

Table des matières

1	Objectifs et messages de l'expérience	1
2	Utilisation dans un montage	1
3	Grandeurs mesurées	1
4	Éléments théoriques de l'expérience	2
5	Schéma de l'expérience et protocole à mettre en œuvre	2
5.1	Matériel	2
5.2	Expériences	2
6	Résultats obtenus et traitement des incertitudes	3
7	Analyse critique des résultats et interprétation	3
8	Subtilités de l'expérience et astuces	4
9	Bibliographie utile pour l'expérience	4

1 Objectifs et messages de l'expérience

- ▷ Le gyroscope est un système intéressant pour étudier la rotation des solides. Il est constitué d'une grande tige rigide au bout duquel est fixé un grand disque, et de l'autre côté une masse mobile permet de l'équilibrer. Cet ensemble est lui-même solidaire d'une autre tige verticale pouvant tourner sur elle-même en entraînant tout le système
- ▷ Les manipulations vont nous permettre de caractériser le gyroscope en évaluant notamment le moment d'inertie du disque, ou en étudiant les dynamiques lors d'un déséquilibre pour établir une relation entre les différentes rotations en jeu
- ▷ Il serait théoriquement possible d'étudier également la dynamique du gyroscope équilibré, mais cela se révèle compliqué avec le gyroscope de l'école qui ne présente pas vraiment les effets que l'on souhaiterait observer. Il est donc sans doute préférable de s'attarder sur les 2 autres manipulations

2 Utilisation dans un montage

- ▷ Montage 02 : *Dynamique du solide en rotation*
- ▷ Montage 05 : *Mesure de vitesse*

3 Grandeurs mesurées

- ▷ **Moment d'inertie**
- ▷ **Relation entre vitesse de précession (ω) et vitesse de rotation propre (Ω)** La vitesse de précession est la rotation de la tige verticale entraînant tout le gyroscope, et la vitesse de rotation est celle du disque autour de son axe

4 Éléments théoriques de l'expérience

- ▷ Etude mécanique de la chute libre d'une masse attachée au disque via une poulie
- ▷ Théorème de Huygens pour évaluer théoriquement le moment d'inertie du disque
- ▷ Relation théorique entre Ω et ω à partir de la conservation du moment cinétique

5 Schéma de l'expérience et protocole à mettre en œuvre

5.1 Matériel

- ▷ Un gyroscope
- ▷ Un oscilloscope
- ▷ Un ensemble de masse et des fils à y attacher
- ▷ Une poulie
- ▷ Une fourche optique (et son boîtier)
- ▷ Un tachymètre
- ▷ Un chronomètre
- ▷ Une balance

5.2 Expériences

► Mesure du moment d'inertie du Disque

Avant tout, on veille à ce que le gyroscope soit bien équilibré (=on veille à ce que le moment du poids soit positionné au niveau de la tige verticale). Pour cela, on déplace la masse à l'extrémité jusqu'à ce que le gyroscope soit aligné avec l'horizontal au repos. Ce réglage est normalement déjà fait sur celui de l'école

On attache ensuite une masse à un fil que l'on enroule sur le petit cylindre solidaire du disque, puis on se sert d'une poulie pour placer cette masse en position pour une chute libre. On mesure sa distance au sol, et tout en maintenant le gyroscope bien à l'horizontal, on lâche la masse et on chronomètre la durée que met la masse à tomber au sol. On peut ensuite remonter au moment d'inertie du disque avec la formule suivante : $I = r^2 m \left(\frac{gt^2}{2y} - 1 \right)$



Fig. 1 – Montage moment d'inertie

► Étude du gyroscope déséquilibré

On commence par déséquilibrer le gyroscope en insérant une masse en bout de tige. On place ensuite une fourche optique près du disque en plastique à la base du gyroscope, qui va servir à mesurer la vitesse de précession de celui-ci en envoyant un signal sur l'oscilloscope à chaque fois qu'elle détecte le passage d'une des marques noires du disque.

On lance alors le grand disque en rotation à la main ou à l'aide d'un fil entouré autour de lui. On va alors observer dans le même temps une vitesse de précession ainsi qu'une vitesse de rotation propre. La 1ère se mesure donc grâce aux signaux donnés par la fourche optique en comptant le temps entre chacun d'entre eux (sachant que 1 tour=10 pics), et la 2ème grâce à un tachymètre avec lequel on va viser la petite bande blanche sur le disque. On répète cette opération plusieurs fois en essayant le plus possible d'avoir des vitesses différentes

On peut finalement tracer Ω en fonction de $\frac{1}{\omega}$ pour vérifier la relation suivante : $\Omega = \frac{mgd}{I\omega}$



Fig. 2 – Montage gyroscope déséquilibré

6 Résultats obtenus et traitement des incertitudes

La mesure du moment d'inertie peut se comparer avec la valeur théorique provenant de l'application de la formule de Huygens, qui donne une valeur autour de $0.0135\text{kg}\cdot\text{m}^2$. Les incertitudes les plus importantes sont celles sur la mesure de la hauteur, et surtout celle sur le temps de chute, à cause du temps de réaction de l'expérimentateur.

Pour le gyroscope déséquilibré, comme il est impossible de choisir précisément les vitesses que l'on va mesurer, il faut faire un grand nombre de mesures pour effectuer une analyse statistique. On observe bien une tendance plutôt linéaire.

7 Analyse critique des résultats et interprétation

La valeur mesurée du moment d'inertie est normalement assez éloignée de celle donnée par Huygens (vers $0.011\text{kg}\cdot\text{m}^2$). Cet écart peut s'expliquer par une hypothèse forte faite lors du calcul de la formule du moment, qui est que l'accélération est constante. Cette hypothèse peut être remise en cause et pourrait

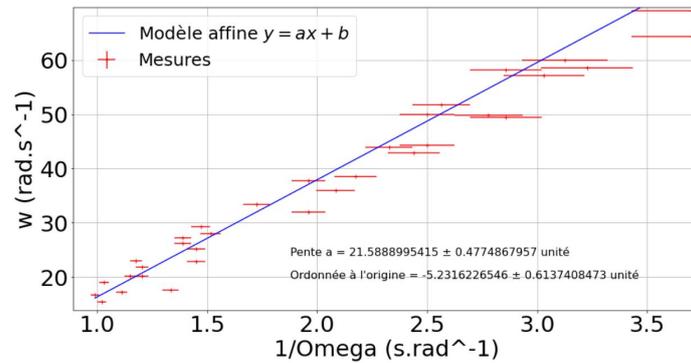


Fig. 3 – Caractérisation du comparateur

même être vérifiée grâce à une caméra et une analyse d'images. D'autres raisons, comme un fil et une poulie non parfaits, peuvent influencer sur la valeur

L'ajustement linéaire effectuée dans le cas du gyroscope déséquilibré donne un ordre de grandeur satisfaisant pour la pente, mais la valeur souffre toutefois d'un petit écart avec la pente théorique calculée grâce à la valeur théorique de I . Les mesures étant assez précises il s'agit ici plutôt d'un problème de justesse de l'ajustement

Celui-ci donne d'ailleurs une valeur d'ordonnée à l'origine non nulle, qui s'explique notamment par le fait que $\frac{1}{\omega}$ tend vers l'infini pour de petites valeurs de ω . Le modèle n'est donc valable que pour des vitesses suffisamment grandes

8 Subtilités de l'expérience et astuces

- ▷ Penser à se créer un bloc-notes ou une feuille de calculs avec toutes les formules. La composition des incertitudes pour le moment d'inertie est notamment très lourde

9 Bibliographie utile pour l'expérience

- ▷ Notice du gyroscope, qui détaille bien les calculs pour parvenir aux formules qui nous intéressent
- ▷ *Physique expérimentale*, Jolibon - qui détaille davantage l'étude du gyroscope déséquilibré et le calcul pour obtenir son moment d'inertie théorique. Attention toutefois car le gyroscope utilisé n'est pas du même type

