

Le pendule de Foucault

III. REALISATION

par Roland JOUANISSON,
Université de Clermont II.

Résumé.

La réalisation d'un pendule de Foucault susceptible d'osciller correctement pendant plusieurs heures est une opération délicate (voir l'article précédent de M. Bathier). En effet, on est amené à résoudre de nombreux problèmes : suspension, lancement, amortissement, etc.

En revanche, si l'on désire seulement, lors d'une expérience de cours, mettre en évidence la rotation du plan d'oscillation du pendule par rapport à un repère terrestre et déterminer à 10 % près la vitesse de rotation, l'expérience est relativement simple et devient rapidement concluante.

Matériel.

On réalise un pendule pesant à l'aide d'une sphère en acier suspendue au plafond par un fil. On a intérêt à utiliser un fil long et une masse importante pour augmenter la durée de l'expérience, d'autant plus qu'il est nécessaire de prendre une amplitude initiale assez faible (inférieure à $1/10^{\circ}$ de radian). Une suspension spéciale est nécessaire de manière que le pendule puisse osciller indifféremment dans n'importe quel plan.

La première solution consiste à s'adresser à la Société Leybold qui livre un ensemble « Pendule de Foucault » comprenant une sphère en acier de masse voisine de 0,8 kg, un rouleau de corde à piano de 0,3 mm de diamètre et une suspension spéciale de type cardan (fig. 1). Ce matériel donne de bons résultats.

Pour ceux qui désirent réaliser eux-mêmes, et à peu de frais, un tel pendule, je signale qu'on obtient également de bons résultats en remplaçant le fil d'acier par un fil de nylon (disponible chez les marchands d'articles de pêche) et la suspension par le dispositif représenté sur la fig. 2. On perce un trou dans une pièce de bois (qui sera ensuite fixée par exemple à une pou-

truelle du plafond à l'aide d'un serre-joint); l'extrémité du fil est fixée à la partie supérieure du trou. A la partie inférieure, on visse une petite plaque métallique percée d'une *ouverture bien circulaire* O et de diamètre légèrement supérieur au diamètre du fil. Cette ouverture constitue en fait le *point d'attache* du pendule qui est libre d'osciller dans n'importe quel plan vertical passant par O.

Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec un fil de nylon de 0,3 mm et un trou de 0,4 mm percé au foret. Il est préférable d'ébavurer l'ouverture avec une pointe à tracer ou une aiguille animée d'un mouvement tournant (contrôler le résultat à l'aide d'un microscope).

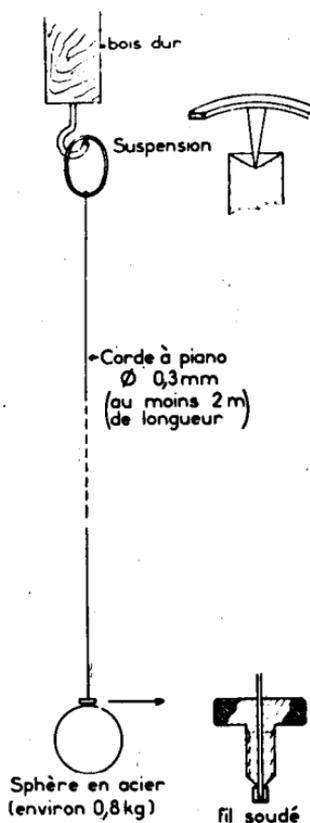


Fig. 1
(Système Leybold)



Fig. 2

Les extrémités du fil peuvent être fixées simplement en remplaçant la soudure du système Leybold par un plomb pour la pêche (fendu) suivi d'un nœud.

En ce qui concerne la sphère métallique, je pense qu'une boule de pétanque, modifiée comme l'indique la fig. 1, conviendrait.

Lancement du pendule.

Il est indispensable que le pendule soit libéré sans vitesse initiale, sinon le mouvement serait elliptique dès le début. On pourrait même observer une rotation en sens inverse du sens attendu.

On immobilise rapidement le pendule en utilisant un électro-aimant. Afin que le contact soit aussi ponctuel que possible, on intercale une petite bille d'acier en réglant la hauteur de manière que la force d'attraction passe par le centre d'inertie du pendule (fig. 3).

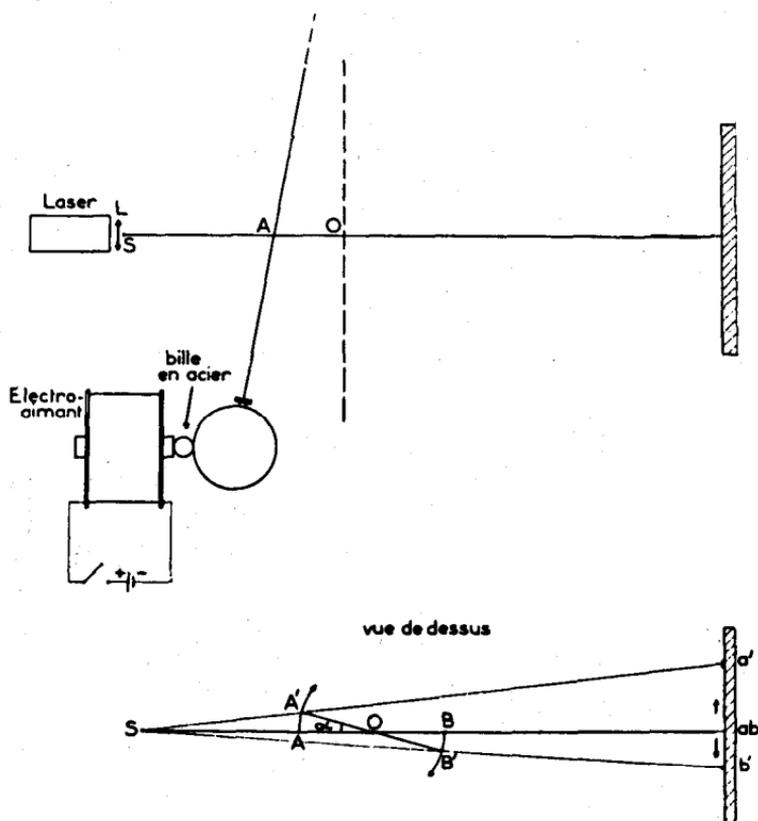


Fig. 3

Mise en évidence de la rotation du « plan d'oscillation ».

Il est commode d'utiliser l'ombre du fil pour montrer la rotation du plan d'oscillation. Pour cela, on réalisera une source ponctuelle S en focalisant un faisceau laser grâce à une lentille de courte focale (de l'ordre de un cm, par exemple un objectif de microscope). En réalité, on observe la figure de diffraction du fil et on n'a pas intérêt à utiliser un fil très fin.

Le pendule étant immobile dans la position verticale, on place la source de manière à observer la figure de diffraction au milieu de la tache lumineuse projetée sur un écran situé à quelques mètres. On repère l'axe de cette figure par un trait. On écarte ensuite le pendule de sa position d'équilibre et on le maintient immobile à l'aide de l'électro-aimant de manière que le centre de la figure de diffraction occupe la même position que précédemment. On définit ainsi le « plan d'oscillation initial ».

Quand on libère le pendule en ouvrant le circuit de l'électro-aimant, on constate que la figure de diffraction s'élargit ou se rétrécit selon que le pendule s'approche ou s'éloigne de la source. Cette figure reste d'abord centrée sur le trait tracé sur l'écran, mais au bout de quelques oscillations (une vingtaine de secondes) on constate que les deux figures se séparent, ce qui correspond à la rotation du plan d'oscillation, comme l'indique la fig. 3. On vérifie que le déplacement de ces figures s'effectue proportionnellement au temps.

On peut vérifier que la vitesse angulaire obéit à la relation du sinus :

$$\Omega_N = \Omega \sin \lambda.$$

Dans le centre de Clermont-Ferrand :

$$\lambda = 45^\circ 46'; \quad \Omega_N = 5,22 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}.$$

On peut mesurer Ω_N au moyen de la relation :

$$\Omega_N = \frac{\alpha}{t} = \frac{SA}{OA} \frac{aa'}{Sa} \frac{l}{t}$$

(en négligeant l'amortissement).

C'est la méthode que nous avons adoptée pour le pendule de démonstration présenté à Clermont-Ferrand lors des Journées de l'Union des Physiciens (octobre 1982).

On peut améliorer la technique précédente en utilisant deux lasers L_1 et L_2 avec lesquels on repère successivement deux plans d'oscillations $Oa_1 b_1$ et $Oa_2 b_2$ faisant entre eux un angle α petit

fixé à l'avance : $\alpha \simeq \frac{d}{D}$ (fig. 4). (Dans ce cas, l'amortissement n'intervient pas).

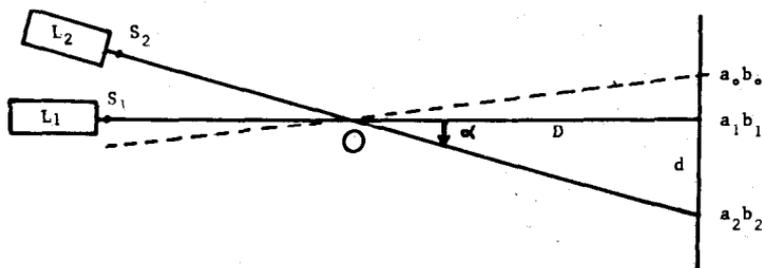


Fig. 4

On fait démarrer l'expérience dans un plan Oa_0b_0 et on note les instants de passage dans Oa_1b_1 puis Oa_2b_2 . On en déduit le temps t correspondant à la rotation α .

D'autre part, il est possible de vérifier que le mouvement du pendule reste pratiquement plan au cours de la rotation.

On mesure ainsi : $\Omega_N = \frac{\alpha}{t}$.

En opérant sur une durée de cinq minutes (correspondant à un angle α de l'ordre de 1°), il est facile de vérifier la relation du sinus à 10 % près.