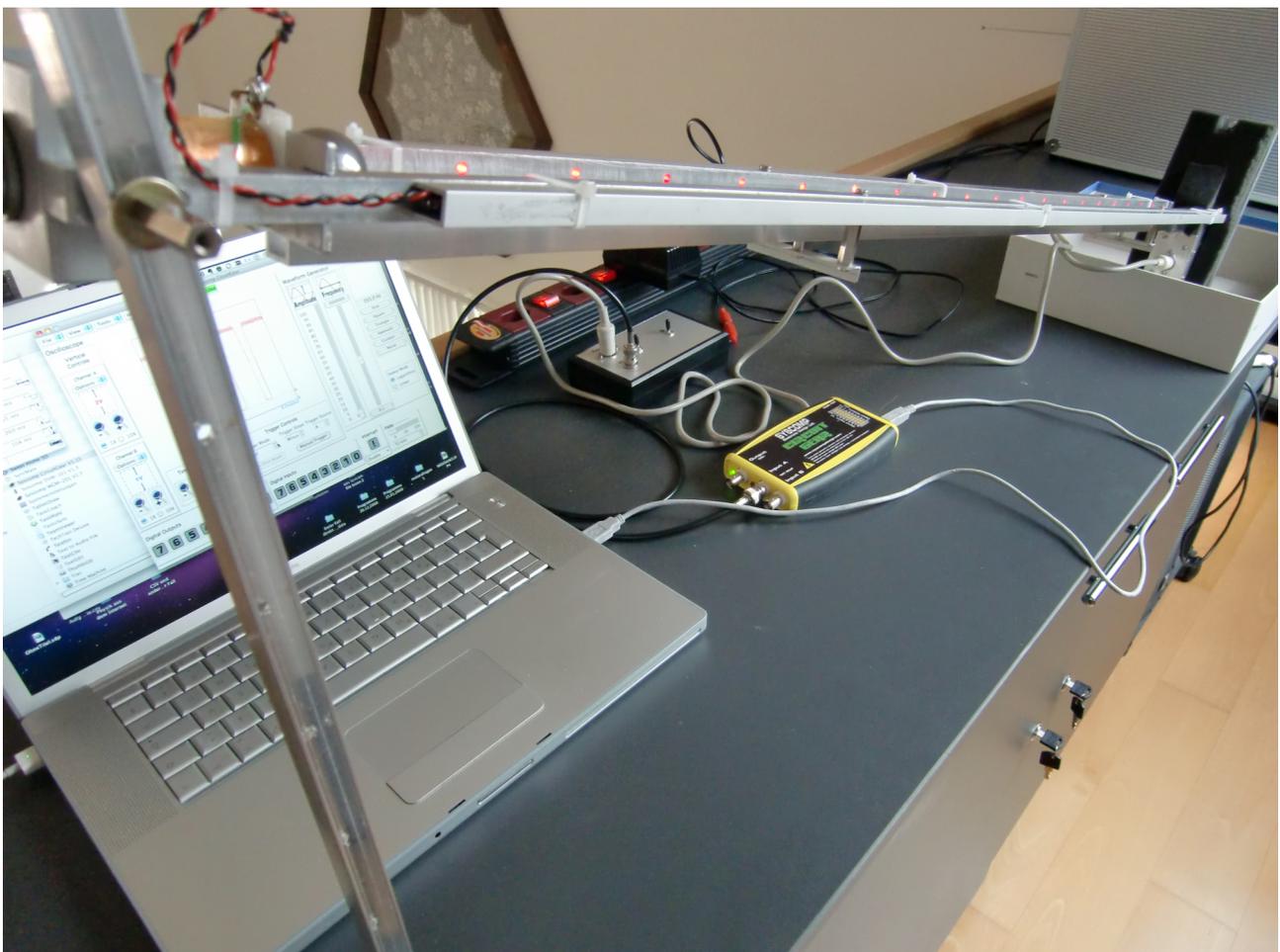


La détermination de l'accélération d'une sphère métallique à l'aide de 21 mesures pendant un parcours dans le plan incliné enregistré par le SYSCOMP digitaliseur

de

Dr Franz Raemy

septembre 2010



Introduction de l'expérience « le plan incliné »

L'expérience doit fournir la fonction lieu en fonction du temps à partir des mesures des positions et du temps. On obtient l'accélération mesurée a . Nous allons comparer cette accélération avec la valeur théorique obtenue sous l'affirmation que l'énergie de rotation de la sphère ne joue pas de rôle et que les forces de frottements sont négligeables.

L'expérience montre que cette explication simple n'est pas valable. La conservation de l'énergie décrit la transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique et en énergie de rotation de la sphère et en chaleur provenant de la force de frottement de roulement.

Composantes de l'expérience

La figure 1 montre la sphère métallique retenue par le champ magnétique au point de départ jusqu'au moment où on coupe le courant électrique. Les LEDs rouges sont séparées de 5 cm l'une par rapport à l'autre tel que sur un mètre de distance il y a 21 diodes.

La figure 2 à droite montre l'alimentation noire, la boîte grise avec l'électronique du système et l'oscilloscope digitale jaune Syscomp CircuitGear, qui enregistre le signal provenant des capteurs lumineux. Le signal est envoyé à un PC ou MAC.

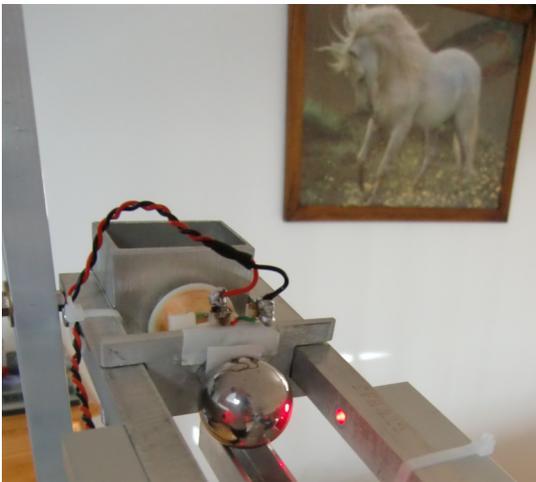


Figure 1 sphère métallique

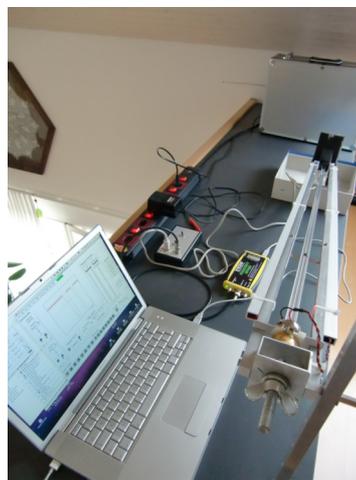


Figure 2 L'électronique et l'appareil Syscomp CircuitGear

Le diagramme vitesse - temps et le diagramme lieu - temps

La vitesse de la sphère est déterminée par la division distance parcourue de la sphère par le temps de l'ombre engendré dans le capteur SFH229. La figure 3 explique la durée de l'ombre devant un des capteurs.

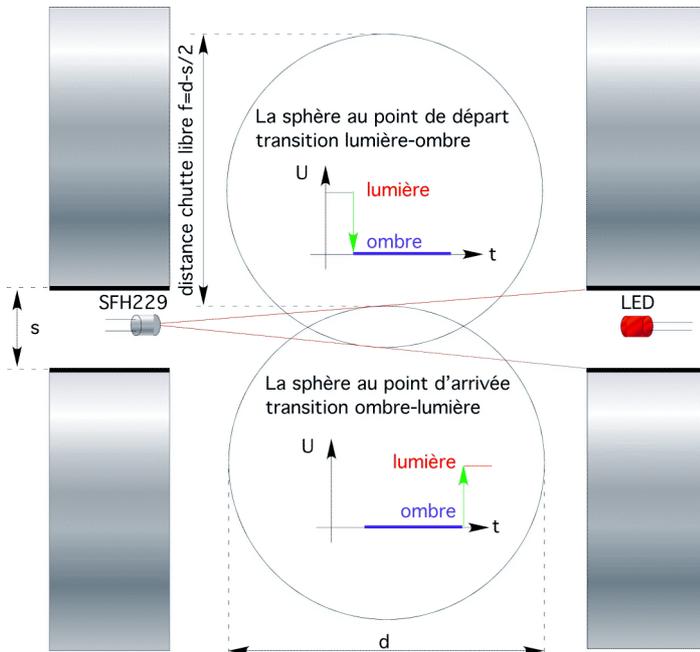


Figure 3 La position de la sphère au temps du départ et au temps d'arrivée

La distance du parcours qui engendre l'ombre sur le capteur SFH229 est donnée par $f = d - \frac{s}{2}$. Le diamètre de la sphère vaut $d = 22,22 \text{ mm}$ et l'ouverture pour le montage du capteur SFH229 vaut $s = 3 \text{ mm}$.

La figure 4 montre le signal de la tension enregistrée pendant un parcours. L'ombre enregistré par un des 21 capteurs SFH229 engendré par la sphère provoque la chute de la tension de la valeur maximale à zéro Volts. Ainsi on observe un signal rectangulaire pour chacune des transitions devant les capteurs séparées de 5 cm. La vitesse de la sphère est calculable par la division de la distance parcourue de la sphère par le temps écoulé pendant un passage devant un capteur. La valeur moyenne d'une transition est rapportée au temps central entre le temps du flanc négatif et du flanc positif.

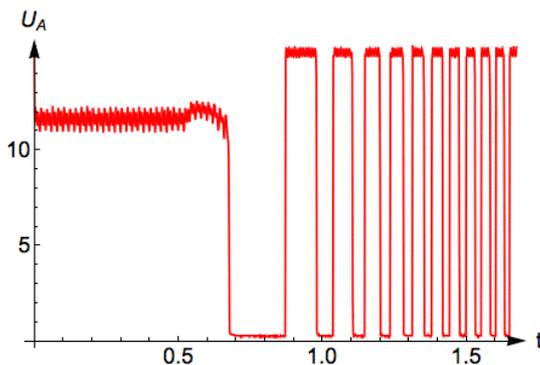


Figure 4 Le signal enregistré par l'oscilloscope Syscomp CircuitGear

L'angle formé par les rails et l'horizontale vaut $\alpha = 10,25^\circ$. Les valeurs digitales sont enregistrées au format csv (coma separated values). Elles sont utilisables par les programmes Excel et par Mathematica.

Je traite le fichier csv par le programme Mathematica. Mathematica lit les valeurs et détermine les fonctions $v(t)$ et $x(t)$.

La vitesse en fonction du temps se manifeste sous la forme d'une droite montrée dans la figure 5a. Les mesures du chemin en fonction du temps sont représentées par les points rouges dans 5b. La ligne bleue représente la meilleure parabole ou l'intégrale de la fonction $v(t)$.

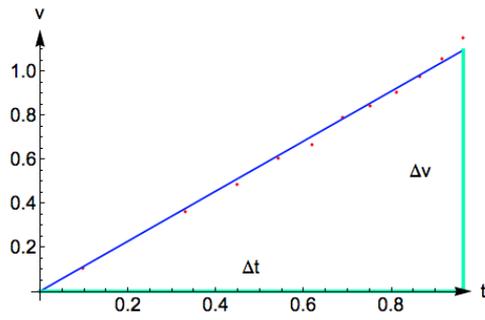
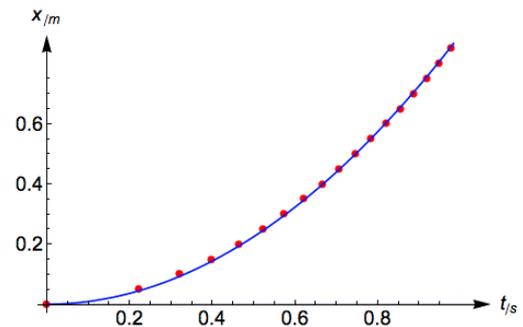


Figure 5
5a La vitesse en fonction du temps



5b chemin en fonction du temps

L'accélération constante est déterminée par la pente de la droite montrée au diagramme $v(t)$. Notre expérience nous fournit l'accélération:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1,13 \text{ m/s}^2.$$

Sans l'énergie de rotation et en négligeant le frottement, la valeur de l'accélération théorique fournit $a = 1,75 \text{ m/s}^2$. Il y a une différence considérable entre la valeur mesurée et la valeur théorique de l'accélération.

La vitesse v est une fonction linéaire du temps t et elle s'écrit.

$$v(t) = a \cdot t$$

Par sommation, l'intégration donc, on obtient le chemin en fonction du temps t .

$$x(t) = \int_0^t a \cdot t \cdot dt = a \frac{t^2}{2}$$

$$x(t) = \frac{a}{2} t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2x}{a}} \quad \Rightarrow \quad v(x) = a \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{2ax} = \sqrt{2a} \cdot \sqrt{x}$$

La fonction $v(x) \sim \sqrt{x}$ est une fonction racine. Pour la valeur théorique de $a = 1,13 \text{ m/s}^2$, on a $\sqrt{2a} = 1,503 \frac{\sqrt{m}}{s}$

La mesure nous fournit $v(x)$ pour $\sqrt{2a} = 4,436 \frac{\sqrt{m}}{s}$

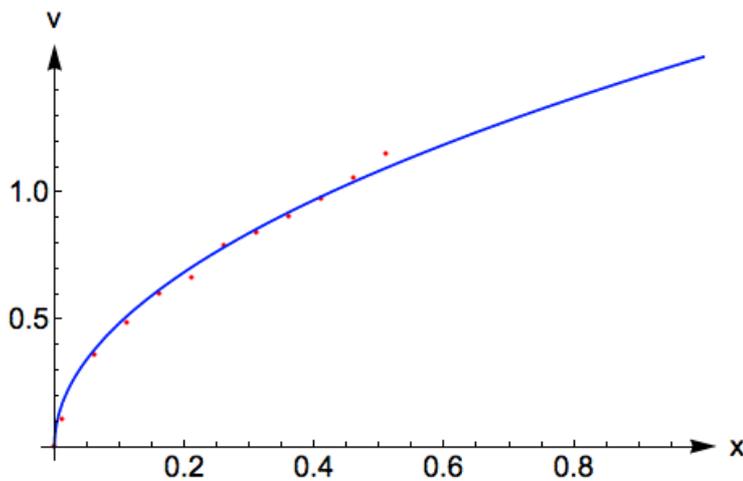


Figure 6 La vitesse en fonction du chemin.
(La courbe bleue est calculée et les points rouges sont des points mesurés)

La différence de la valeur mesurée et la valeur théorique de l'accélération sous la condition que le frottement est négligeable et que l'énergie de rotation ne joue pas de rôle demande une analyse plus détaillée de l'expérience. Nous déterminons le coefficient de frottement par la conservation des énergies.

L'électronique

L'électronique, capable de fournir un signal rectangulaire bien défini, est un développement de ma part. L'ombre de la sphère provoque une transition de la tension de la valeur maximale à zéro Volts.

La figure 7 montre l'appareil électronique avec les 6 lignes de commande pour les sorties et entrées (Exp), la sortie pour l'oscilloscope digitale Syscomp CircuitGear et les deux interrupteurs pour les LEDs et du courant pour le champ magnétique B qui retient la sphère métallique.



Figure 7 L'appareil de commande

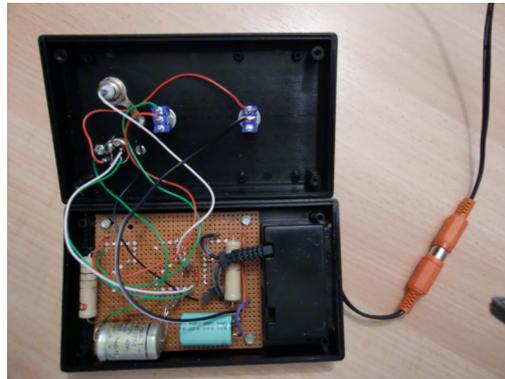


Figure 8 L'appareil de commande ouvert

La source de tension

L'alimentation de l'expérience peut se faire par les deux sources de tensions montrés dans les figures 9 ou 10. La tension doit être entre 12 et 15 Volts.

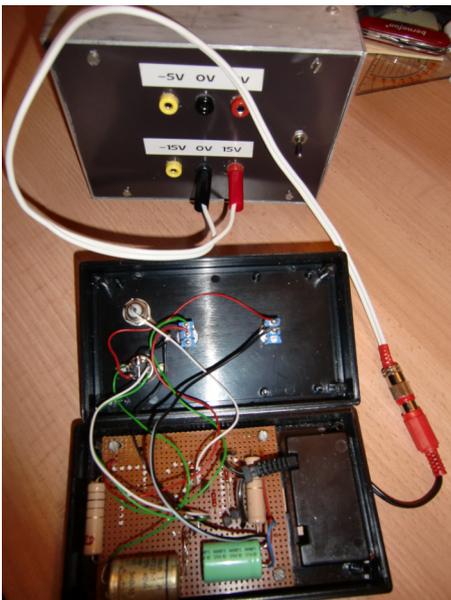


Figure 9 l'appareil ouvert et source de tension 15V

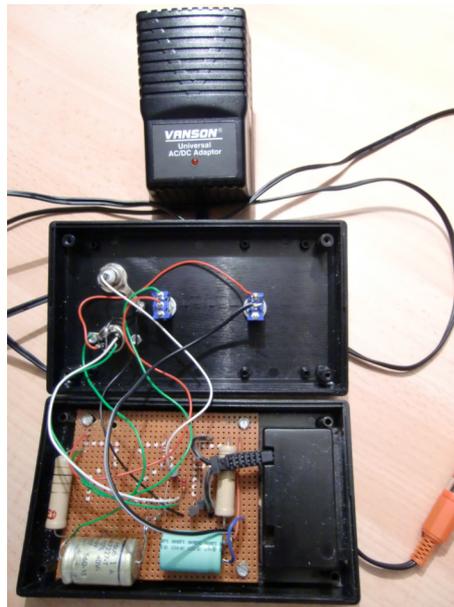


Figure 10 l'appareil ouvert et source de tension 12V