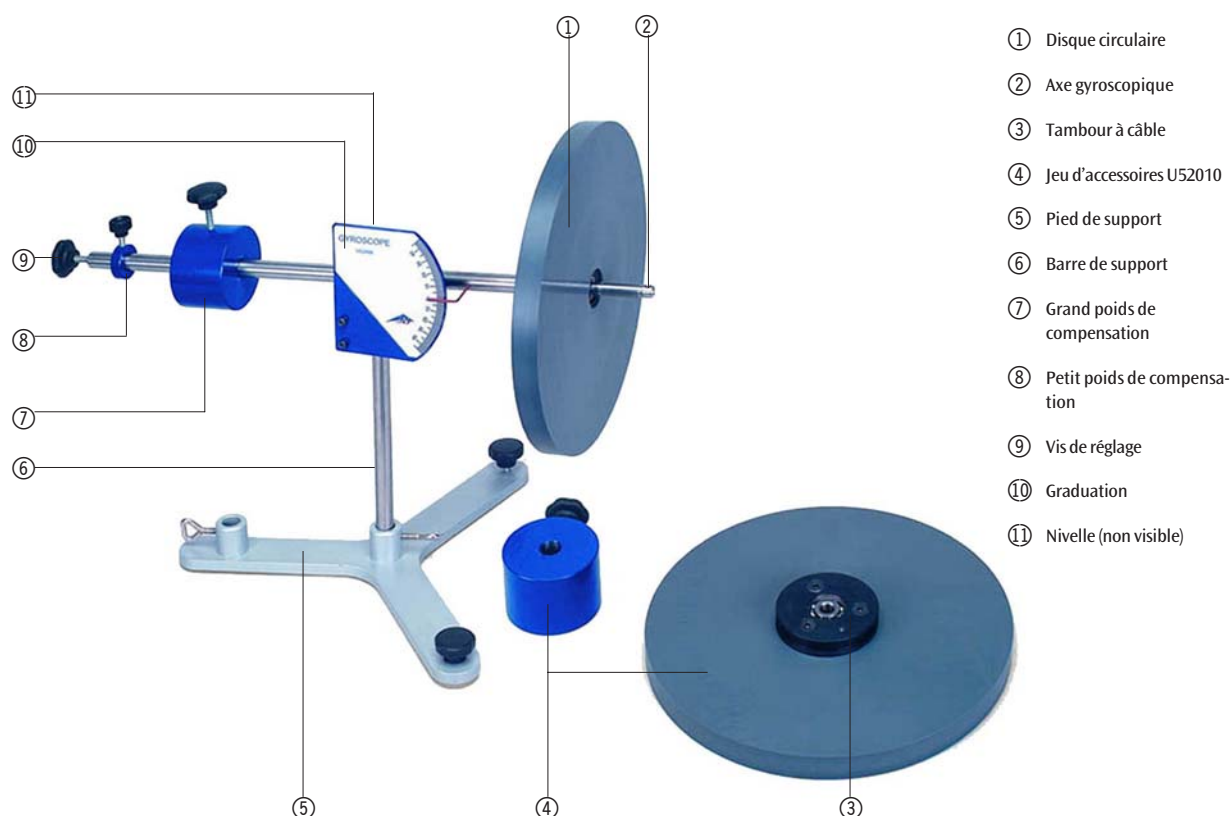


## Gyroscope U52006

### Accessoires pour gyroscope U52010

#### Manuel d'utilisation

9/05 ALF



Le gyroscope sert tant à la démonstration qu'à l'étude quantitative des lois gyroscopiques au cours d'expériences pratiques. Les thèmes suivants peuvent être traités par l'expérience :

- Moment d'inertie du disque circulaire
- Couple de rotation / moment angulaire
- Précession
- Nutation

#### 1. Consignes de sécurité

- Veillez à ce que le gyroscope soit installé sur un support stable.
- Veillez à ce qu'aucune petite pièce du gyroscope (disque circulaire, poids) ne puisse tomber.

#### 2. Description, caractéristiques techniques

##### 2.1 Gyroscope

Le gyroscope est constitué d'un axe ②, basculable et pivotable, monté sur une barre de support ⑥, et dont l'un des côtés reçoit un disque circulaire ① monté sur un double roulement à billes. Sur le côté opposé se trouvent deux poids de compensation déplaçables ⑦, ⑧ permettant d'établir l'équilibre, l'ajustage fin étant assuré par une vis de réglage ⑨ disposée à l'extrémité de l'axe. Pour générer des couples de rotation extérieurs, on accroche un poids supplémentaire à l'axe. L'angle d'inclinaison de l'axe est indiqué par une graduation ⑩ de bonne lisibilité. Une nivelles ⑪ permet d'ajuster l'orientation horizontale du gyroscope. Le disque peut être mis en rotation à la main ou avec un cordon, le double rou-

lement à billes garantissant un long temps de rotation, pratiquement sans frottement. La construction ouverte du gyroscope permet une très bonne observation des phénomènes gyroscopiques.

Graduation :	de $-45^\circ$ à $+45^\circ$
Division de la graduation :	$1^\circ$
Disque circulaire :	$\varnothing 250$ mm
Masse du disque :	1 500 g
Masse des contrepoids :	50 g, 1 400 g
Masse totale :	4 650 g

## 2.2 Accessoires pour gyroscope

Le jeu d'accessoires pour le gyroscope U52006 comprend un disque circulaire supplémentaire et un poids de compensation. Il permet de démontrer l'annulation des phénomènes gyroscopiques en présence de deux disques tournant à la même vitesse dans le sens opposé.

### 3. Théorie

Un gyroscope est un corps rigide qui tourne sur un axe fixé en un point. Si aucun couple de rotation n'est exercé sur le gyroscope, l'axe de rotation (en même temps axe du moment angulaire) conserve sa position dans l'espace. Lorsqu'une force extérieure est exercée sur l'axe, le couple de rotation entraîne une modification du moment angulaire. L'axe dévie latéralement. Le gyroscope se déplace dans le sens vertical à l'axe figuré et à la force exercée. Ce mouvement est appelé « précession ». Lorsqu'un gyroscope qui est en train de tourner calmement subit un choc dans le sens opposé à sa rotation, ce couple de rotation entraîne un mouvement de rotation supplémentaire. Le gyroscope effectue des mouvements de basculement, appelés « nutation ». Généralement, ces deux mouvements se superposent.

### 4. Commande

- Placez le pied de support ⑤ sur une plaque de travail plane et exempte d'oscillations.
- Disposez et fixez la barre de support ⑥ dans le pied de support.
- Insérez l'axe ② du gyroscope dans le palier.
- Avec la nivelle ⑪, ajustez l'appareil en position horizontale.
- Glissez le disque circulaire ① et les contrepoids ⑦, ⑧ sur l'axe. Fixez le disque avec le circlip. Amenez le gyroscope en position d'équilibre. Procédez à un ajustage fin avec la vis de réglage ⑤.
- Faites tourner le gyroscope à la main ou à l'aide du cordon enroulé sur le tambour ③.

### 5. Exemples d'expériences

Pour réaliser les expériences, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

- U11901 Chronomètre incrémental mécanique pour mesurer la fréquence de précession et de nutation

- U15002 Barre de support et U13250 Manchon double pour fixer le gyroscope
- U18020 Barrage photoélectrique et U21005 Compteur numérique pour mesurer le temps de rotation du disque circulaire

### 5.1 Détermination du moment d'inertie du disque circulaire

- Construisez le gyroscope comme le montre la figure 1 et mettez-le en équilibre.
- Un couple de rotation  $D$  connu est exercé sur le disque. Mesurez l'accélération angulaire  $d\omega/dt$ .

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{D}{I}$$

- Pour cela, enroulez le cordon sur le tambour et accrochez un poids à l'extrémité du cordon. Puis, laissez tomber le poids.
- Pour le couple de rotation  $D$ ,  $D = mgr$  ( $m =$  masse du poids qui accélère et  $r =$  rayon du tambour).
- Pour déterminer l'accélération angulaire, mesurez le temps  $\Delta t$  entre la libération du disque et l'impact du poids au sol.
- Puis, déterminez immédiatement la vitesse angulaire  $\omega_f$ . A cet effet, mesurez avec le barrage photoélectrique la durée d'une rotation du disque. Avant l'expérience, collez un ruban de papier doux sur le bord du disque.
- Le moment d'inertie  $I$  résulte de l'équation suivante :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_f}{\Delta t} \quad I = \frac{D \Delta t}{\omega_f}$$

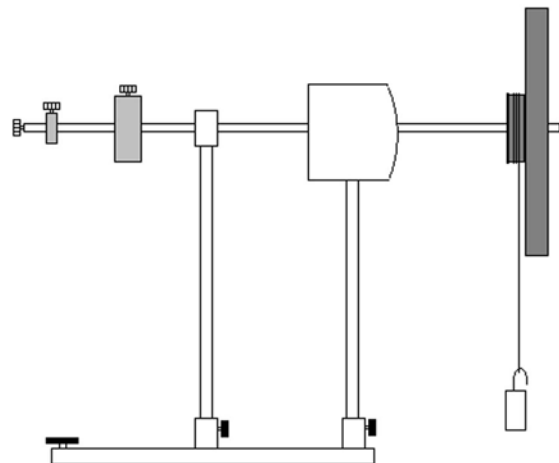


Fig. 1 : Détermination du moment d'inertie du disque circulaire

### 5.2 Précession

- L'objectif de l'expérience est de démontrer la précession et d'étudier le rapport entre la durée de précession et la fréquence de rotation du disque.
- Construisez le gyroscope comme le montre la figure 2 et mettez-le en équilibre.
- Accrochez le poids supplémentaire à l'axe.

- Faites tourner le gyroscope à la main ou à l'aide du cordon.
- Le gyroscope effectue un mouvement de précession.
- Déterminez la fréquence de rotation  $f$  du disque et mesurez la durée d'une rotation de précession  $T_p$ .
- Le rapport entre  $f$  et  $T_p$  résulte de l'équation suivante :

$$f = \frac{m g R}{4\pi^2 I} T_p$$

$R$  représente l'écart entre le point de palier de l'axe du gyroscope et le point d'attaque de la masse supplémentaire  $m$ .

- Saisissez d'autres points de mesure tandis que la fréquence de rotation diminue.
- Reportez dans un système de coordonnées la fréquence de rotation comme fonction de durée d'une rotation de précession.
- Comme variante à la méthode décrite ci-dessus, on peut déterminer le moment d'inertie  $I$  du disque circulaire à partir de la pente  $a$  de la droite :

$$f = \frac{m g R}{4\pi^2 a}$$

- Répétez l'expérience avec d'autres poids supplémentaires. On peut démontrer que la masse supplémentaire est environ proportionnelle à la fréquence de précession.

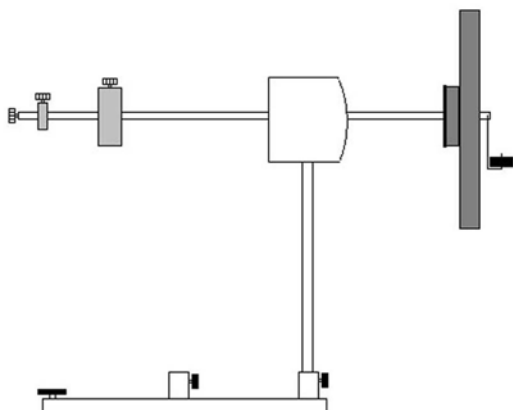


Fig. 2 : Précession

### 5.3 Nutation

- L'objectif de l'expérience est de démontrer la nutation et d'étudier le rapport entre la durée de nutation et la fréquence de rotation du disque.
- Construisez le gyroscope comme le montre la figure 3 et mettez-le en équilibre.
- Faites tourner le disque circulaire à la main ou à l'aide du cordon.
- Un léger coup latéral porté sur l'axe du gyroscope déclenche la nutation.
- Pour l'étude quantitative de l'expérience, déterminez la durée d'un nombre adéquat de tours de nutation.
- Ensuite, mesurez le temps de rotation du disque circulaire.

- Saisissez d'autres points de mesure tandis que la fréquence de rotation diminue.
- Reportez dans un système de coordonnées la fréquence de nutation comme fonction de fréquence de rotation du disque.
- La fréquence de nutation est proportionnelle à la fréquence de rotation.

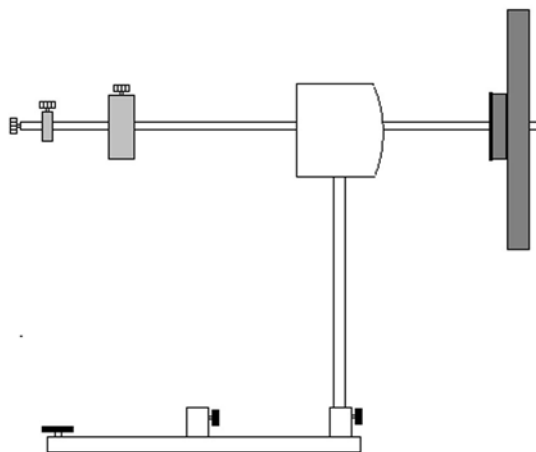


Fig.3 : Nutation

### 5.4 Annulation des phénomènes gyroscopiques

- Placez le second disque circulaire et le poids de compensation comme le montre la figure 4. Fixez le disque avec le circlip.
- Equilibrez le gyroscope.
- Mettez la masse supplémentaire.
- Faites tourner les disques de telle manière qu'ils tournent dans un sens opposé. Pour bien illustrer le sens de rotation, vous pouvez coller un morceau de papier blanc sur les disques.
- Démontrez la précession et la nutation.
- Puis, enroulez les deux extrémités du cordon sur les tambours correspondants dans un sens opposé.
- Tirez sur le cordon. Les deux disques tournent à peu près à la même vitesse, mais en sens opposé.
- Démontrer l'annulation des phénomènes gyroscopiques.

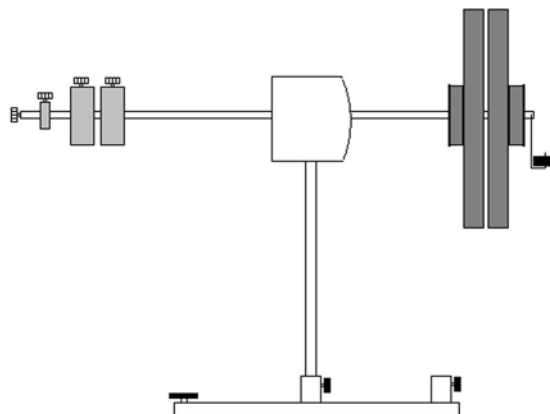


Fig. 4 : Annulation des phénomènes gyroscopiques