

MACHINE D'ATWOOD (SÉMINAIRE)

1 Introduction

Le physicien anglais George Atwood (1745-1807) publia en 1784 un ouvrage sur la mécanique de Newton, intitulé *A Treatise on the Rectilinear Motion and Rotation of Bodies: With a Description of Original Experiments Relative to the Subject*. Il y présenta quelques expériences pour illustrer les lois du mouvement uniformément accéléré. Vous effectuerez ici l'une d'elles: l'expérience de la *machine d'Atwood*¹. Cette expérience est décrite, sous différentes versions, dans la plupart des livres de mécanique classique.

Le montage est illustré à la Figure 1. Le but de cette expérience est d'appliquer les lois de Newton pour comparer l'accélération expérimentale à l'accélération théorique, obtenue à la section suivante.

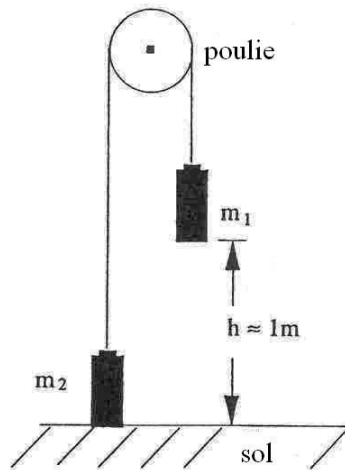


Figure 1: Machine d'Atwood

2 Théorie

Cette expérience illustre les deuxième et troisième lois de Newton, où la force extérieure est la force de gravitation, $F_{\text{grav}} = mg$. On peut montrer que l'accélération du système de la Figure 1, en fonction des masses m_1 et m_2 , est décrite par la relation

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (1)$$

D'après les équations de la cinématique, la distance de chute s d'une masse à partir du repos est donnée par la relation

$$s = \frac{1}{2} at^2. \quad (2)$$

¹Adapté de: Experiment 4 - Atwood's Pulley, *Physics Laboratory Manual- Phys 124/126*, Department of Physics, University of Alberta.

Dans cette expérience, vous ferez varier les masses de sorte que $m_1 + m_2$, i.e. la masse totale, restera constante. Seule $m_1 - m_2$ sera modifiée. Pour ce faire, la masse sera transférée d'un côté à l'autre de façon à garder la masse totale fixe. Ainsi, le temps de chute d'une distance s fixe changera. On ne demande pas d'effectuer de calculs d'erreur ni d'écrire un rapport long; vous remettrez tout simplement vos résultats tel que demandé lors du séminaire.

3 Manipulations

Vous avez deux supports de 500 grammes pour de petites masses fendues. Parmi ces masses, vous en avez deux de 5.0 grammes, deux de 2.0 grammes, et trois de 1.0 gramme, pour un total de 17.0 grammes.

1. Placez toutes les masses fendues (donc, 17.0 grammes) sur un des supports, que nous appellerons m_1 (masse la plus lourde). Aucune masse fendue est placée sur le deuxième support, appelé m_2 .
2. À l'aide de la balance, pesez la masse m_1 (la plus lourde, avec les masses fendues) et la masse m_2 (la plus légère, sans masse fendue). Ne tenez pas compte de l'erreur sur les masses.
3. Préparez le système tel qu'illustré à la Figure 1. Le dessous de la masse m_1 devrait être à environ 1.0 mètre du sol. Mesurez cette valeur, qui sera s dans les équations (2). Ne tenez pas compte de l'erreur sur cette distance.
4. Une fois les masses m_1 et m_2 initialement au repos, ou presque, laissez tomber la masse m_1 et mesurez le temps de chute t_a jusqu'au plancher. Répétez une seconde fois pour mesurer un temps t_b . Calculez le temps de chute moyen $t_{\text{moyen}} = \frac{1}{2} (t_a + t_b)$.
5. Transférez un gramme à la fois de m_1 à m_2 , de sorte que vous avez maintenant $m_1 - m_2 = 15.0$ grammes. Mesurez de nouveau la distance de chute s , car sa valeur pourrait avoir changé un peu.
6. Continuez à décroître la valeur de m_1 en transférant 1 gramme à m_2 , pour que $m_1 - m_2$ diminue de 2.0 grammes à la fois, et répétez les étapes 2 à 5. Vous aurez ainsi $m_1 - m_2 = 13.0$ grammes, 11.0 grammes, etc. Vous arrêterez lorsque m_1 ne tombera plus d'elle-même, et ce même si $m_1 - m_2 \neq 0$. Notez bien la valeur minimum de $m_1 - m_2$.
7. Déterminez l'accélération a en utilisant les valeurs mesurées de h et t_{moyen} .
8. Une fois toutes ces manipulations effectuées, complétez le tableau ci-dessous sur *Excel*. Vous convertirez ensuite vos résultats en unités SI (m, kg). Passez à la section *Analyse*.

masse		distance	temps		
m_1 (kg)	m_2 (kg)	s (m)	t_a (s)	t_b (s)	t_{moyen} (s)

Tableau des données expérimentales.

4 Analyse

Il vous faut tracer un graphique qui permette de comparer le mouvement de la machine d'Atwood à la prédiction de l'équation (1), donnée par la deuxième loi de Newton. Plus spécifiquement, vous variez l'écart de masses $m_1 - m_2$ et mesurez le temps t requis pour franchir une distance fixe s . La pente d'une droite appropriée (à vous de déterminer laquelle) vous donnera ainsi une valeur expérimentale de la constante gravitationnelle g_{exp} que vous pourrez comparer à la valeur théorique g_{th} . (Utilisez $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.)

1. D'après le paragraphe précédent, quelles quantités correspondent aux variables x et y ? Quelles sont les quantités qui représentent la pente et l'ordonnée à l'origine?
2. Tracez le graphique suggéré ci-dessus. Utilisez une régression linéaire avec *Excel*. Votre graphique doit montrer l'équation de votre droite, de façon à en déduire la pente et l'ordonnée à l'origine.
3. En utilisant votre pente expérimentale, calculez g_{exp} . Est-ce en accord avec la valeur théorique, g_{th} ?
4. Quelle est l'ordonnée à l'origine, à l'erreur près? Est-ce la valeur expérimentale de l'ordonnée à l'origine est égale à la valeur théorique?
5. Quelle est votre plus petite valeur de $m_1 - m_2$ telle que les masses accélèrent (obtenue à l'étape 7 des manipulations)? Comment interprétez-vous ce résultat?