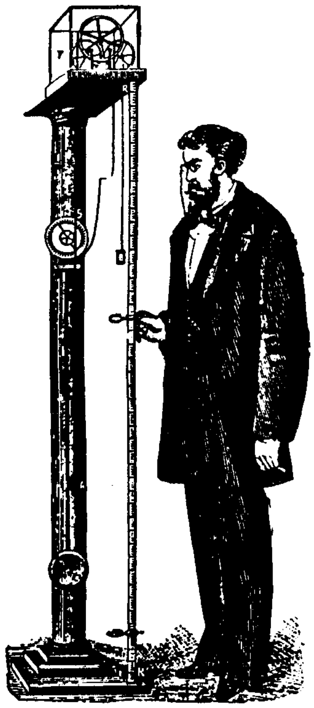
La machine d'Atwood



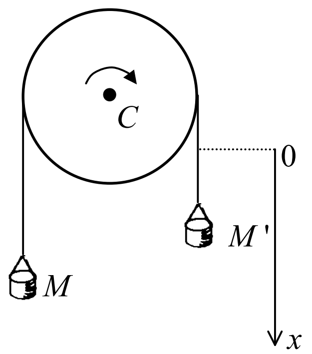
Buts de l'expérience

Etude d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA).

Matériel à disposition

- machine d'Atwood (support muni d'une règle graduée, poulie d'axe fixe, clapet de départ escamotable, butée d'arrêt, nacelles, surcharges calibrées, fil) ;
- dispositif de mesure de temps formés de deux barrières lumineuses amovibles et de deux horloges électroniques à affichage digital ; balance électronique ;
- alimentation électrique; fils de connexion.

Elément de théorie



La machine d'Atwood est constituée d'une poulie d'axe fixe. Cette poulie, qui tourne librement, porte sur sa jante un fil inextensible de masse négligeable, aux extrémités duquel sont accrochées deux petites nacelles. Trois masses sont accélérées. Les masses M et M' des nacelles chargées et la masse de la poulie, qui subit une accélération de rotation. Cette dernière masse correspond à une masse $M_{\text{inertie\_poulie}}$ de 50 [g] subissant une accélération rectiligne. Nous accepterons cette affirmation pour l'instant. Elle sera démontrée en fin d'année.
Si les contenus des nacelles ont des masses M et M', démontrez que l'accélération a_x de la nacelle de masse M' s'écrit :

$$a_x = \frac{(M'-M)\cdot g - F_{\text{frottement}}}{M + M' + M_{\text{inertie\_poulie}}} \quad (1)$$

$F_{\text{frottement}}$ = la force de frottement qui s'oppose à l'accélération.
Dans cette expérience, elle est petite.
On acceptera que $M_{\text{inertie\_poulie}} = 50$ [g]. (voir note (*))

Pour une surcharge de masse $(M' - M)$ donnée, l'accélération du système est donc constante.
Si l'origine de l'axe Ox est prise au point du départ arrêté, l'horaire du mouvement de la nacelle M' s'écrit : $x(t) = \frac{1}{2}\cdot a_x \cdot t^2$ (2)

et la vitesse de M' est : $v_x(t) = a_x \cdot t$ (3).

Des deux relations précédentes, déduisez la formule de Torricelli : $v_x^2(x) = 2\cdot a_x \cdot x$ (4).

<u>note (*) :</u>
La suite du cours montrera que : $M_{\text{inertie\_poulie}} = I_C / R^2$, où
I_C est le moment d'inertie de la poulie par rapport à son axe de rotation.
R est le rayon de la poulie.

suite au verso...

Manipulations et mesures

Mesurez la masse des nacelles. Attention, M et M' sont les masses des nacelles chargées !
La première barrière lumineuse étant fixée au niveau du départ arrêté de la nacelle, juste en dessous du clapet, placez la deuxième barrière à une distance d bien choisie de la première.
$d = 80$ [cm] est une bonne valeur pour une première mesure.
Après avoir choisi une surcharge $(M' - M)$, disposez avec précaution la nacelle M' sur le clapet de départ. Escamotez-le. M' descend en mouvement uniformément accéléré. Une des horloges indique la durée t du déplacement d. La deuxième horloge affiche le court intervalle de temps de passage de la nacelle devant la cellule de la deuxième barrière lumineuse. Connaissant le petit déplacement Δx correspondant à cet intervalle de temps Δt, le quotient de ces quantités permet une détermination satisfaisante de la vitesse "instantanée" de la nacelle à l'instant t, en d. $v_x(d) = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$
Répétez encore deux fois les mêmes mesures afin de calculer leur moyenne.

Préparez deux tableaux contenant 7 colonnes : d ; t_i ; t_{moyen} ; t^2_{moyen} ; Δt_i ; Δt_{moyen} ; v_x.
$t_i = t_1$; t_2 ; t_3 sont les 3 mesures de temps qui peuvent être mis dans une colonne, sur trois lignes.
$\Delta t_i = \Delta t_1$; Δt_2 ; Δt_3 peuvent être mis dans une colonne, sur trois lignes.

Faites une première expérience avec $M' - M = 16{,}00$ [g] et
d variant de 80 [cm] à 140 [cm], par pas de 20 [cm].

Après avoir **analysé** cette première expérience, répétez-la avec $M' - M = 8{,}00$ [g].

Présentation des résultats, pour chaque expérience faite avec une surcharge : $M' - M$.

A) Représentez **graphiquement** la position d en fonction du temps au carré t^2 (t^2 en abscisses, d en ordonnées). On obtient autant de droites qu'il y a de valeurs différentes de $(M' - M)$. La pente de chaque droite permet de déterminer, pour chaque surcharge, l'accélération a_x correspondante à l'aide de la relation (2).

B) La vitesse instantanée en t, à la position $x = d$, peut être déterminée par la relation :
$v_x(d) = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$, où
$\Delta x = 52$ [mm] équivaut à la hauteur de la nacelle à laquelle on a ajouté le diamètre approximatif de la cellule de la barrière lumineuse.
Δt est l'intervalle de temps mesuré correspondant.

B_1) Représentez graphiquement v_x en fonction de t.
La relation (3) de la page précédente montre qu'on peut obtenir **l'accélération** à partir de la pente de ce graphique.

B_2) Représentez graphiquement v^2_x en fonction de x.
La relation (4) de la page précédente montre qu'on peut obtenir **l'accélération** à partir de la pente de ce graphique.

La relation (1) permet aussi de calculer l'accélération a_x.

Comparez les quatre valeurs de a_x obtenues avec les méthodes précédentes et trouvez des explications plausibles des différences que vous constaterez. **Soyez critiques !**
Comparez les valeurs de a_x obtenues avec la surcharge $M' - M = 16{,}00$ [g] et celle obtenue avec la surcharge $M' - M = 8{,}00$ [g].