

Étude de la roue de vélo

L'étude dynamique des solides en rotation autour d'un axe est de première importance dans certaines disciplines. Par exemple, il est nécessaire de connaître les caractéristiques des roues dans les véhicules afin de vérifier leur bon fonctionnement lors d'une course.

L'objectif de la méthode suivie dans ce TP est de déterminer les caractéristiques mécaniques d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.

Matériel à disposition

↔ Roue de vélo

↔ Webcam

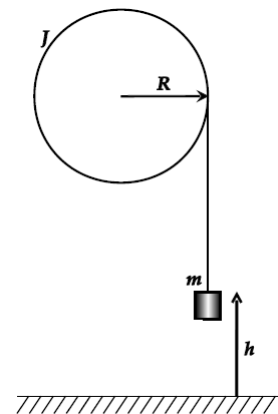
Modélisation de la roue de vélo

On place la roue de vélo sur un bâti, de telle manière qu'elle puisse effectuer une rotation autour d'un axe fixe Δ par l'intermédiaire de ses roulements à bille. Elle possède un rayon $R = 27,7$ cm et une masse $M = 500$ g.

Au moyen d'une ficelle, on lui accroche une masse m .

On peut enrouler le fil autour de la roue, puis la lâcher pour que la roue, au cours de sa rotation, laisse la masse retomber. On peut aussi, la roue étant au repos, donner une impulsion à la roue de vélo pour que la masse remonte, jusqu'à s'immobiliser (sans choc!) et enfin redescendre.

On fait l'acquisition de la position de la masse à l'aide d'une caméra rapide, réglée à 30 images par seconde (c'est un minimum pour obtenir des résultats exploitables), à haute résolution (pour effectuer un pointage précis).



1/ Quelle est la relation entre la vitesse de la masse et la vitesse angulaire de la roue ?

On néglige les frottements solides (principalement dus aux roulements de la bille) : on suppose la liaison pivot parfaite.

2/ Exprimer la tension du fil subie par la masse. En déduire l'expression de l'action du fil sur la roue.

3/ Appliquer le théorème du moment cinétique par rapport à l'axe Δ au système roue.

4/ En déduire la relation suivante :

$$\ddot{\theta} = \frac{\frac{g}{R}}{1 + \frac{J_{\Delta}}{mR^2}}$$

5/ En déduire l'expression de la vitesse de la masse en fonction de J_{Δ} .

6/ Élaborer un protocole expérimental permettant d'obtenir le moment d'inertie de la roue de vélo à l'aide d'un pointage vidéo.

Données :

- $J_{\Delta}(\text{disque plein}) = \frac{MR^2}{2}$
- $J_{\Delta}(\text{disque creux}) = MR^2$

Acquisition de la trajectoire de la masse

7/ À l'aide de la webcam convenablement réglée, faire l'acquisition du mouvement de la masse $m = 200$ g lors de sa descente. On prendra garde à avoir une vidéo exploitable.

8/ Faire un pointage de la position de la masse en fonction du temps en exploitant correctement l'étalon à l'aide de LATIS PRO.

Détermination de propriétés de la roue de vélo

1 - Détermination du moment d'inertie

☞ Réaliser votre protocole expérimental. Imprimer votre courbe.

9/ Le modèle est-il validé? Commenter.

10/ Comparer votre moment d'inertie avec la valeur attendue, dont on donnera un encadrement. Conclure.

2 - Détermination du couple de frottement

On introduit le couple de frottement solide, tel que sa puissance soit $P_{nc} = \pm\Gamma\dot{\theta}$.

On s'intéresse maintenant au deuxième mouvement, où la masse monte puis redescend sans choc.

☞ 11/ Montrer à l'aide du théorème de votre choix appliqué aux phases de montée et de descente que :

$$\begin{cases} \ddot{\theta}_{\uparrow} - \ddot{\theta}_{\downarrow} = \frac{2\Gamma}{mR^2 + J_{\Delta}} \\ \Gamma = mgR \frac{D-1}{D+1} \end{cases} \quad \text{avec } D = \frac{\ddot{\theta}_{\uparrow}}{\ddot{\theta}_{\downarrow}}$$

12/ Dans quel cas les frottements peuvent-ils être considérés comme négligeables? Non négligeables?

13/ Introduire une « masse limite » séparant ces deux régimes. Commenter.

☞ Faire une acquisition de la montée/descente et un pointage avec $m = 20$ g. Imprimer votre courbe et son ajustement.

14/ Évaluer Γ et la masse limite. Commenter.