

Les mouvements vibratoires

I. SURFACES D'ONDES

Vue : Vitesse de propagation



L'expérience prouve que dans un milieu homogène le mouvement vibratoire se transmet d'une manière uniforme. A un instant donné, tous les points également distants du centre de vibration reçoivent la même impulsion ; les sphères concentriques à un centre de vibration s'appellent *surfaces d'ondes*.

On appelle vitesse de propagation du mouvement la différence des deux rayons de deux surfaces d'ondes que le mouvement atteint au bout d'une seconde d'intervalle.

II. INFLUENCE DU MILIEU

Vue : Le son dans les solides



La vitesse de propagation varie avec le milieu de propagation. Pour le son elle est d'autant plus grande que le milieu est plus dense. Si on représente par 1 cette vitesse dans l'air, elle est 5 dans les liquides, 20 dans les solides.

L'éther qui baigne tous les corps est évidemment d'autant moins dense que le corps est plus compact ; donc, la vitesse de la lumière doit être plus petite dans l'eau que dans l'air. C'est ce qu'a prouvé la célèbre expérience de Foucault que nous décrirons dans une des leçons sur la lumière.

III. LONGUEUR D'ONDES

Vue : Expérience des bouchons



Une pierre qui tombe dans l'eau abaisse d'abord la molécule d'eau qu'elle rencontre ; celle-ci se relève après par suite de l'élasticité de l'eau; elle est donc animée d'un mouvement vibratoire. En plaçant sur l'eau des bouchons lestés nous observerons que ces bouchons montent et descendent, mais *restent en place*, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau de la surface reproduit le mouvement initial en restant en place.

La distance entre deux crêtes s'appelle *la longueur d'onde du mouvement vibratoire*.

IV. FORMULE FONDAMENTALE

Vue : Calcul du nombre de vibrations



Comptons le nombre N de crêtes qui passent devant un point fixe en une seconde. Si L est la distance des crêtes, il est bien évident que la vitesse de propagation du mouvement est

$$V = N L$$

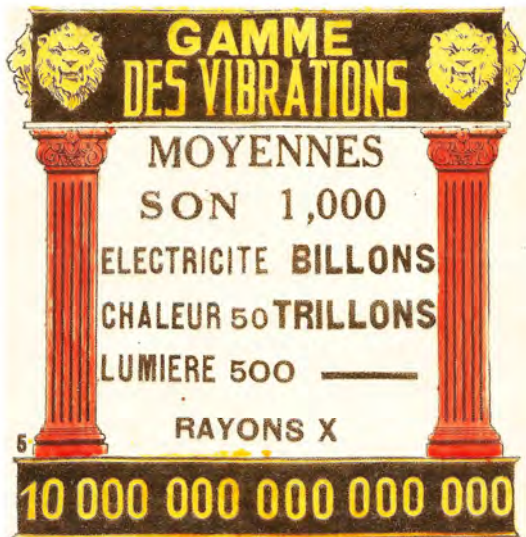
Si on appelle T la durée d'une vibration il y a $1/T = N$ vibrations en une seconde, et la formule peut encore s'écrire

$$L = V T$$

C'est cette célèbre formule qui a permis de déterminer le nombre effrayant de vibrations qui donne la lumière. L'astronome Rømer a, le premier, déterminé V , puis le physicien Fresnel a mesuré la distance de deux crêtes au moyen des phénomènes d'interférences dont nous allons donner tout à l'heure le principe.

V. RÉSULTATS

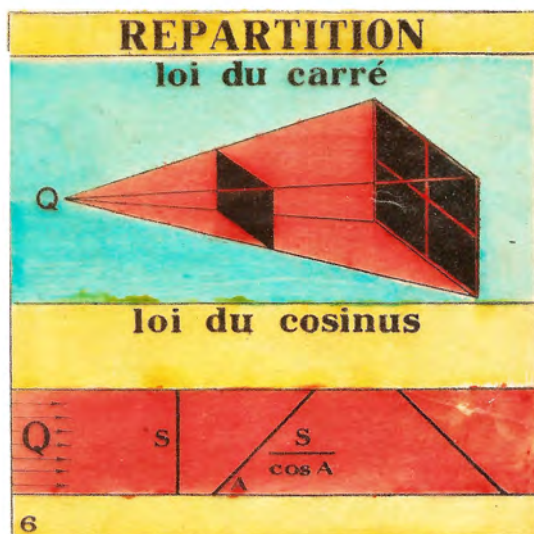
Vue : Tableau



Le tableau vous donne les résultats trouvés pour le nombre des vibrations qui déterminent les formes d'énergie: son, électricité, chaleur et lumière.

VI. RÉPARTITION

Vue : Loi du carré et loi du cosinus



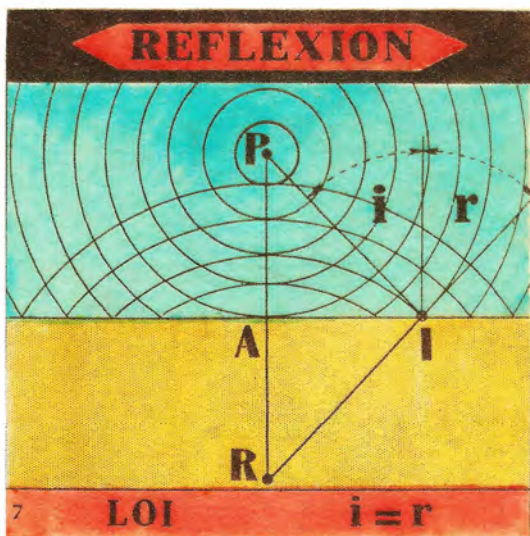
L'énergie des mouvements vibratoires se répartit sur les surfaces d'ondes en raison inverse du carré de la distance. C'est là une conséquence géométrique, le milieu de propagation étant bien entendu parfaitement élastique et la transmission de l'énergie intégrale, c'est-à-dire sans perte.

A la même distance la répartition de l'énergie sur des surfaces égales suit la loi du cosinus.

L'axe de rotation de la terre étant penché sur la ligne qui joint le centre de la planète à celui du soleil, il s'ensuit que des surfaces égales sur la terre reçoivent des quantités inégales d'énergie du soleil, d'où la division de la terre en zone torride, tempérées, polaires, et le phénomène des saisons.

VII. RÉFLEXION

Vue : Graphique du phénomène et lois



Si l'onde d'un mouvement vibratoire rencontre un corps élastique qui ne se laisse pas pénétrer par elle tout en n'absorbant pas son énergie, les ondes achèvent leur mouvement en revenant en arrière ; ce phénomène s'appelle *la réflexion*.

Les nouveaux cercles d'ondes ont évidemment pour centre le point symétrique du centre d'émission par rapport à l'obstacle, et si l'on observe une file de molécules inclinées P I sur l'obstacle, le mouvement de cette file se brise et paraît issu du point R. C'est le rayon réfléchi R I.

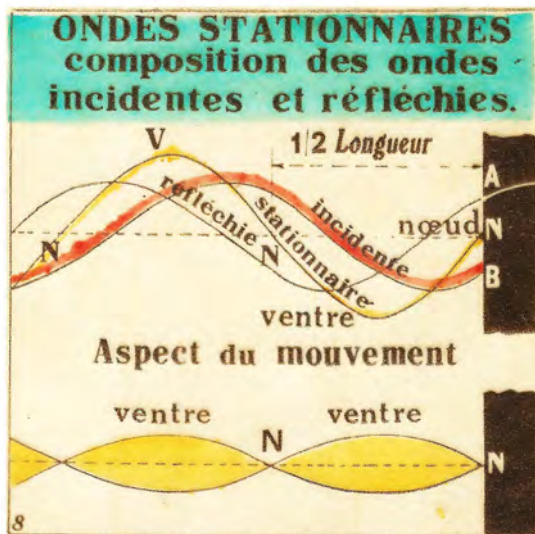
Ce rayon, il n'y a pas de raison pour qu'il soit en dessus, ou en dessous du plan P R I ; donc il est dans ce plan, et comme R, est symétrique de P. Il fait avec la normale au plan d'incidence un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence.

Résumons : 1° Le rayon incident la normale au plan d'incidence et le rayon réfléchi sont dans un même plan.

2° L'angle d'incidence égal l'angle de réflexion.

VIII. ONDES STATIONNAIRES

Vue : Formation des nœuds et des ventres



Voici un phénomène extrêmement curieux, grâce auquel on a pu trouver les longueurs d'onde de l'électricité, et les harmoniques des sons produits par les cordes et les tuyaux sonores.

Supposons un mouvement vibratoire qui se réfléchit perpendiculairement à lui-même. L'onde au retour se compose avec l'onde incidente, et la construction montre :

1° qu'en chaque point il y a une vibration plus ou moins grande, mais toujours la même ;

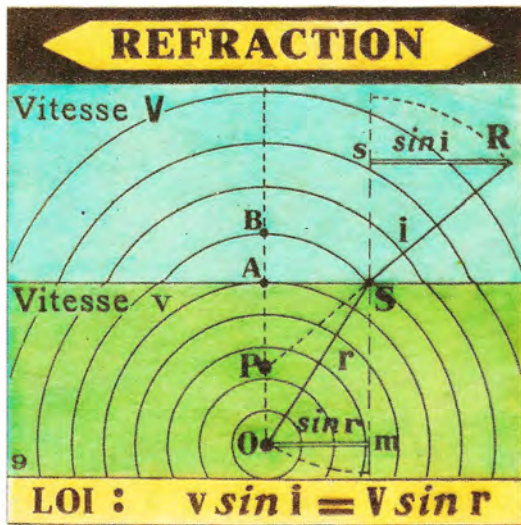
2° qu'en certains points cette vibration est maxima. Ces points s'appellent ventres ;

3° qu'en d'autres points il n'y a pas de vibration du tout. Ces points s'appellent des nœuds ;

4° enfin, que la distance entre deux ventres ou deux nœuds est toujours une demi-longueur d'onde.

IX. RÉFRACTION

Vue : Graphique du phénomène et lois



Nous supposons que l'onde passe d'un milieu où la vitesse de propagation est V dans un milieu où la vitesse de propagation est V .

Les ondes achèvent leur mouvement en se renflant dans le milieu de vitesse V , elles paraissent donc provenir d'un point P plus rapproché du plan de séparation des milieux que O .

Un rayon incident $O I$ émerge suivant la direction $P R$ en restant dans le plan d'incidence (même raisonnement que précédemment).

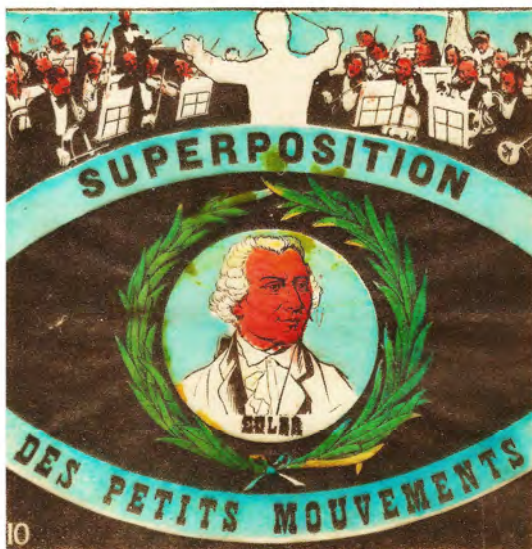
Lorsque la longueur d'onde est très petite par rapport à $O A$, le calcul montre qu'il existe en outre la relation

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V}{v} = \text{constante}$$

Cette dernière loi, trouvée par Descartes, se vérifie facilement expérimentalement en mesurant les sinus pour plusieurs rayons incidents.

X. SUPERPOSITION DES PETITS MOUVEMENTS

Vue : Euler



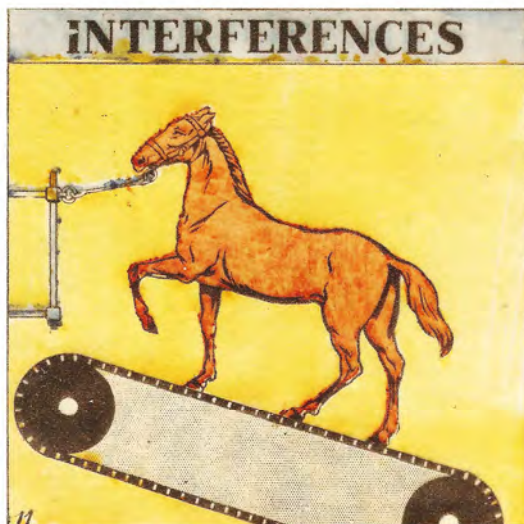
L'espace est rempli de petits mouvements vibratoires de la matière et de l'éther ; il y en a encore certainement que nous ne connaissons pas puisque la découverte des rayons X n'a guère que 20 ans. Ces petits mouvements, comme l'a montré le mathématicien Euler, se superposent quand ils sont de même nature, c'est ainsi que les petits mouvements donnant violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange, rouge, ont comme résultante le mouvement donnant du blanc.

Les combinaisons de sons divers donnent des harmonies ou des cacophonies !

Nos sens ne sont que des récepteurs de vibrations souvent bien imparfaits. Nous ne voyons pas les rayons X , nous ne sentons pas la chaleur des étoiles que mesurent aujourd'hui des instruments précis, et l'on peut dire comme conclusion de cette petite leçon, qu'un des plus nobles buts de la Science est justement celui d'améliorer par des instruments ces sens qui nous permettent de comprendre mieux l'univers, satisfont au besoin de curiosité inné de l'Homme et l'élèvent au-dessus des autres créatures de l'univers.

XI. INTERFÉRENCES

Vue : Un manège



Du mouvement ajouté a du mouvement peut-il produire le repos apparent ? Oui, certainement, si à chaque instant les deux mouvements sont égaux et de sens contraire.

C'est ce phénomène qu'on appelle interférences. On peut le réaliser sur l'eau : on fait tomber un premier système de gouttes d'eau donnant un premier système d'ondes, puis, entre les gouttes de ce système, d'autres gouttes, donnant un autre système d'ondes dont les creux correspondraient aux crêtes du premier système. La nappe d'eau paraîtrait alors immobile.

Des expériences curieuses montrent que de la lumière ajoutée à de la lumière peut donner la nuit, du son ajouté à du son, le silence, et que la chaleur et l'électricité interfèrent également.

XII. RÉSONNANCE

Vue : L'escarpolette



Les mouvements vibratoires donnent encore lieu à d'autres phénomènes bien connus surtout des musiciens. Ce sont les phénomènes de résonance. Le jeu de l'escarpolette en fournit la théorie simple. A chaque chiquenaude, l'amplitude du mouvement augmente. Les salles sonores, les caisses de tambours, de violons, sont des applications des phénomènes de résonance. En électricité, les résonateurs électriques permettent de déceler les ondes stationnaires.

C'est pour éviter la résonance que produirait la marche au pas cadencé sur les ponts, que le règlement prescrit le pas de route lorsque les troupes traversent ces ouvrages d'art.

