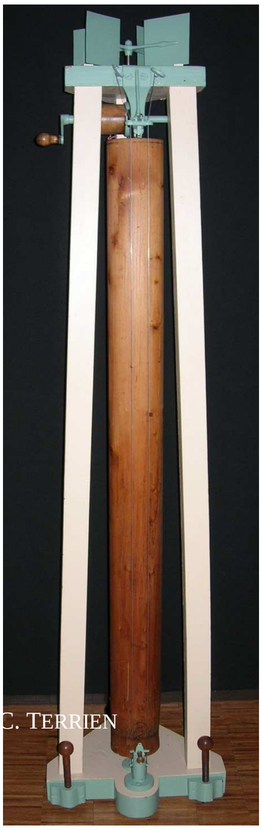
Machine de MORIN

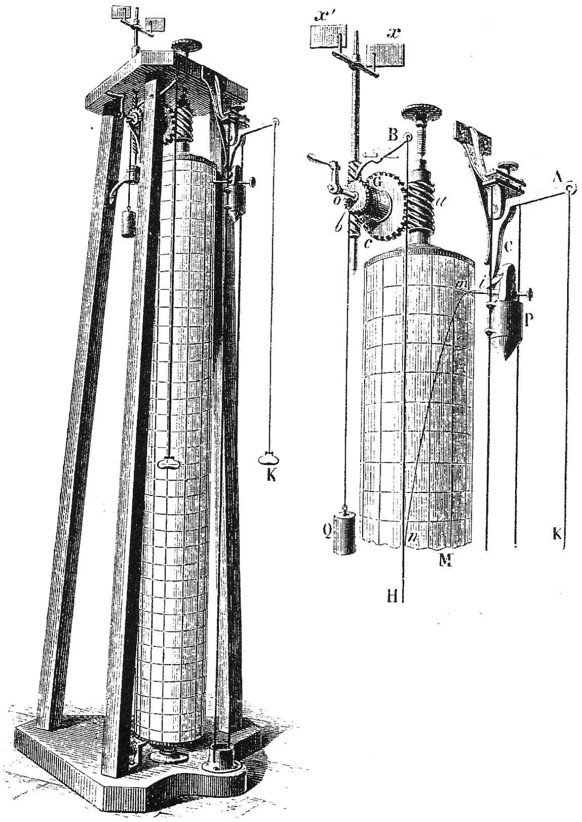
Fonction

- **Didactique**. Enregistrement graphique du mouvement de chute d'un corps.

***MORIN** Arthur (1795-1880) : général français qui réalisa en 1833 la première machine qui porta son nom à partir d'une idée du général PONCELET.*

Description





- L'appareil se compose d'un **cylindre** de bois M tournant autour d'un axe vertical fixé dans un bâti. La surface du cylindre est recouverte d'une feuille de papier quadrillé. Par l'intermédiaire d'un treuil horizontal G, d'une roue dentée et d'une vis sans fin, la chute d'une masse Q entraîne la **rotation** du cylindre et du **régulateur à ailettes** situé au sommet de l'axe de rotation. Ce régulateur permet d'avoir en peu de temps, par le frottement des ailettes sur l'air, un mouvement de rotation considéré comme **uniforme**.

Le **mobile** cylindro-conique P de fonte dont on veut étudier le mouvement est guidé par deux fils métalliques verticaux. Il est retenu par un levier coudé AC qui peut être actionné par le fil K, libérant ainsi P. Ce mobile porte un crayon qui inscrit la trajectoire sur le papier.

Quelques rappels de cinématique

On sait que l'espace parcouru par un corps mobile animé d'un mouvement **rectiligne uniformément accéléré**, qui part sans vitesse initiale de l'origine des espaces à l'instant origine t = 0, a pour expression : $e = \frac{1}{2}.\gamma.t^2$, γ, l'accélération étant, bien sûr, constante. L'espace *e* est proportionnel au carré du temps. Le diagramme des espaces, qui représente les espaces parcourus en fonction du temps est donc une **parabole**.

Les espaces parcourus aux dates *t*, $t + \theta$, $t + 2\theta$… sont égaux à : $e = \frac{1}{2}.\gamma.t^2$, $e_1 = \frac{1}{2}\gamma(t+\theta)^2$, $e_2 = \frac{1}{2}\gamma(t+2\theta)^2$ $e_3 = \frac{1}{2}\gamma(t+3\theta)^2$… et les parcours du mobile pendant les intervalles de temps successifs égaux à θ :

$$d_1 = e_1 - e = \frac{\gamma}{2}(\theta^2 + 2t.\theta) ,$$

$$d_2 = e_2 - e_1 = \frac{\gamma}{2}(3\theta^2 + 2t.\theta) ,$$

$$d_3 = e_3 - e_2 = \frac{\gamma}{2}(5\theta^2 + 2t.\theta) \ldots$$

On voit que les distances d_1, d_2, d_3, …, parcourues pendant des intervalles de temps successifs égaux à θ, se déduisent chacune de la précédente par addition d'une quantité constante $\frac{\gamma}{2}.2\theta^2$; elles forment donc une ***progression arithmétique*** dont la raison est :

$$\boldsymbol{r = \gamma.\theta^2.}$$

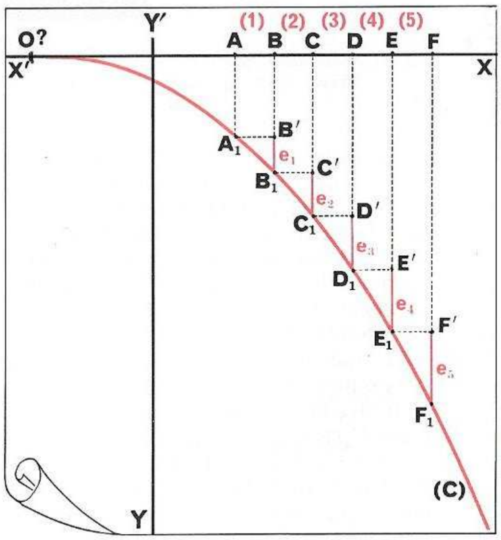
Expérience

➢ La réalisation d'un enregistrement s'effectue en trois étapes.

1ère étape : on fait tourner le cylindre seul en libérant la masse Q. Le crayon trace une section droite circulaire X'X.

2éme étape : sans faire tourner le cylindre on laisse tomber le mobile. Le crayon trace une génératrice verticale Y'Y.

3éme étape : on fait tourner le cylindre et lorsque sa vitesse de rotation est à peu près constante, quand le poids moteur a parcouru environ les trois quarts de sa course, on libère le mobile sans vitesse initiale. Le crayon trace alors la courbe (C), diagramme du mouvement.



Interprétation du diagramme

➢ Sur le papier déroulé, la circonférence X'X donne l'axe des temps *Ot* puisque, la rotation du cylindre étant uniforme, des longueurs égales y représentent des intervalles de temps égaux. La génératrice Y'Y représente l'axe des espaces et la courbe (C) est le diagramme des espaces.

La première vérification à laquelle on peut penser est celle de la nature parabolique de (C) ou encore que les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps. Sur le principe, elle ne présente aucune difficulté. Il suffit de considérer quelques points, tels que A_1, B_1, C_1… et de mesurer leurs ordonnées et abcisses qui représentent respectivement les hauteurs de chute et les temps correspondants.

Sauf qu'il est pratiquement impossible de situer avec précision le point O où la courbe (C) se détache de l'axe X'X. Il faut donc utiliser une autre méthode qui n'aura pas à tenir compte de la position de l'origine O.

- Partant d'un point quelconque A de l'axe X'X, portons des longueurs égales

AB = BC = CD…

qui représentent des intervalles de temps successifs égaux *(1), (2), (3)*… Les parallèles à Y'Y passant par A, B, C… rencontrent le diagramme aux points A_1, B_1, C_1… et les parallèles à X'X passant par ces mêmes points déterminent des segments

$B'B_1 = e_1$, $C'C_1 = e_2$, $D'D_1 = e_3$…

qui ont été parcourus pendant les intervalles de temps égaux *(1), (2), (3)*… Or les mesures de e_1, e_2, e_3… montrent que ces longueurs sont en progression arithmétique. On retrouve là, la propriété du mouvement uniformément varié rappelée plus haut.

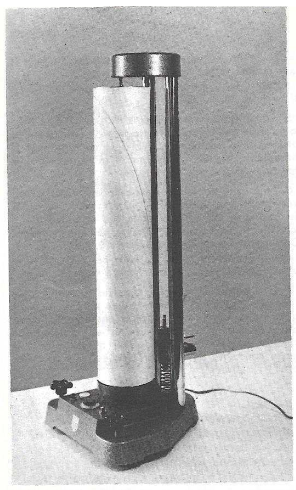
Le mouvement de chute libre est bien uniformément accéléré.

- Peut-on déduire de cette manipulation la valeur de l'accélération du mouvement de chute libre ?

Nous savons que la raison de la progression arithmétique que constituent les espaces e_1, e_2, e_3… est égale à $\boldsymbol{r = \gamma . \theta^2}$. À priori, on peut espérer déterminer γ en mesurant $r = e_2 - e_1$… et en déduisant l'intervalle de temps θ = *(1)*= *(2)*… des longueurs AB = BC… et du nombre de tours par seconde effectués par le cylindre. En réalité, non seulement ces deux mesures restent peu précises, mais encore les frottements des guides du mobile contre les fils et du crayon sur le papier font que le mouvement est assez éloigné d'un mouvement de chute « libre ».

Évolution technique

Les machines historiques de MORIN, telles que celle qui est représentée en haut de cette fiche, ont été remplacées progressivement dans les années soixante du siècle précédent, avant leur abandon, par des appareils du type de celui qui figure ci-contre. Leur principe ne changeait pas. Les principales modifications concernaient le cylindre, beaucoup moins haut (environ 1 m) et entraîné par un moteur électrique.



▲ *La machine de Morin. (Document Eurosap-Deyrolle.)*

Phénomènes ou lois physiques mis en jeu

Mouvement uniformément accéléré de la chute libre avec **l'accélération de la pesanteur**.

BIBLIOGRAPHIE ET NETOGRAPHIE

FAUCHER R., *Physique en classes terminales C/D/E*, Hatier, Paris, 1969.

GANOT A., *Traité de Physique*, Hachette, Paris, 1884.