

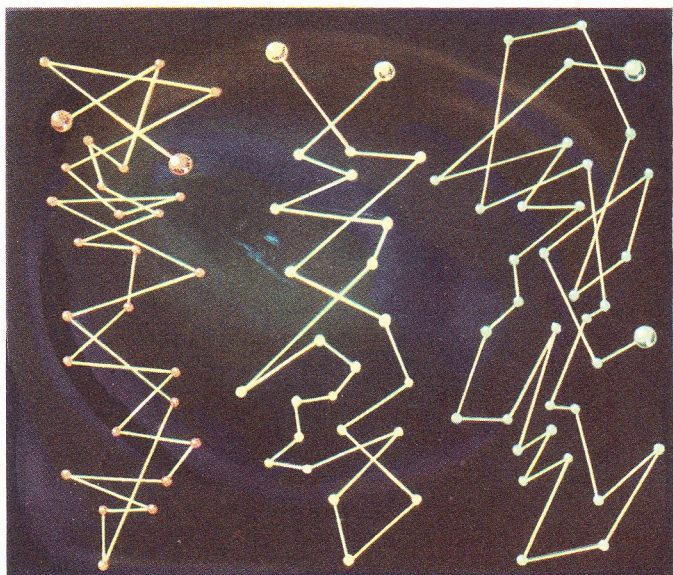
le

MOUVEMENT

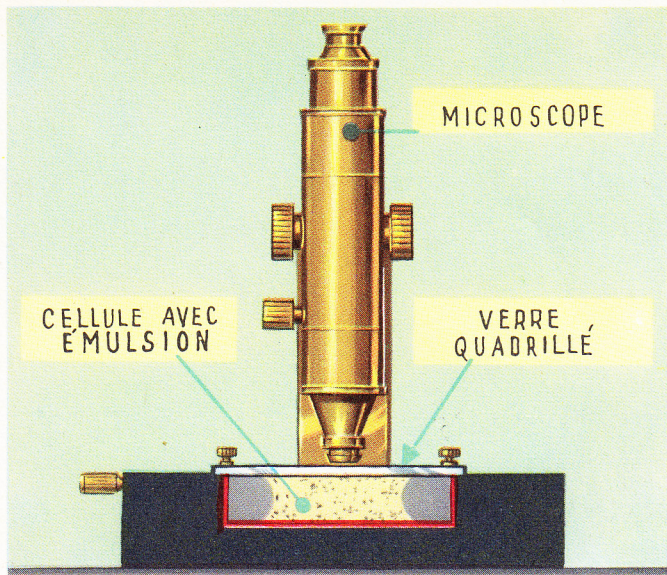
DOCUMENTAIRE N. 658

Le grand Galilée avait déjà affirmé que dans la nature tout est mouvement. Le mouvement est un des phénomènes les plus importants de la physique. Quelle est la cause de la chaleur? du son? de la lumière? de l'électricité si ce n'est un mouvement perpétuel de parcelles qui se dilatent ou qui vibrent? Si même un corps nous apparaît immobile, c'est-à-dire en état de repos, cela ne veut pas dire que ses molécules, ou mieux encore les atomes qui le constituent, demeurent inertes.

Le botaniste écossais Robert Brown (1773-1858) découvrit, en 1827, un phénomène surprenant auquel on donna le nom de « phénomène brownien » (fig. 1). Il avait observé au



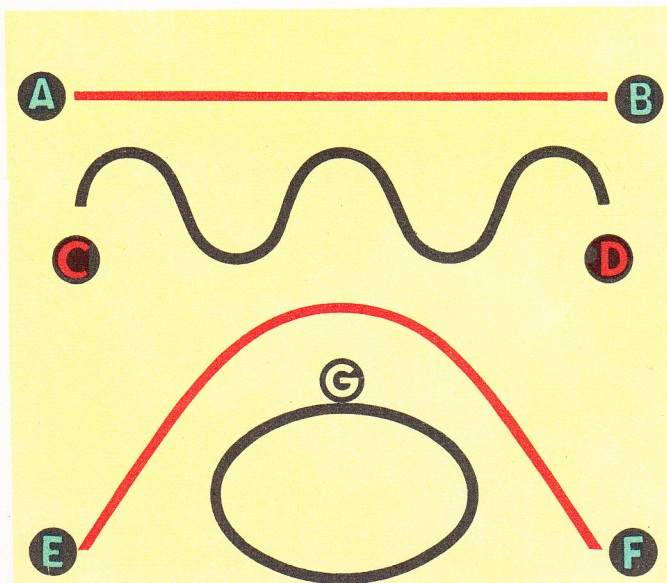
Le botaniste écossais Robert Brown a observé que les parcelles de matière sont sujettes à des mouvements qui ont pris le nom de celui qui les a découverts (mouvements browniens). Voici, telles qu'elles apparaissent, les vibrations de trois parcelles de matières différentes observées au microscope.



En 1910, le célèbre physicien français Jean Perrin employa un dispositif semblable à celui que nous représentons ici pour examiner le mouvement des particules dans une émulsion.

microscope que des imperceptibles grains de pollen de fleurs, placés dans de l'eau et en suspension dans ce liquide, apparaissaient comme animés d'un mouvement incessant. Plus tard, le chimiste écossais Guillaume Ramsay (1852-1918) reconnut que dans les fluides eux-mêmes (gaz, liquides) les molécules sont séparées les unes des autres et animées de mouvements fort rapides qui les propagent dans tous les sens. Le mouvement brownien compte parmi les preuves les plus directes de la structure moléculaire et de la théorie cinétique de la matière. Il devait servir à l'Allemand Einstein et au Polonais Smolochowski pour faire des recherches par le calcul sur les lois des mouvements.

Jean Perrin (1870-1942), professeur génial de physique et de chimie de la Faculté des Sciences de Paris, voulut prouver l'exactitude de ces lois. Il plaça sous l'objectif d'un



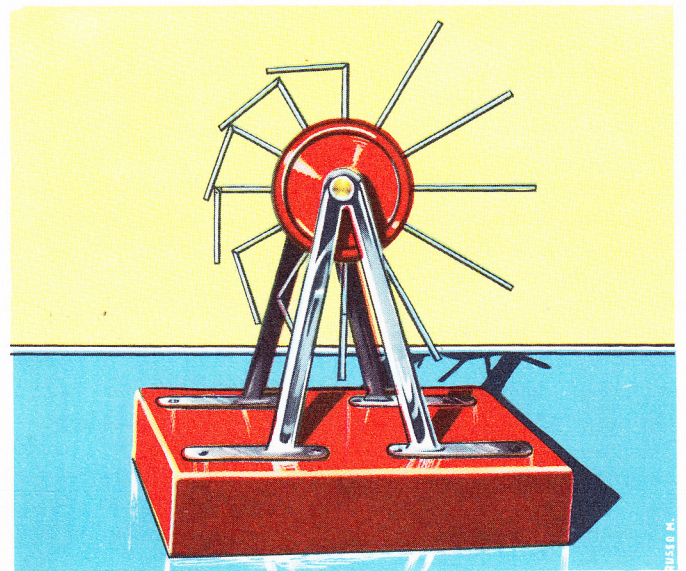
Le trajet suivi par un corps en mouvement est appelé trajectoire. Une trajectoire peut prendre différentes formes. En voici quelques-unes: AB rectiligne, CD sinusoidale, EF parabolique, G elliptique. Selon la forme de la trajectoire, le mouvement prend des noms différents: rectiligne si la trajectoire est une droite; circulaire s'il s'agit d'une circonférence, etc. Le rapport entre la longueur de la trajectoire décrite par un corps et le temps employé pour la parcourir est dit « vitesse moyenne du corps ».

microscope une capsule de verre minuscule remplie d'une émulsion, il l'illumina latéralement et la boucha dans sa partie supérieure avec un verre fort mince sur lequel avait été gravé un réticule divisé en carrés de 3 microns de côté (le micron est une unité de mesure de longueur valant 1/1000 de millimètre. Il fut ainsi en mesure d'observer et de suivre un granule dans tous ses déplacements. Et, par exemple, toutes les 30 secondes, de reporter ces mouvements sur le plan du réticule (fig. 2).

Perrin répéta un nombre incalculable de fois cette expérience en employant des matières différentes et en variant la période d'observation, donc l'ampleur du déplacement. Il trouva toujours (comme les calculs d'Einstein l'avaient établi) qu'il existe une constante rigoureuse entre le rapport du carré moyen du déplacement et l'intervalle de temps. Il arriva de la sorte à établir la constante ou nombre d'Avogadro ($6,06 \times 10$ à la 23^e puissance).

La loi d'Avogadro dit que « les gaz, dans des conditions de pression et de température égales, contiennent tous le même nombre de molécules dans un même volume ».

Jean Perrin parvint à déterminer le poids des molécules en pensant que les lois qui gouvernaient les gaz devaient être également valables pour les émulsions, où les granules



Un des problèmes les plus passionnants de la mécanique a toujours été celui du mouvement perpétuel, c'est-à-dire celui d'une machine dont le mouvement ne s'arrêterait jamais. Voici une roue à rayons articulés, qui devrait produire un mouvement perpétuel. Mais les frottements rendent sa réalisation pratique impossible.

ne sont que des regroupements moléculaires, tous semblables entre eux. Il parvint à prouver son affirmation de façon décisive.

Considérons à présent le mouvement tel qu'il nous apparaît tous les jours, c'est-à-dire la variation de distance d'un corps par rapport à un autre qui reste immobile (au sens relatif) et qui n'est donc pas sujet à des changements de place. L'ensemble des innombrables positions occupées successivement par un corps en mouvement est représenté par une ligne imaginaire dite « trajectoire » de ce corps (fig. 3). Imaginons par exemple qu'une automobile roule sur la portion rectiligne d'une autoroute à la vitesse de 30 mètres par seconde pendant dix minutes. Durant les dix minutes considérées, c'est-à-dire 600 secondes, elle aura parcouru $30\text{m} \times 600 = 18\,000\text{ m}$. Nous dirons que le mouvement de l'auto, dans l'intervalle de temps de 10 minutes, est uniforme. (L'espace se mesure en mètres, le temps en secondes, et enfin la vitesse se mesure en mètres à la seconde.)

La relation entre temps, espace et vitesse peut s'écrire mathématiquement de manière abrégée $\text{espace} = \text{vitesse} \times$

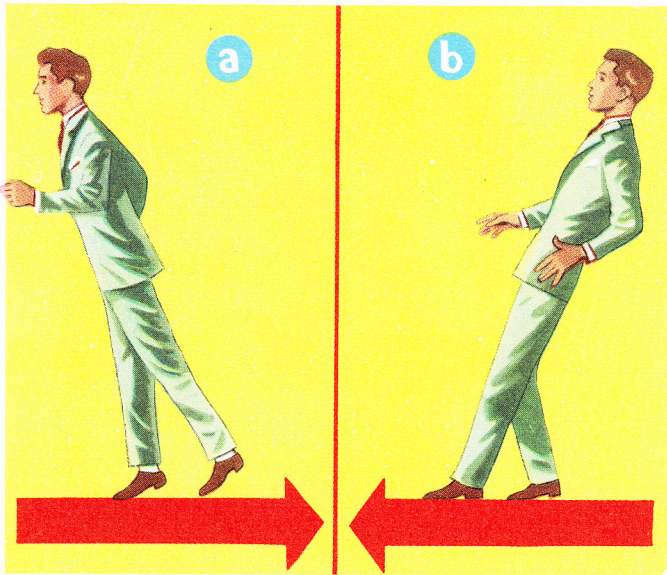
temps, vitesse = espace : temps; temps = espace : vitesse.

Si'il était possible d'éliminer complètement les résistances opposées par l'air et les frottements, le mouvement ne cesserait pas et on réaliserait ainsi le rêve du mouvement perpétuel, qui a causé tant de soucis aux savants (fig. 4).

Le principe d'inertie énoncé par Léonard de Vinci (1452-1519) dit: « un corps persévère dans son état de mouvement ou de repos tant qu'une cause extérieure ne vient pas modifier cet état ».

Quand la vitesse varie, le mouvement varie également et, enfin, il s'annule quand la vitesse se réduit à 0. Un mouvement varié est accéléré quand sa vitesse augmente au fur et à mesure que le temps passe, et il est retardé quand sa vitesse diminue. Ainsi le mouvement de chute d'un poids (corps abandonné à lui-même, soumis à l'action de son poids, c'est-à-dire de la force avec laquelle il est attiré par la terre) est un mouvement accéléré, tandis qu'une pierre lancée en l'air est animée d'un mouvement retardé: loi de Galilée (fig. 6).

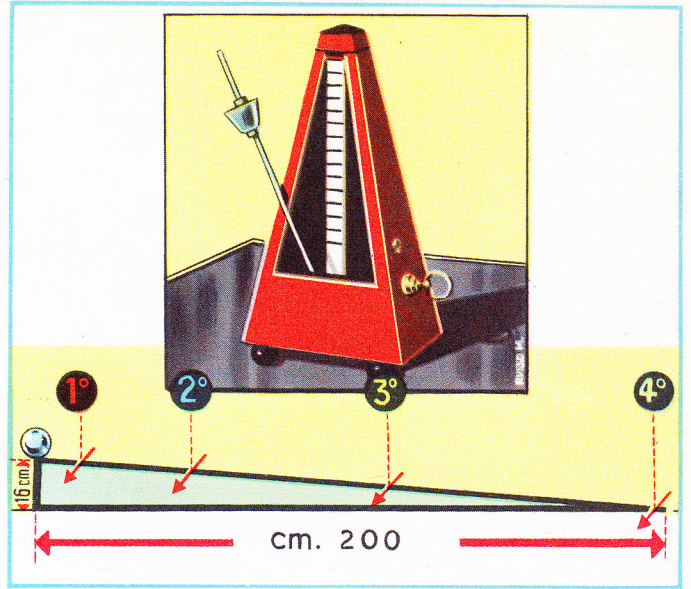
On sait également que Galilée laissa tomber en même temps, du haut de la Tour de Pise, des sphères de même diamètre mais de poids différents, pour démontrer aux sceptiques que tous les corps tombaient également vite (puisque les sphères



Si nous nous trouvons sur un véhicule en mouvement qui s'arrête d'un seul coup, nous recevons une poussée vers l'avant (a). L'inverse se produit quand un véhicule se met en mouvement à l'improviste: nous recevons une poussée vers l'arrière. Notre corps inerte est incapable de modifier immédiatement son état de mouvement ou de repos.

touchaient toutes le sol au même instant). Seule la résistance de l'air modifie la vitesse de chute, mais dans ce cas, les sphères avaient le même volume et offraient la même résistance à l'air. Nous pouvons réaliser la même expérience. Suspendons à l'aide d'un fil, à l'extrémité d'une règle, deux cylindres en bois ayant la même base, mais dont le poids de l'un est le double de l'autre, de façon que leurs bases semblables se trouvent à la même hauteur (fig. 7). Soutenons le tout au tiers de la règle par un autre fil attaché le plus haut possible. Les oscillations du système ayant cessé et le tout étant parfaitement immobile, brûlons avec une allumette le fil de suspension en un point quelconque. Le système tombe, et la règle, pendant la chute, reste horizontale, si bien que les deux cylindres touchent terre en même temps (en effet, ayant une section identique, ils offrent à l'air la même résistance).

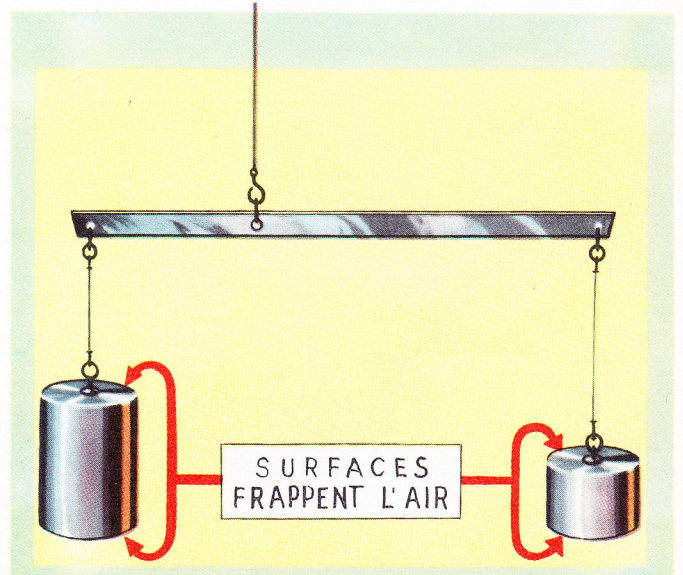
Isaac Newton (1642-1727) démontra qu'en l'absence de l'air tous les corps, quels que soient leur poids et leur volume tombent avec la même vitesse, c'est-à-dire mettent le même temps à tomber de la même hauteur.



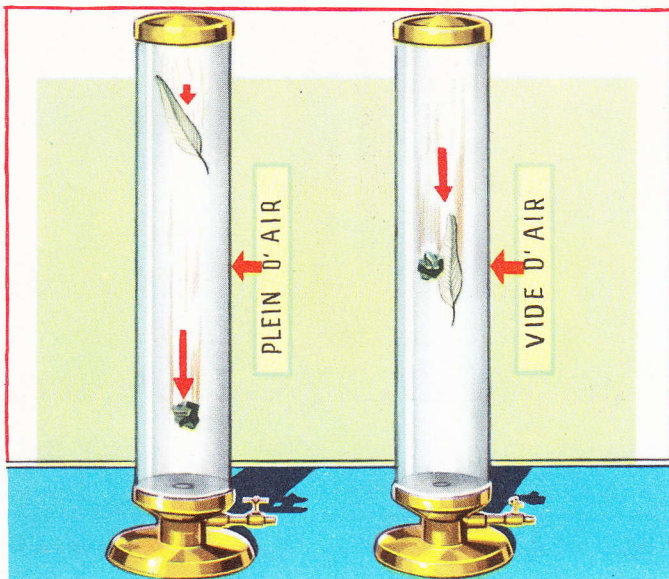
La loi de Galilée sur le mouvement accéléré dit qu'un corps pourvu d'un mouvement naturellement accéléré parcourt des distances proportionnelles aux carrés des temps employés pour les parcourir. Supposons que le plan incliné ait une longueur de 200 cm et une hauteur de 16 cm, la bille en acier parcourt pendant la première seconde 39,2 cm; durant les 2 premières, elle parcourt 56,8 cm et ainsi de suite suivant la loi énoncée par Galilée. Au centre de l'illustration nous voyons le métronome compte-secondes de Maelzel.

Prenons, un tube en verre (fig. 8) fermé à ses deux extrémités et contenant une plume et un petit plomb. Si nous renversons brusquement le tube plein d'air, nous voyons le plomb toucher le fond du tube bien avant la plume. Si, par contre, avec une machine pneumatique, nous retirons l'air du tube et refaisons l'expérience, nous constatons que le plomb et la plume, partis en même temps d'une extrémité du tube, arrivent ensemble à l'autre extrémité.

Occupons-nous à présent d'un mouvement composé différent, résultant de deux mouvements ayant des directions différentes. Galilée, dans son *Principe de l'indépendance des mouvements*, déclare: « si un point matériel est sollicité en



Démontrons que la résistance opposée par l'air à deux corps qui tombent et qui offrent aux frottements le même maître couple est égale. Suspendons à l'extrémité d'une règle deux cylindres de même surface de base tels que le poids de l'un soit le double de celui de l'autre, et que les bases inférieures soient à la même hauteur. Si on attache un fil au tiers de la règle, puis si on le brûle à une hauteur quelconque, les deux cylindres toucheront terre en même temps.

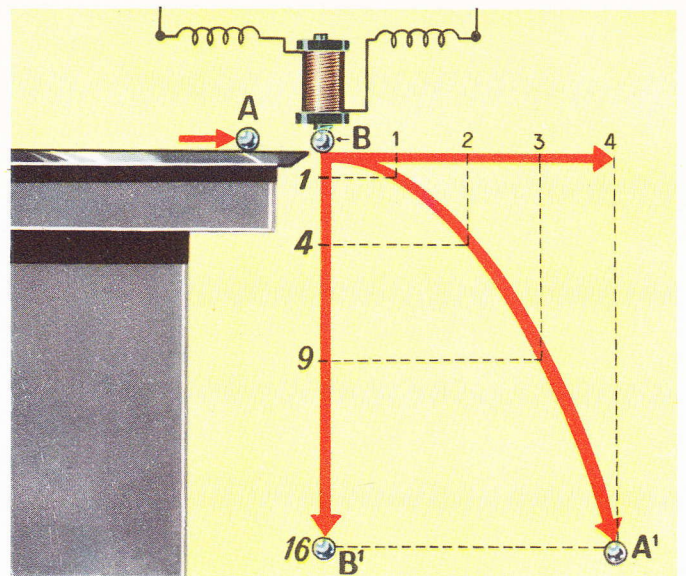


Pour prouver que, dans le vide, deux corps tombent à la même vitesse, pratiquons l'expérience de Newton. Prenons deux tubes, l'un plein d'air, l'autre dans lequel aura été pratiqué le vide. Dans chacun, mettons deux objets de poids différents. Nous constaterons, en les retournant, que dans le premier tube les deux objets toucheront le fond à des moments différents, tandis que, dans l'autre tube, ils arriveront en même temps.

même temps par plusieurs mouvements, à la fin d'un temps quelconque, il se trouvera dans la position où il se serait trouvé si, pendant le même temps, il avait obéi de façon séparée aux différents mouvements ».

Observons l'image 9: la bille A est lancée horizontalement sur la table avec une vitesse donnée, tandis que la bille B, abandonnée en même temps par l'électro-aimant, tombe verticalement avec une vitesse initiale égale à 0. Les sphères tombant simultanément de la même hauteur touchent le sol en même temps. La première aurait tendance à poursuivre une trajectoire horizontale d'un mouvement uniforme; la seconde, mue par un mouvement naturellement accéléré, tombe à la verticale: la résultante de ces deux mouvements est la trajectoire parabolique qui aboutit en A'. Le mouvement harmonique, dit également périodique, oscillatoire ou vibratoire, est aussi très intéressant.

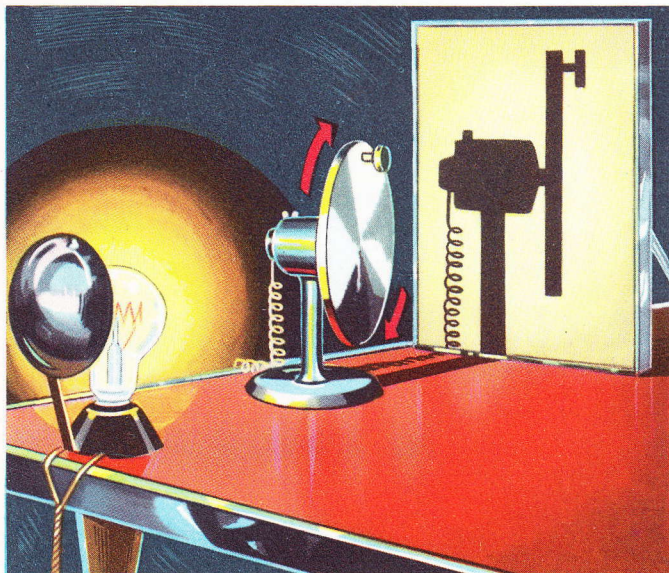
C'est là un mouvement alterné, un mouvement de va-et-



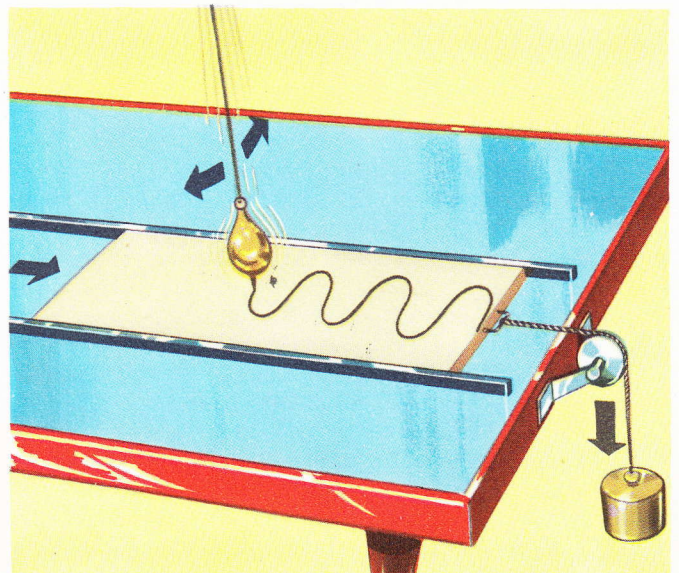
Nous illustrons ici le principe de l'indépendance des mouvements énoncé par Galilée. La bille A est lancée horizontalement; la bille B tombe verticalement avec, après avoir coupé le circuit d'un électro-aimant qui la retenait, une vitesse initiale nulle. Elles tombent simultanément de la même hauteur, la première avec une trajectoire parabolique, l'autre avec une trajectoire verticale.

vient, que l'on peut comparer à celui d'un pendule, ou bien à celui de tous les points d'une corde qui vibre.

Une sphère lourde et petite, suspendue à un ressort, suit, par exemple, un mouvement harmonique. Si on la déplace de sa position d'équilibre, verticale, et qu'on l'abandonne, la petite sphère revient avec une vitesse toujours accrue vers sa position d'équilibre, la dépasse, et continue à se déplacer dans le même sens, avec une vitesse décroissante, jusqu'à une position symétrique de celle de son départ. Là, elle s'arrête pendant une fraction de seconde, puis elle revient en arrière de la même façon, et elle continue à osciller entre les deux points extrêmes. Observons l'image 10: éclairons un disque qui porte en un point de la circonférence un taquet quelconque. Si on lui imprime un mouvement de rotation, l'ombre projetée par le taquet sur un écran apparaît comme mue par un mouvement oscillatoire. C'est là un autre cas de mouvement harmonique.



On peut obtenir un mouvement harmonique avec un disque illuminé qui porte un taquet en relief. En effet, si nous faisons tourner ce disque, nous voyons que l'ombre projetée par la partie en relief sur un écran est mue par un mouvement oscillatoire.



On peut obtenir une trajectoire sinusoïdale à l'aide d'un pendule pourvu d'un stylet inscripteur. Le stylet écrit sur une tablette qui se déplace grâce à un poids. Le tracé obtenu sera la résultante du mouvement pendulaire et du mouvement rectiligne uniforme.

ENCYCLOPÉDIE EN COULEURS

tout connaître

ARTS

SCIENCES

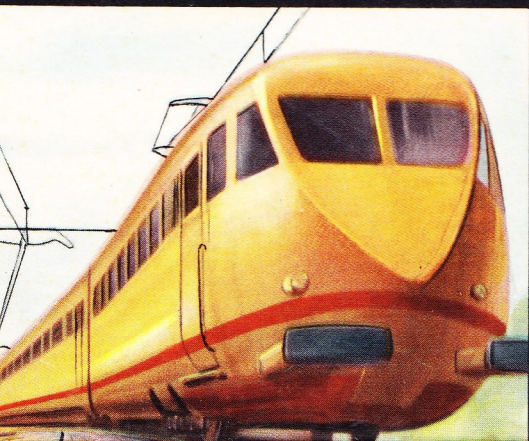
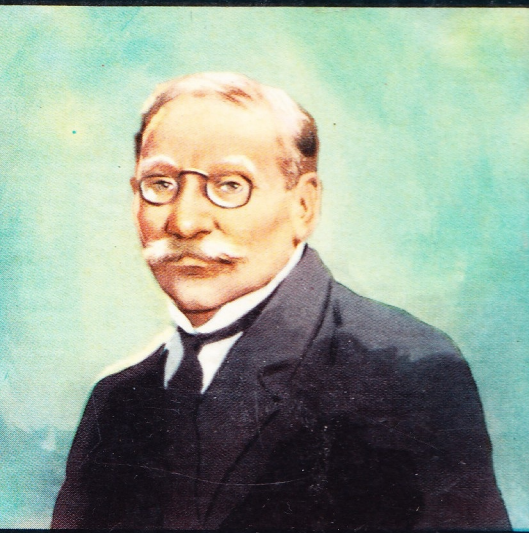
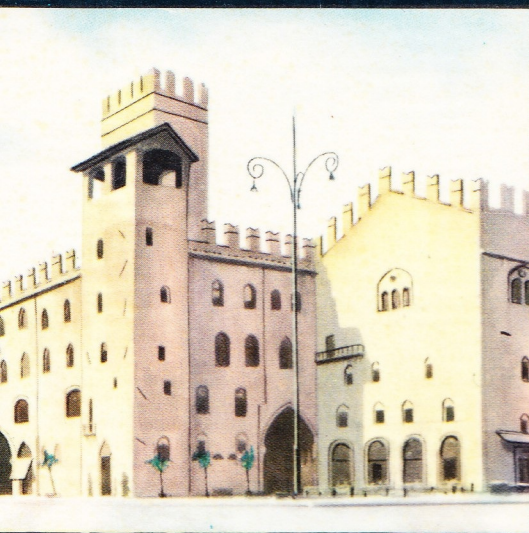
HISTOIRE

DÉCOUVERTES

LÉGENDES

DOCUMENTS

INSTRUCTIFS





VOL. X

TOUT CONNAITRE

M. CONFALONIERI - Milan, Via P. Chieti, 8, - Editeur

Tous droits réservés

BELGIQUE - GRAND DUCHÉ - CONGO BELGE

AGENCE BELGE DES GRANDES EDITIONS s. a.
Bruxelles