
BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

Transformation d'une montre-chronomètre bon marché en instrument de mesure pour les cours de mécanique

par Zibukira MASUHUKO

Département de Physique, Université Catholique de Louvain,
Chemin du Cyclotron 2, B-1348 Louvain-La-Neuve

RÉSUMÉ

Après avoir décrit la façon très simple dont nous avons transformé un chronomètre de commerce bon marché en instrument de mesure pour les cours de mécanique, nous présentons une utilisation simple pour la mesure de l'accélération de la pesanteur.

1. INTRODUCTION

Il existe actuellement dans le commerce des montres-chronomètres électroniques à des prix très réduits (100 à 500 FB). On en trouve avec une précision au centième de seconde. Il suffit d'ajouter quelques composants, pour les convertir en bons appareils de mesure pour l'enseignement de la physique. L'utilisation de chronomètres pour l'étude des mouvements a été proposée déjà par différents auteurs, tels que Mink et Hugues (1993), Doty (1979), Cohen et Horwath (1988), Edgar (1991) et Flaherty (1993), mais leurs montages sont relativement compliqués. Pour les petites montres-chronomètres, vendues même dans les pays du Tiers-Monde, nous avons conçu des montages très simples, alimentés directement par la pile interne de la montre.

Le bouton de commande du chronomètre est remplacé par un interrupteur électronique, commandé par le passage du mobile devant des photocapteurs. Le passage devant le premier photocapteur déclenche le chronométrage qui s'arrêtera lors du passage devant le second photocapteur. La mesure de l'intervalle de temps est alors automatique. Une mesure de la distance parcourue permettra de déterminer la vitesse moyenne et même l'accélération si le mouvement est uniformément accéléré. Les différentes lois des mouvements ainsi que les lois de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement pourront être étudiées expérimentalement.

 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

2. MONTAGE UTILISANT UN CHRONOMÈTRE SAXON

Nous avons utilisé une montre-chronomètre de commerce, de marque Saxon. Une résistance de 6,8 à 22 k Ω a été branchée aux bornes de l'interrupteur marche/arrêt du chronomètre. Des phototransistors de type BPX72 ont été branchés entre le point chaud (non relié au positif de la pile) du même interrupteur et la borne négative de la pile interne, comme l'indique le montage de la figure 1. Nous avons prévu deux diodes rouges, très lumineuses, pour éclairer les phototransistors. Elles sont alimentées par une même pile de 9 V avec une résistance de protection de 470 à 1000 Ω .

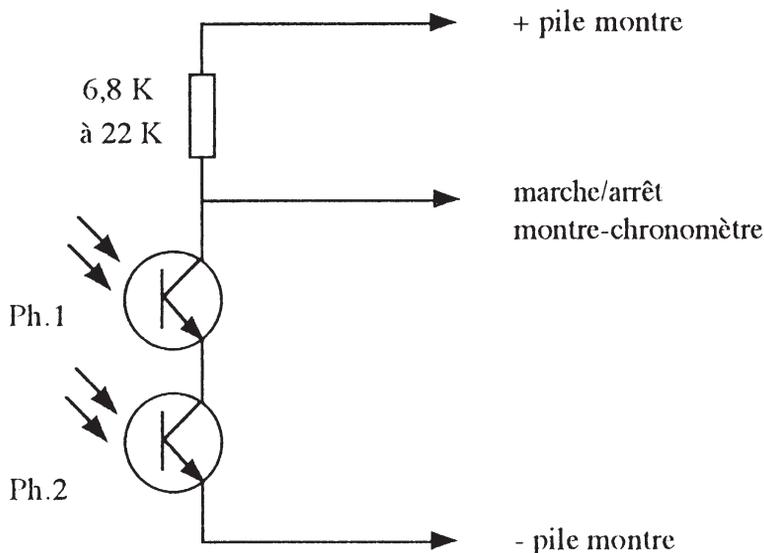


Figure 1 : Transformation d'un chronomètre de commerce : 3 composants suffisent.

Lorsque les phototransistors sont éclairés tous les deux, le point chaud de l'interrupteur marche/arrêt du chronomètre se trouve au potentiel négatif et le chronomètre ne peut pas être enclenché. Si l'on obscurcit l'un d'eux ou tous les deux, ce point se met au potentiel positif via la résistance et le chronomètre se met en marche. Un second obscurcissement arrêtera le comptage. En fait, l'obscurcissement d'un des photocapteurs équivaut à appuyer sur le bouton marche/arrêt. La consommation du montage correspond à environ 12 μA sous une tension de 1,5 V.

BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

3. UTILISATION POUR MESURER L'ACCÉLÉRATION DE LA PESANTEUR g

Pour la mesure directe de l'accélération de la pesanteur par la chute d'un corps, il fallait d'abord résoudre un autre problème, celui de la synchronisation du déclenchement du chronomètre et du début de chute du corps. En effet, avec une barrière lumineuse, on est obligé de lâcher le corps avant qu'il ne provoque le déclenchement du chronomètre. On le place à une certaine distance ΔX du photodétecteur. Même si cette distance est très petite, elle suffit pour fausser les mesures. Le corps arrive au photodétecteur avec une vitesse initiale non nulle et la formule $h = (1/2)gt^2$ doit être remplacée par $h = v_0t + (1/2)gt^2$, où h est la hauteur qui sépare les barrières lumineuses et où la vitesse initiale $v_0 = g \Delta t$, avec $\Delta x = (1/2)g \Delta t^2$. Donc $v_0 = (2g \Delta x)^{1/2}$. Il suffit de mesurer les durées de la chute t_1 et t_2 pour deux hauteurs de chute différentes h_1 et h_2 , en veillant seulement à ce que le mobile démarre toujours à la même hauteur Δx au-dessus de la première barrière. On a deux équations, permettant d'éliminer v_0 :

$$\frac{1}{2}gt_1^2 + v_0t_1 - h_1 = 0$$

$$\frac{1}{2}gt_2^2 + v_0t_2 - h_2 = 0$$

Il en résulte que :

$$g = \frac{2\left(\frac{h_2}{t_2} - \frac{h_1}{t_1}\right)}{t_2 - t_1}$$

La mesure est simplifiée, en utilisant le dispositif de la figure 2, qui n'exige qu'un seul photodétecteur. Une latte transparente en plastique est pourvue de deux rubans adhésifs opaques, séparés d'une distance h_1 . L'extrémité supérieure de la latte est placée contre un obstacle pour fixer la valeur de Δx et de v_0 . Lors de la chute, le ruban adhésif inférieur déclenche le chronomètre tandis que le second l'arrête. Ayant mesuré le temps de chute t_1 à partir de la moyenne de plusieurs mesures, on déplace le ruban supérieur pour définir une séparation h_2 et on mesure le temps de chute t_2 .

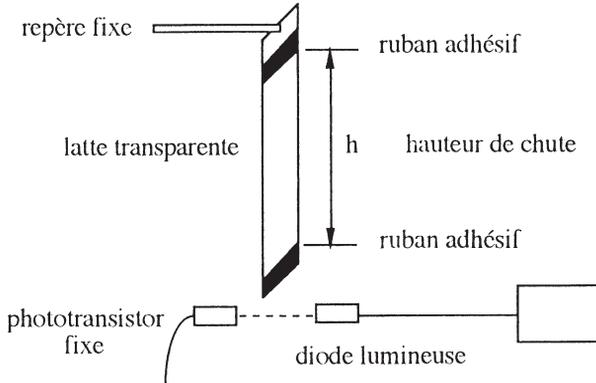


Figure 2 : Montage expérimental pour la mesure de g .

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime sa profonde reconnaissance au professeur Auguste MEESSEN du Laboratoire de Didactique de la physique de l'UCL ainsi qu'au professeur Georges CARDINAL des facultés NDP de Namur, pour leurs précieux conseils.

BIBLIOGRAPHIE

COHEN, H. and D. HORVATH : «*A timing circuit for air track experiments*», Am. J. Phys. 56, page 950 (1988).

D. DOTY : «*Inexpensive automatic time keeping in the undergraduate laboratory*», Am. J. Phys. 47, page 751 (1979).

A. EDGAR : «*A low-cost timer for free-fall experiments*», Am. J. Phys. 59, page 568 (1991).

F.A. FLAHERTY : «*Interfacing sensors to digital stopwatches*», Am. J. Phys. 61, page 278 (1993).

Z. MASUHIKO : «*Conception et réalisation de montages électroniques pour l'enseignement de la physique dans les pays du Tiers-Monde*», Thèse de doctorat, UCL, Louvain-La-Neuve (1996).

MINK, L.A. and C.A. HUGUES : «*Low cost easily constructed dual-photogate timer*», Am. J. Phys. 61, page 951 (1993).