

Dynamique du point et du solide

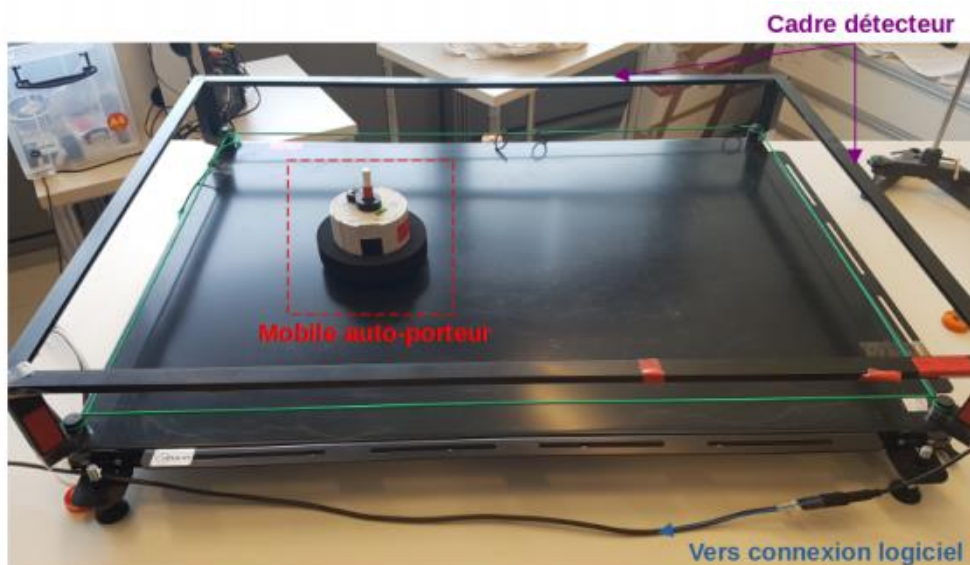
Matériel

- oscilloscope
- alimentation stabilisée 6V
- électroaimant
- fourches optiques
- bille
- mobile auto-porteur + table sans frottements
- pendule pesant + masses
- tachymètre de contact
- tachymètre optique
- gyroscope

Introduction

La mécanique s'attache à décrire les mouvements des corps. Il est important de bien définir le référentiel d'étude et de savoir s'il est galiléen ou non. Dans ce montage, on va vérifier certaines lois de la dynamique et discuter de différents systèmes et leur modélisation.

I Première loi de Newton

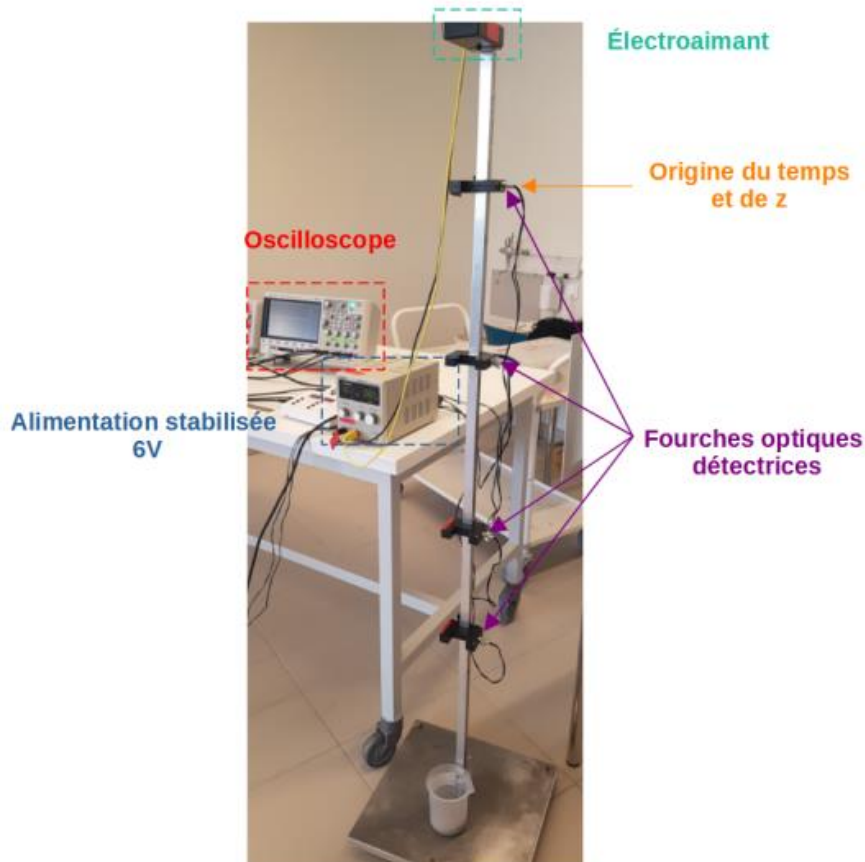


A l'aide de cette table et du mobile auto-porteur, on peut vérifier le principe d'inertie : "Tout point matériel dont la résultante des forces qui s'appliquent sur lui est nulle, est animé d'un mouvement rectiligne uniforme". Pour cela, il suffit de lancer le mobile sur la table et de lancer une acquisition sur le logiciel "Atelier scientifique". Le logiciel récupère les positions X et Y du mobile via le cadre détecteur. On peut remonter à la vitesse du mobile en fonction du temps en calculant la vitesse instantanée : $v_{x,i} = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t}$

En traçant la vitesse en fonction du temps, on peut observer la dispersion autour de sa valeur moyenne et conclure sur la validité du principe compte tenu de nos hypothèses.

Remarques : Avant quelconque mesure, il faut s'assurer que la table est bien horizontale pour négliger la pesanteur. Pour cela, on dispose de vis aux coins de la table pour ajuster l'horizontalité. Malgré ce réglage, l'horizontalité ne peut être réglée parfaitement : le mobile dérivera forcément de manière légère. On peut s'assurer qu'il n'y ait pas de dérive pour au moins une direction (par exemple selon les X) et mener l'étude du mouvement uniquement sur la composante X de la vitesse. Le système de détection est le suivant : le cadre est constitué d'une multitude de DEL infra-rouges qui envoient des signaux en permanence et de capteurs. Le mobile est surmonté d'un capuchon avec une bande réfléchissante : le logiciel suit donc sa trajectoire grâce aux rayons réfléchis. Pour respecter au mieux l'hypothèse de point matériel, il faut faire attention de bien lancer le mobile sans que celui-ci ne tourne sur lui-même.

II Deuxième loi de Newton : chute libre

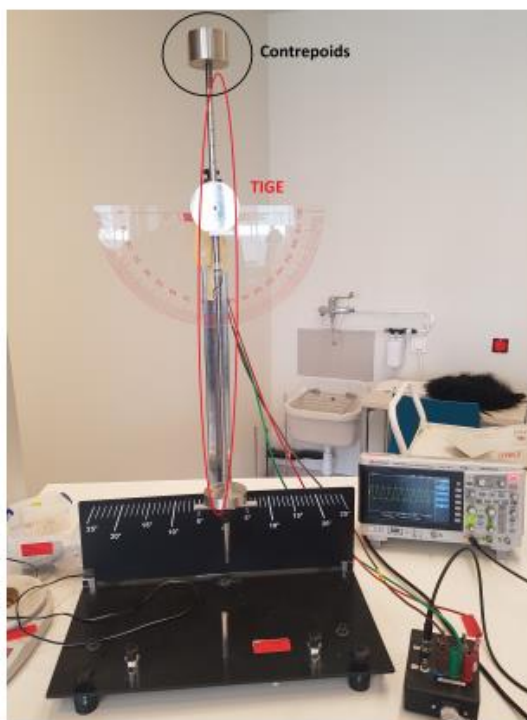


L'objectif est de vérifier la loi horaire, issue du PFD, qui donne la variation de hauteur en fonction du temps : $z(t) = \frac{g}{2}t^2 + v_0t$

Pour cela, on dispose de fourches optiques, reliées à un oscilloscope, qui génèrent un signal au passage de la bille. On remonte ainsi à $z(t)$ en relevant les positions des fourches et le temps de passage de la bille correspondant.

Remarques : Au préalable, il faut régler l'horizontalité de la plateforme à l'aide des vis et à l'aide d'un fil de plomb qui s'accroche à la place de la bille (étape indispensable sinon la bille risque de taper les détecteurs et de rebondir sur le sol au lieu du sceau de sable).

III Pendule pensant : point matériel ?



On commence par équilibrer le pendule à vide afin de s'affranchir par la suite du moment du poids s'appliquant sur l'ensemble {tige + contrepoids}. Le théorème du moment cinétique appliqué à l'ensemble {tige + contrepoids + masse m } aux petits angles s'écrit :

$J\ddot{\theta} + mgl\theta = 0$, avec $J = J_0 + ml^2 + \frac{mR^2}{4} + \frac{me^2}{12}$, R est le rayon de la masse, e est l'épaisseur de la masse. On fait de plus l'approximation d'un cylindre plein afin de faciliter le problème. On peut montrer que les moments d'inertie liés à R et e sont négligeables devant le terme ml^2 . On a donc :

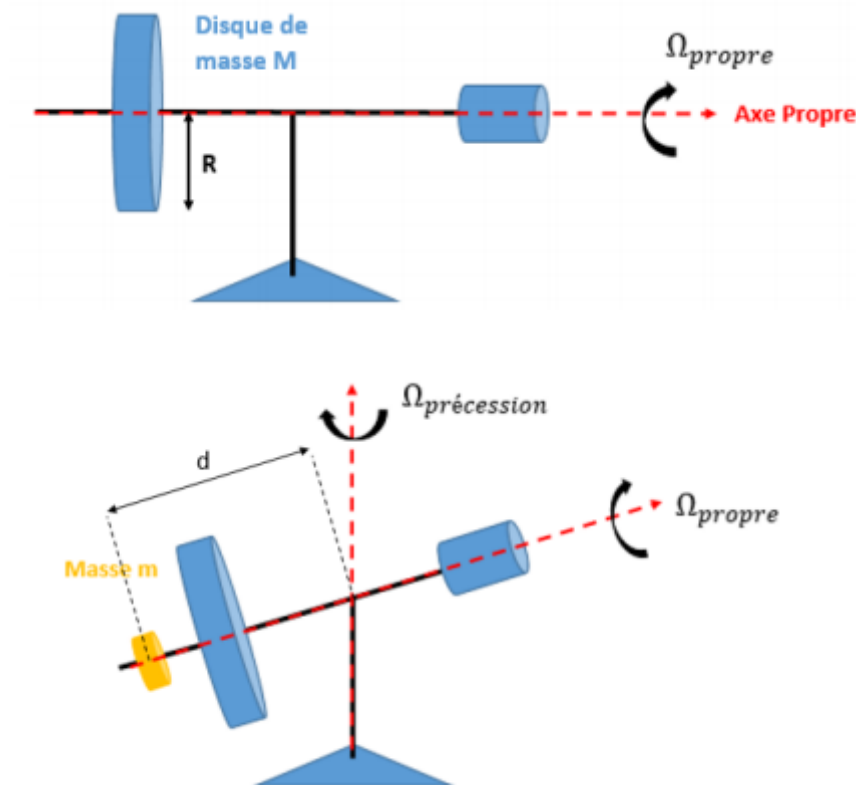
$$J = J_0 + ml^2$$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}}$ donc $T_0 = \sqrt{\frac{J_0}{mgl} + \frac{l}{g}}$. On trace T_0^2 en fonction de $1/m$: on obtient une droite. Pour différentes masses m , on récupère le signal sur un oscilloscope, on utilise le mode SINGLE et on mesure T_0 . On peut ainsi remonter à J_0 . On constate que J_0 n'est pas négligeable (devant ml^2). Il est possible de

traiter le pendule pesant comme un point matériel du point de vue de la dynamique car les moments d'inertie liés à R et e sont négligeables, à condition de ne pas oublier le terme J_0 .

IV Gyroscope

Le gyroscope est un exemple de système qui ne peut être traité par la dynamique du point. En effet, l'existence de degrés de liberté internes est propre aux solides. Un point matériel ne pourrait pas tourner sur lui-même.



Le but est de vérifier la relation suivante : $\Omega_{precession} = \frac{mgd}{J\Omega_{propre}}$

On trace $\Omega_{precession}$ en fonction de $1/\Omega_{propre}$.

On lance le gyroscope (équilibré au préalable) à l'aide d'une ficelle, afin d'avoir plus de force, et d'obtenir ainsi Ω_{propre} important pour pouvoir se placer dans l'approximation gyroscopique. Ensuite, on relève la valeur de Ω_{propre} à l'aide d'un tachymètre optique. On vient déséquilibrer ensuite le gyroscope en ajoutant la petite masse m . Le gyroscope se met à précesser. (ATTENTION ! pour certaines vitesses, il y a aussi un mouvement de nutation. Dans ce cas, attendre que le gyroscope se soit stabilisé). A l'aide d'un tachymètre de contact (positionné en dessous de l'axe de précession), on relève $\Omega_{precession}$. On obtient bien une fonction affine. On peut remonter à J en ordre de grandeur et la comparer à la valeur de $MR^2/2$.

Conclusion

Dans ce montage nous avons mis en évidence certaines lois de la dynamique et montré qu'un solide n'évolue pas comme un point matériel, et ne peut qu'être approximé comme tel que dans certains cas.