la force \vec{f} et d la distance du support de la force à l'axe. \mathcal{M} s'exprime en N · m (newton-mètre).

• Condition d'équilibre d'un système mobile autour d'un axe et soumis à n forces :

$$\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2 + \dots + \mathcal{M}_n = 0$$

• Condition générale d'équilibre d'un système quelconque :

$$\Sigma \vec{f} = \vec{0} ; \Sigma \mathcal{M} = 0$$

• Travail et puissance d'une force :

Le travail W d'une force \vec{f} déplaçant son point d'application d'un point A à un point B est : $W = \vec{f} \cdot \overline{AB}$, ou, en considérant un très petit déplacement dx : $dW = \vec{f} \cdot dx$. W s'exprime en joules (J).

La puissance d'une force est définie par : $P = dW/dt$, ou $P = W/t$, t étant l'intervalle de temps pendant lequel la force est appliquée.

- force parallèle au déplacement :

$$W = f \cdot x \quad P = f \cdot v$$

- force utilisée pour allonger un ressort d'une longueur x : $f = k \cdot x$ (k est la constante de raideur du ressort) :

$$W = 1/2 kx^2$$

- moment des forces utilisées pour tordre un fil (de constante de torsion C) d'un angle θ :

$$\mathcal{M} = C\theta \quad W = 1/2 C\theta^2 \quad P = \mathcal{M}\omega$$

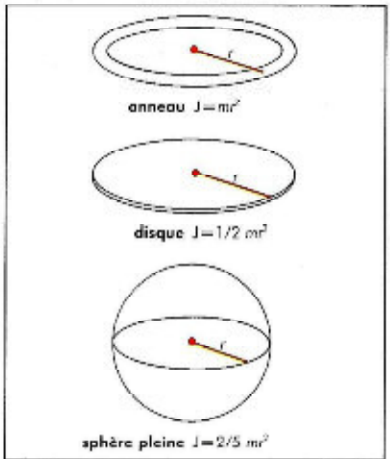
Énergie.

• Un solide animé d'un mouvement de translation à la vitesse v possède une énergie cinétique $E_c = 1/2 mv^2$, qui s'exprime en joule (J). Un solide animé d'un mouvement de rotation de vitesse angulaire ω autour d'un axe fixe a pour énergie cinétique :

$$E_c = 1/2 J\omega^2$$

J est le moment d'inertie du solide.

A Moments d'inertie de quelques solides homogènes.



• Le théorème de l'énergie cinétique relie la variation de l'énergie cinétique d'un objet au travail des forces extérieures qui lui sont appliquées. $E_c - E_c = W$.

Il permet, par exemple, de déterminer une force connaissant la variation de vitesse qu'elle engendre. Si une voiture roulant à $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ s'arrête sur une distance de 10 m , la force de freinage f (supposée constante) est telle que : $1/2 m \cdot 20^2 - 0 = 10 \cdot f$, soit, si la masse de la voiture est 600 kg :

$$f = 12\,000 \text{ N}$$

• Même s'il est immobile, un solide peut posséder une énergie, l'énergie potentielle. C'est le cas de l'eau contenue dans un barrage ou encore celui d'un ressort tendu.

Quelques énergies potentielles :

- solide de masse m à une hauteur h :

$$E_p = mgh$$

- ressort (de constante k) allongé d'une

$$\text{longueur } x : E_p = \frac{1}{2} kx^2$$

- fil (de constante C) tordu d'un angle θ :

$$E_p = \frac{1}{2} C\theta^2$$

- deux objets de masses m_1 et m_2 à une

distance r l'un de l'autre : $E_p = -Gm_1m_2/r$, où G est la constante de gravitation (v. constantes physiques, p. 1187) qui intervient dans la loi de la gravitation universelle donnant la force d'attraction qui s'exerce entre deux objets : $f = Gm_1m_2/r^2$.

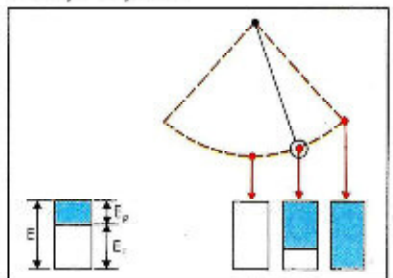
Cette formule, trouvée par Newton, permet par exemple de calculer la masse M de la Terre. La force d'attraction exercée par la Terre sur un objet de masse m situé à sa surface étant égale à son poids :

$$GMm/r^2 = mg$$

si r est le rayon terrestre (environ $6\,400 \text{ km}$). On a donc : $M = g/G \cdot r^2$, soit environ $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

• L'énergie mécanique $E = E_c + E_p$ est constante dans le cas d'un système isolé. Dans ce cas, il ne peut y avoir que conversion d'énergie cinétique en énergie potentielle et inversement.

Exemple du pendule.



CHALEUR

LORSQUE l'énergie mécanique d'un système n'est pas conservée, la perte d'énergie est due à l'apparition de chaleur sous l'effet des forces de frottement. L'énergie mécanique, qui est une énergie « ordonnée » au niveau des atomes du système, se transforme en énergie désordonnée d'agitation de ces atomes.

• La quantité de chaleur (en joules) nécessaire pour élever la température d'un corps de masse m de $\Delta\theta$ est : $Q = mc\Delta\theta$, où c est la chaleur massique, qui varie avec le corps considéré.

Chaleurs massiques (en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

| | |
|-----------|-------|
| Eau | 4,18 |
| Éther | 2,26 |
| Cuivre | 0,38 |
| Aluminium | 0,89 |
| Air | 1,00 |
| Hydrogène | 14,17 |

(Ces deux derniers gaz sont supposés à pression constante.)

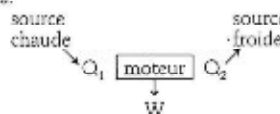
Plus la chaleur massique d'une substance est grande, plus il est difficile d'élever sa température.

• La thermodynamique, ou étude des échanges de chaleur, repose sur la constatation, initialement faite par Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) dans *Reflexions sur*

la puissance motrice du feu, d'une dissymétrie fondamentale de la nature : s'il est possible de transformer intégralement du travail en chaleur, la transformation inverse ne peut être que partielle. En d'autres termes, l'énergie marque une nette tendance à la dispersion.

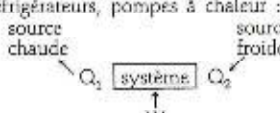
Les principes de la thermodynamique peuvent être résumés de la façon suivante : la chaleur peut être convertie en travail (premier principe)... mais jamais intégralement, sinon au zéro absolu (deuxième principe)... et le zéro absolu est inaccessible !

– Moteurs thermiques. Un moteur thermique ne peut fonctionner (c'est une conséquence du deuxième principe) qu'entre deux sources de chaleur à des températures différentes.



Dans ce schéma, les échanges de chaleur sont représentés par des flèches : le moteur absorbe la quantité de chaleur Q_1 , rejette Q_2 et fournit le travail W . Son rendement est $\eta = W/Q_1$.

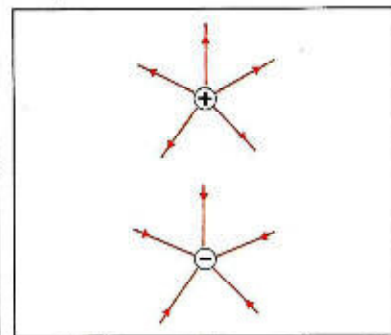
– Réfrigérateurs, pompes à chaleur :



Le système schématisé ici est soit un réfrigérateur (si on s'intéresse à la quantité de chaleur enlevée à la source froide), soit une pompe à chaleur (si on s'intéresse à la quantité de chaleur Q_2 fournie à la source chaude).

ÉLECTRICITÉ

Électrostatique. L'électrostatique est l'étude des charges électriques au repos. Tout atome étant électriquement neutre (il possède autant d'électrons, chargés négativement, que de protons, chargés positivement) l'apparition d'une charge globale résulte d'un excès ou d'un déficit d'électrons. Au voisinage d'une charge, le champ électrostatique peut être caractérisé par son « spectre », c'est-à-dire ses lignes d'action.



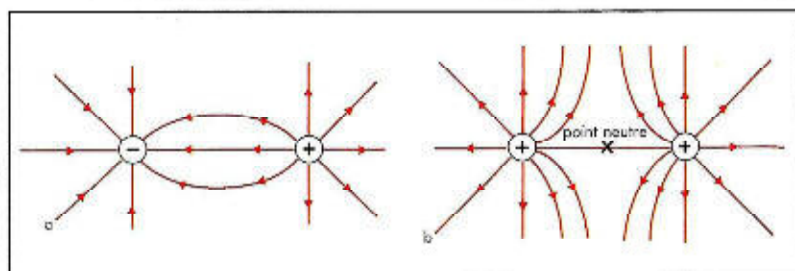
A. Lignes de champ électrostatique autour de deux charges ponctuelles.

A la distance r d'une charge q , le champ est $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$, avec :

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

(q est exprimé en coulombs (C) ; r en mètres ; E en $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$).

Dans le cas de deux charges, le champ est plus complexe (v. illustration).



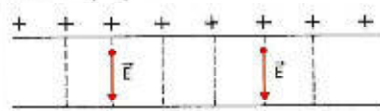
B. Aspect du champ électrostatique créé par deux charges de signes contraires (a), par deux charges de même signe (b). Les flèches indiquent la direction que prendrait une charge positive libre de se déplacer.

Une charge q' placée dans le champ E (créé par une charge q) est en effet soumise à la force : $f = q' E$, soit

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}, \text{ où } r \text{ est la distance entre les charges.}$$

- deux charges de même signe se repoussent.
- deux charges de signes contraires s'attirent.

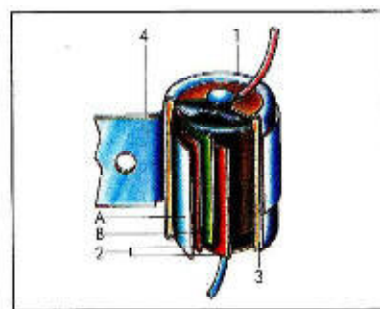
• **Condensateur :** entre deux plateaux conducteurs parallèles, le champ est « uniforme ». La « différence de potentiel entre les plateaux est $U = E \cdot d$, où d est la distance entre les plaques.



Un tel dispositif est un condensateur (symbole $\text{---} \parallel \text{---}$). Si la charge portée par chacune des plaques est Q , sa capacité est : $C = Q/U$.

Les condensateurs usuels sont constitués d'un feuillet de « diélectrique » (isolant) placé entre deux feuillets conducteurs. Si e est l'épaisseur du diélectrique et ϵ , sa « permittivité relative », la capacité est :

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{e}, \text{ où } S \text{ est la surface d'un feuillet conducteur.}$$



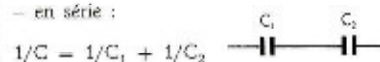
C. Détail d'un condensateur « papier » : A et B, armatures ; 1. Boîtier isolant ; 2. Papier isolant ; 3. Paraffine ; 4. Attache.

Permittivités relatives de quelques diélectriques

| | |
|------------|-----------------|
| Air | 1 |
| Papier | 2,5 |
| Verre | 5,5 |
| Mica | 8 |
| Céramiques | entre 10 et 200 |

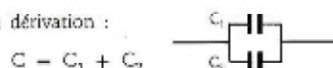
• Associations de condensateurs

– en série :



$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

– en dérivation :



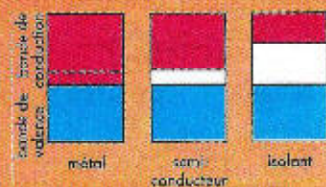
• Énergie emmagasinée par un condensateur :

$$W = 1/2 CU^2$$

Arrangés en cristaux très réguliers, les atomes des métaux sont liés par « liaison métallique ». Ils possèdent des électrons libres de se mouvoir dans le cristal, les électrons de conduction. Leurs niveaux d'énergie se regroupent pour former des bandes pratiquement continues. Les électrons liés au noyau sont dans la bande de valence ; les électrons de conduction dans la bande de conduction.

CONDUCTEURS, ISOLANTS, SEMI-CONDUCTEURS

Dans un conducteur, les deux bandes se chevauchent, et les électrons peuvent passer de l'une à l'autre. Dans un isolant, les bandes sont séparées par une large bande interdite : incapables de « monter » dans la bande de conduction, les électrons de valence ne peuvent être attirés par un courant électrique. Un semi-conducteur (comme le germanium ou le silicium) présente une structure intermédiaire. Les bandes sont plus rapprochées que dans un isolant et les électrons peuvent passer de l'une à l'autre.



Électrocinétique (courant continu).

Intensité et tension. Le courant électrique est dû à une circulation d'électrons. Son intensité mesure la charge électrique qui traverse une section du conducteur par unité de temps :

$$i = Q/t$$

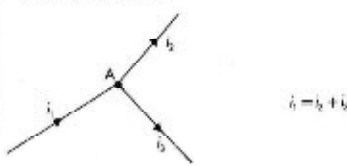
i s'exprime en ampères (A).

La tension entre deux points d'un circuit électrique est la différence de potentiel entre ces deux points. On la note u ; elle s'exprime en volts (V).

PHYSIQUE

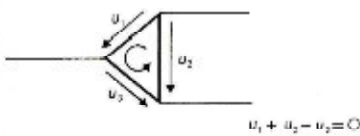
Deux lois permettent de calculer i et u en tout point d'un circuit :

- loi des nœuds :



La somme des courants qui arrivent au point A est égale à la somme des courants qui en repartent.

- loi des mailles :

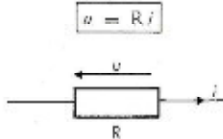


Un sens de parcours étant choisi, les tensions sont comptées positivement ou négativement selon qu'elles ont même sens ou non.

- Puissance électrique : $P = u \cdot i$ (P s'exprime en watt [W]).

Résistance (symbole \square).

- Loi d'Ohm : si R est la résistance (en ohm : Ω) d'une portion de circuit, on a :

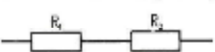


- La résistance d'un fil cylindrique de section s , de longueur l et de résistivité ρ est : $R = \rho \cdot l / s$.

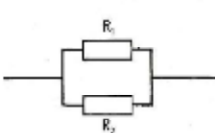
- Variation de la résistance en fonction de la température : $R_\theta = R_0 (1 + \alpha \theta)$
 R_0 est la résistance à 0°C ; R_θ est la résistance à $\theta^\circ\text{C}$; α est le coefficient de température du conducteur.

| matériau | résistivité ($\Omega \cdot m$) | α ($^\circ\text{C}^{-1}$) |
|------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Cuivre | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | $4 \cdot 10^{-3}$ |
| Aluminium | $2,6 \cdot 10^{-8}$ | $4,5 \cdot 10^{-3}$ |
| Fer | $8,5 \cdot 10^{-8}$ | $7 \cdot 10^{-3}$ |
| Feronickel | $80 \cdot 10^{-8}$ | $0,9 \cdot 10^{-3}$ |

- Associations de résistances
- en série : $R = R_1 + R_2$

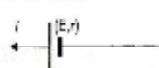


- en dérivation : $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$



- Énergie dissipée dans une résistance : $W = R \cdot i^2 \cdot t$

Électromoteur. Il s'agit d'un dispositif (pile, batterie...) capable d'engendrer un courant électrique. On le note :

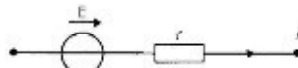


- Loi d'Ohm pour un électromoteur : $u = E - r \cdot i$

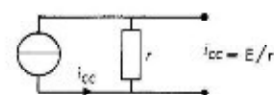


On utilise souvent des « modèles équivalents » :

- modèle de Thévenin :



- modèle de Norton :



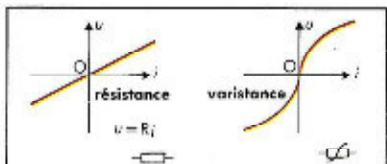
⊙ et ⊕ représentent respectivement des sources de tension et de courant.

- Associations d'électromoteurs identiques (E', r').

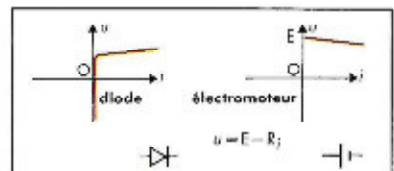
- en série : $E = E'; r = 2r'$

- en dérivation : $E = E'; r = r'/2$

- La caractéristique d'un élément de circuit est la courbe représentant les variations de la tension à ses bornes en fonction de l'intensité qui le traverse.



A. À gauche, représentation sinusoïdale.
 À droite, représentation de Fresnel.



Électrocinétique (courant alternatif sinusoïdal). u et i sont des fonctions sinusoïdales du temps : $u = U \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$
 $i = I \sqrt{2} \sin \omega t$

φ est le déphasage de la tension sur l'intensité. U et I sont leurs valeurs efficaces ; ω est la pulsation, liée à la fréquence f par $\omega = 2\pi f$.

Deux modes de représentation équivalents peuvent être employés : la représentation sinusoïdale et la « représentation de Fresnel » qui associe à u et i des vecteurs tournant à la vitesse angulaire ω . (Voir dessins A en haut de page.)

- Loi d'Ohm : $U = Z \cdot I$.
 Z est l'« impédance », exprimée en Ω .
 On distingue trois puissances électriques en alternatif :
 - puissance apparente $S = UI$,
 - puissance active $P = UI \cos \varphi$,
 - puissance réactive $Q = UI \sin \varphi$.
 L'impédance et le déphasage varient selon le dipôle considéré :

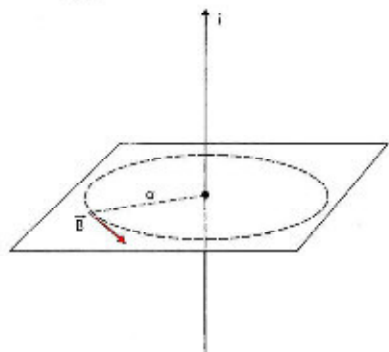
| dipôle | impédance | déphasage | diagramme de Fresnel |
|--|--|--|----------------------|
| Résistance | R | 0 | |
| Inductance | $L\omega$ | $+\pi/2$ | |
| Condensateur | $1/C\omega$ | $-\pi/2$ | |
| Circuit résonnant série $R \ L \ C$ | $\sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$ | $\lg \varphi = \frac{L\omega - 1/C\omega}{R}$ (fréquence de résonance : $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$) | |

MAGNÉTISME

UNE AIGUILLE aimantée placée à proximité d'un conducteur parcouru par un courant dévie d'un « champ magnétique » \vec{B} , qui peut être, comme le champ électrostatique, représenté par ses lignes de champ.

- Conducteur rectiligne

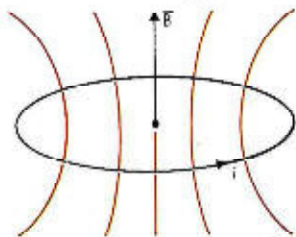
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \text{ avec } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$$



Le sens de \vec{B} est donné par la « règle du tire-bouchon » : un tire-bouchon progressant dans le sens de i tourne dans le sens de \vec{B} .

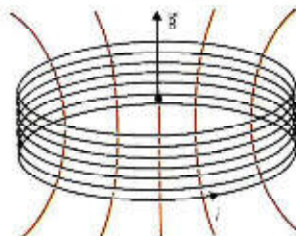
- Spire circulaire (de rayon r)

$$\text{champ au centre : } \vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$



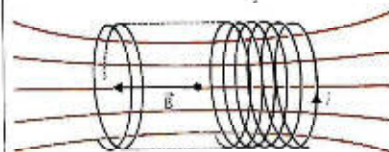
- Bobine plate (rayon r ; n spires)

$$\text{champ au centre : } \vec{B} = \frac{\mu_0 n i}{2\pi r}$$



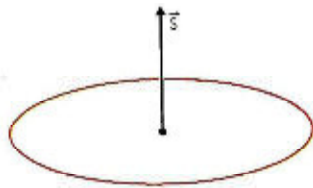
- Solénoïde (n spires; longueur l)

$$\text{champ au centre : } \vec{B} = \frac{\mu_0 n i}{l}$$



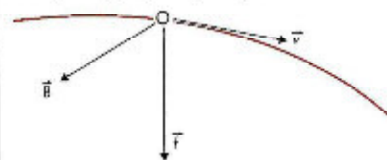
- Flux magnétique à travers une spire (de surface S) : $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$.

Le vecteur-surface \vec{S} est normal à la surface de la spire et a pour module l'aire de la spire.



Règle du flux maximal : un circuit mobile parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique s'oriente de façon que le flux qui le traverse soit maximal.

- Force électromagnétique exercée sur une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique : $\vec{f} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.



L'action d'un champ magnétique peut ainsi dévier un faisceau d'électrons, ce qui se vérifie en approchant un aimant d'une télévision.

Le sens de \vec{f} est donné par la règle « des trois doigts de la main droite » :

pouce/force ; index/intensité ; majeur/champ

- Force exercée sur un conducteur placé dans un champ magnétique : $\vec{f} = i \vec{l} \wedge \vec{B}$, l est la longueur de conducteur soumise au champ magnétique

Cette force est à la base du fonctionnement des moteurs électriques et des appareils de mesure électriques.

- Travail des forces électromagnétiques : $W = i \cdot \Delta\Phi$.

• Induction électromagnétique. Ce phénomène est particulièrement important, en ce qu'il est à la base de toute la production d'électricité.

Un aimant approché d'une spire fermée y engendre un « courant induit ». Plus généralement, toute variation de flux engendre une force électromotrice induite ε telle que :

$$\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$$

La loi de Lenz rend compte du signe - dans cette expression : le courant induit a un sens tel qu'il crée un champ qui s'oppose à la variation de flux qui lui a donné naissance.

- Inductance (symbole L)

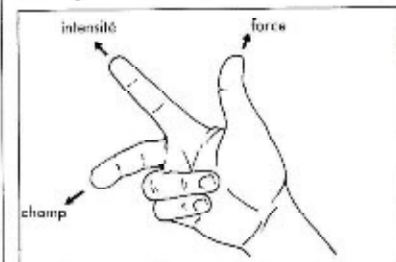
Le flux étant proportionnel au courant i , la constante de proportionnalité est l'inductance L : $\Phi = L \cdot i$.

- La force électromotrice aux bornes d'une inductance est donc : $\varepsilon = -L \cdot di/dt$

- énergie emmagasinée : $W = \frac{1}{2} L i^2$

- inductance d'une bobine (n spires ; section s ; longueur l) : $L = \mu_0 n^2 s/l$.

A. La règle des trois doigts.



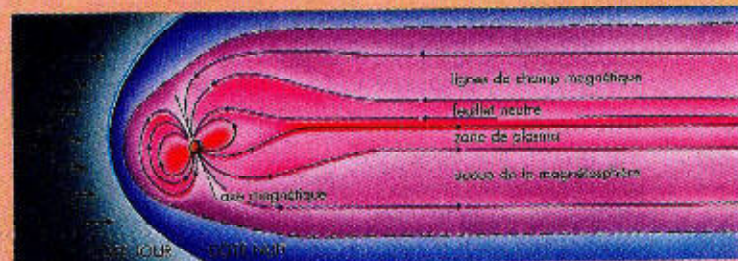
AIMANTS ET CHAMPS MAGNÉTIQUES

Le spectre magnétique d'un barreau aimanté est semblable, toute proportion gardée, à celui de la Terre. Ce dernier, nommé « magnétosphère », s'étend au-delà de l'orbite lunaire. Son aspect dissymétrique est dû à l'action du vent solaire (v. articles pulsars, p. 1192). Le champ magnétique terrestre est probablement engendré par la matière conductrice en mouvement qui se trouve dans le noyau de la planète.

L'origine du champ magnétique des aimants permanents tient à l'orientation respective des atomes, qui se comportent comme des spires parcourues par un courant (en l'occurrence, les électrons).



a. Lignes de force du champ magnétique engendré par un barreau aimanté.



c. Coupe méridienne de la magnétosphère terrestre.