

Une balance expérimentale *

Lentement (sûrement ?) s'installe dans les L.E.P. un enseignement des Sciences physiques qui permet enfin de mettre en pratique quelques grands thèmes :

- individualisation du travail,
- activité de chaque élève,
- curiosité motivant la recherche,
- esprit critique,
- pédagogie de la réussite... etc.

Le manque presque général d'équipements adaptés, l'absence totale de personnel de laboratoire et la rareté des crédits nous incitent à rechercher les solutions économiques à tous égards. Les crédits substantiels seront, pour l'instant, réservés à l'achat d'instrument de mesure « sérieux » qui ne souffrent pas la médiocrité : dynamomètres, ampèremètres, voltmètres ou contrôleurs...

La balance proposée ci-après osera rarement revendiquer son appartenance à l'ensemble des instruments « sérieux » (1), mais elle prétend jouer pleinement le rôle de matériel d'expérience pour, entre autres objectifs :

- servir de prétexte à l'application des conclusions établies en Statique,
- servir de prototype d'instrument de mesure. Son emploi se situera donc (si on le juge utile) à la fin de l'étude de la Statique, en 1^{re} année. (N'est-il pas fructueux, au L.E.P., d'avoir des soucis métrologiques tout au long du cours ?)

(*) Le présent article se réfère à la situation actuelle dans les L.E.P., c'est-à-dire à des élèves n'ayant pas reçu de formation particulière en Physique. Les prolongements proposés se réfèrent donc aux besoins propres aux L.E.P. Nous pensons que la lecture de cet article sera toutefois utile à nos collègues enseignant dans le 1^{er} cycle.

(1) On sait bien qu'aujourd'hui la balance à bras égaux n'est pratiquement plus un instrument professionnel.

FABRICATION DE DIX BALANCES

Outillage.

Lime à bois ou papier abrasif ; petit marteau ; pince coupante ; pince à becs ronds.

Matériaux.

- 1) Panneau perforé, genre « Perfodur » (Isorel), épaisseur : 3,5 mm, écartement des trous : 12,7 mm, soit 1/2 pouce. Un magasin « Bois au détail » assurera la fourniture et la découpe de dix rectangles 100 × 240 mm (placer le trait de scie entre deux rangées de trous ; s'assurer qu'on dispose bien, dans la longueur, d'un nombre impair de trous).
- 2) Un sachet de rivets tubulaires.
- 3) 4 m de fil métallique, $d = 0,6$ mm par exemple en acier inoxydable, ou fil de cuivre $d = 1,2$ mm.
- 4) 3 m de chaînette de lavabo, en aluminium plutôt qu'en laiton chromé.
- 5) Une boîte de trombones.
- 6) 10 dispositifs « supports » qui seront décrits plus loin.

Montage.

La plaque perforée donnera le fléau. Renforcer par un rivet les trous les plus utilisés comme, par exemple, fig. 1.

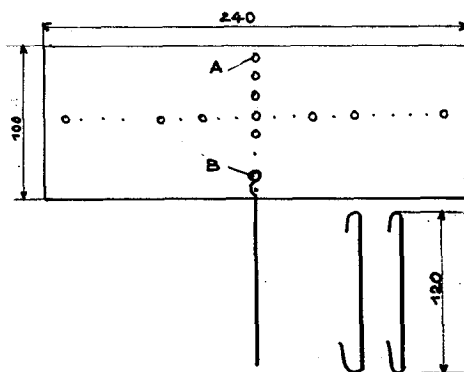


Fig. 1

Ajuster au mieux les bords de la plaque pour que, suspendue en A, elle prenne une position d'équilibre « horizontale ».

Fixer un fil rigide de 15 à 20 cm à l'aide d'un ou de deux rivets, en B, pour former l'aiguille. On pourrait aussi bien fixer une bande rigide de plastique.

Façonner deux fils rigides par balance (notre balance n'a pas de plateaux).

Le choix du support : deux solutions :

— Sur panneau d'acier vertical :

Y placer une feuille de papier millimétré. Utiliser un plot magnétique muni d'une tige $\varnothing 4$ [fabriqué pour les fermetures magnétiques (1)]. La tige de 4 mm (son filetage n'est pas gênant) s'engage dans un des rivets et permet une liaison fléau-support de type « tourillon ». On prendra *a* ou *b* ou *c* comme échelle pour repérer la position d'équilibre (fig. 2).

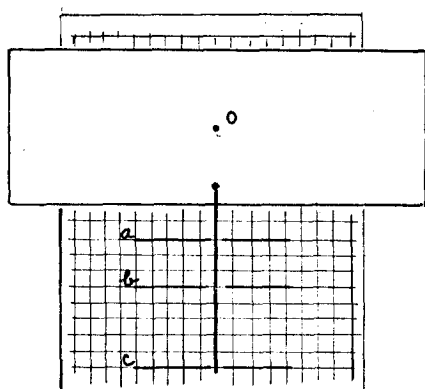


Fig. 2

Sur support de table :

Une noix maintient une tige $\varnothing 4$ (un clou) limée ou meulée en couteau sur 10 cm environ (fig. 3). Nous utiliserons la tige soit en liaison « tourillon », soit en liaison « couteau-coussinet ». Une seconde noix permet de placer une bande millimétrée à une distance variable de l'axe de rotation du fléau.

Remarque : La chaînette.

Qu'on me permette d'en faire l'éloge ! On pourrait dire d'elle, comme de « l'habitude » selon SULLY PRUD'HOMME : « Elle est

(1) Le plot JS6 fourni par ARELEC-MGNETIC, B.P. 139 - 64 Pau.

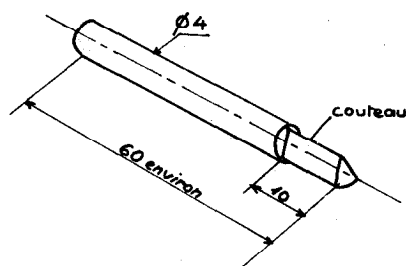


Fig. 3

discrète, humble, fidèle... ». Qui n'a jamais chassé, sous les tables et sous les chaises (voire dans les rainures du parquet) le gramme et ses subdivisions, ne me comprendra pas. Fidèle, elle est toujours disponible ; elle est humble par son origine ; elle n'est discrète que par son prix car, au contraire, elle tend à nous offrir une variation quasi continue de sa masse utile. On l'étalonne avant l'usage avec une balance « sérieuse » :

la masse de 20 maillons vaut... grammes.

Quelques emplois.

— Les qualités métrologiques d'un instrument :

La première à envisager (et souvent méconnue) est la *mobilité*. Après avoir choisi un montage (tourillon ; crochets sur la même ligne, à -5 et $+5$; 3 trombones à gauche, 3 trombones à droite), cherchons la plus petite surcharge (à droite pour les droitiers) qui fait bouger le fléau. Cette masse est le seuil de mobilité pour le montage choisi. On observera, bien sûr, que le seuil est bien plus bas avec la liaison couteau-coussinet.

La *sensibilité* s'exprime par le rapport $\frac{d}{m}$, d étant le nombre

de divisions dont dévie l'aiguille pour une surcharge m grammes supérieure au seuil de mobilité. En choisissant une échelle (en millimètres) plus éloignée de l'axe de rotation, on accroît la sensibilité (fig. 4). L'étude classique des variations de sensibilité selon la position du centre de gravité et selon la longueur des bras du fléau sera aisée en changeant de ligne ou en changeant de colonnes.

Si on postule l'égalité des masses des trombones, on pourra évaluer le *défaut de justesse* par permutation des charges. La recherche du défaut de fidélité semble ici, avec ces balances, de peu d'intérêt.

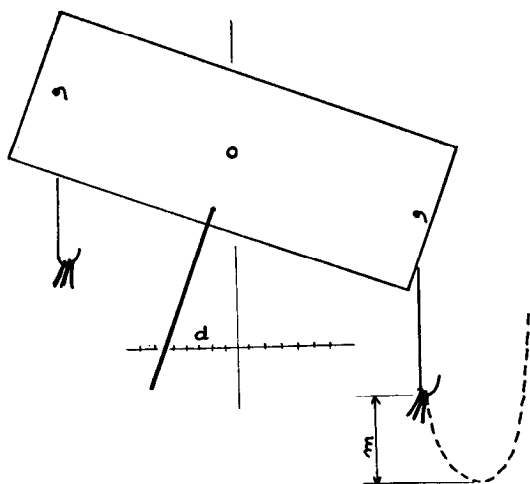


Fig. 4

La curiosité (ou l'inattention) amènera peut-être des élèves à ne pas aligner les trois articulations. Les comportements du fléau en V et du fléau en chapeau de gendarme peuvent amorcer des recherches fructueuses.

Les balances à bras inégaux s'obtiennent facilement. Mais ici la longueur du bras, choisie comme longueur variable, est « discrète ». Bonne occasion pour exprimer la masse à déterminer.

— Autres usages du fléau :

Sans son axe, maintenu par un tirant et par deux plots magnétiques (fig. 5), il fournit une bonne maquette de potence. C'est un prétexte pour appliquer des notions acquises en Statique à la résolution d'un problème d'équilibre par la méthode graphique. La maquette permet la vérification expérimentale. Le relevé graphique se fait ici aussi aisément (sur la feuille placée entre la tôle et la maquette) qu'il se faisait pour les différents équilibres de la balance).

Si j'ai pu convaincre le lecteur des mérites du panneau perforé comme fléau de balance, qu'il fasse alors débiter quelques rectangles de plus en prévision du cours d'Electricité ; les fiches bananes $\varnothing 4$ s'adaptant très bien dans les rivets montés sur la plaque, voilà des râteliers de rangement pour les connexions ou des plaques à bornes si, avant sertissage, on entoure le rivet d'un fil de cuivre $\varnothing 0,6$.

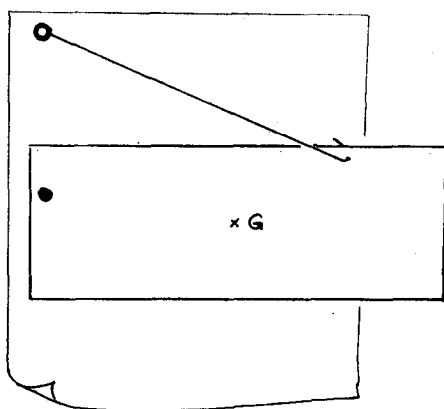


Fig. 5

Irons-nous jusqu'à confectionner une matrice de diodes (programmable !) pour commander, par exemple, les sept segments d'un affichage numérique ? C'est possible puisque l'entraxe des broches de vos prises de courant les plus communes vaut $1 \text{ pouce} \times \sqrt{2}$! (fig. 6).

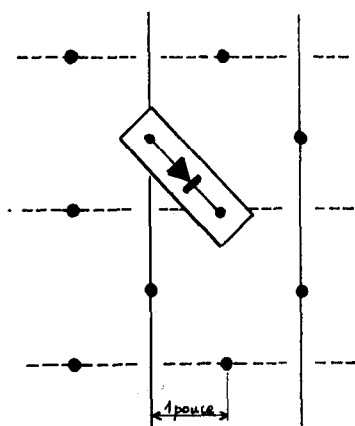


Fig. 6

R. MAUREL,
(L.E.P. - Paris).