TP N 3 : Gyroscope

(Licence N1 /Durée 3H)

Objectifs :

- Comprendre le phénomène gyroscopique
- Savoir équilibrer un couple statique appliqué par l'intermédiaire d'une masse, par un couple gyroscopique de sens contraire

Conditions de réalisation :

- Règle
- calculatrice
- Polycopiés fascicule

Connaissances acquises :

- Connaissances de base en dynamique de solide
- Techniques de mesures

Evaluation :

- Motivation, travail réalisé 50 %.
- Entretien et compte rendu 50%.

Dossier Technique

1-Introduction :

Le couple gyroscopique peut être crée par deux rotations :

- Une rotation de précession ou vitesse angulaire de précession ω_p (rad/s)
- Une rotation propre ou vitesse angulaire propre ω (rad / s)

Parmi les mouvements gyroscopiques on cite :

- Le mouvement de la terre : rotation autour de son axe et rotation autour du soleil
- Le mouvement d'une toupie …

2-Buts :

- ✓ Equilibrer un couple statique appliqué par l'intermédiaire d'une masse, par un couple gyroscopique de sens contraire.
- ✓ Etudier la variation du couple gyroscopique en fonction de la masse appliquée
- ✓ Vérifier l'expression théorique du couple gyroscopique.

3-Principe :

Cette manipulation comporte deux phases :

- La première consiste à déterminer le moment d'inertie du rotor (ou volant induit) par la méthode de la pendule par rapport à l'axe horizontal.
- La seconde est relative à la détermination du couple statique et du couple gyroscopique de sens inverse permettant de réaliser l'équilibre du rotor.

4-Description du matériel :

Le banc gyroscopique est constitué d'un moteur à axe horizontal à la position d'équilibre. Ce moteur est formé par un rotor (volant induit) et un stator pouvant effectuer des angles dans un sens ou dans l'autre.

L'ensemble peut être entraîné en rotation à vitesse variable. Les deux moteurs sont commandés par deux alimentations indépendantes.

La vitesse de rotation propre **ω** du volant est mesurée par **un tachymètre** qui indique le nombre de tours effectués par minute.

La vitesse angulaire de précession **ω p** est mesurée à l'aide d'un chronomètre.

La pendule est constituée par le volant induit rotor suspendu par deux fils métalliques.

Exemple de banc de gyroscope

Dossier de référence

☒ Le couple gyroscopique est défini par l'expression :

$$\mathbf{C = I\ \omega\ \omega_p} \quad \text{(N.m)}$$

I : moment d'inertie du rotor (Kg m²)

ω : Rotation propre autour de l'axe horizontal (rad / s)

ω_p : rotation de précession autour de l'axe vertical (rad / s)

☒ Le moment d'inertie du rotor autour de l'axe horizontal (1) peut être déterminé par la méthode de la pendule en écrivant la relation fondamentale de la dynamique.

- $Mg/2 \sin\Phi \ .d = I\ \theta$
- Φ étant faible donc $\sin\Phi \approx \Phi$

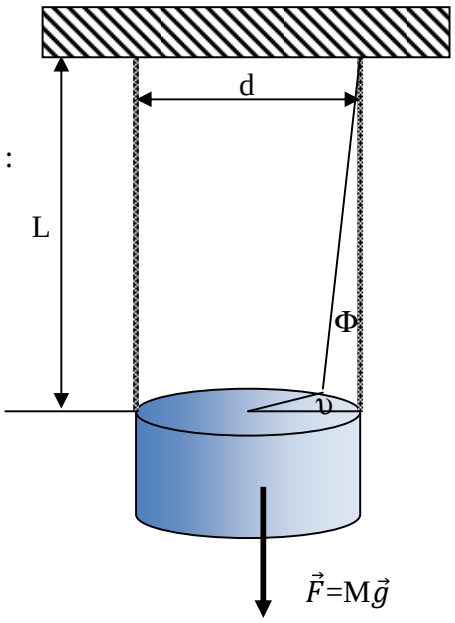
& $L\Phi = d/2\ .\ \theta \Rightarrow \Phi = d\Phi\ /\ 2L$

$I\theta + Mg/2 * d^2\ /2L * \theta = 0$

On trouve : $\theta + M g d^2 / 4LI\ \theta = 0$

☒ En posant $w^2 = M g\ d^2 / 4L I$ on détermine la période T :

$$T = 2\pi.\sqrt{\frac{4L.I}{Mg.d^2}}$$



☒ On obtient ainsi l'inertie :

$$I = \frac{Mg\ .d^2.T^2}{16\pi^2.L}$$

Dossier pédagogique

1-Mode opératoire:

☒ **Moment d'inertie du rotor :**

- Faire tourner le volant induit autour de son axe d'un angle faible et laisser osciller librement.
- Noter le temps correspondant à **20** oscillations (t en secondes)
- Calculer la période **T** par **T = t / N** (en secondes)
  N est le nombre d'oscillation (N = 20 osc)

☒ **Couple gyroscopique :**

- Enlever la coupole en plastique et régler par la masse coulissante l'horizontalité de l'axe du volant induit « **rotor** » .
- Visser deux masses disposées symétriquement (de masse totale = **m**) sur le bras de chargement.
- L'équilibre est alors détruit, remettre la coupole et mettre le volant induit en rotation pour une vitesse de rotation propre **N** donné.
- Appliquer d'une façon lente et progressive une rotation de précession (autour de l'axe vertical) pour ramener le volant induit " rotor " en position horizontale (pour rétablir l'équilibre).
- Une fois l'équilibre assuré, noter le temps nécessaire **tp** pour un nombre de tours **np** et déterminer la vitesse de précession **Np** en trs / mn (ou **ωp** en rad / s).
- Le couple gyroscopique équilibre donc le couple statique tel que :

$$\mathbf{C + M = 0}$$

$$\underline{\textbf{Avec}}\ \mathbf{C = I\ \omega\ \omega_p}$$

$$\underline{\&}\quad \mathbf{M = m\,.\,g.\,d}$$

d :étant le bras de levier (d = 0.14 m) et g = 9.81 m / s²

2-Travail demandé :

Pour chaque masse vissée, déterminer le couple statique et le couple gyroscopique correspondant en dressant le tableau de valeurs expérimentales ci – dessous.

On effectuera trois essais seulement pour trois valeurs différentes de la masse m : m = 100 ; 200 ; 300 g

1. Calculer le moment d'inertie du volant induit.
   La masse du volant est **M = 1.09 Kg d** et **L** sont à mesurer.
2. Tracer la fonction **1/ ωp** en fonction de **ω** (**$1/\omega_p = f(\omega)$**) pour m1, m2, m3
3. Déterminer à l'aide des courbes tracées les couples **C1**, **C2**, **C3**.
4. Tracer la variation du couple gyroscopique **C** en fonction de **ω_p**(**$C = f(\omega_p)$**) pour N = 2500 trs / mn
5. Tracer la variation du couple gyroscopique **C** en fonction de **ω**
   (C = f(ω)) pour ωp = 2.50 rad / s
6. Comparer **C1** et **M** (m1) ; **C2** et **M** (m2) ; **C3** et **M** (m3).
7. **7-** Conclure.

Annexe

Masses (g)	N (tr/mn)	n_p (tr)	T_p(s)	N_p(tr/mn)	ω (rad/s)	$ω_p$(rad/s)
50 + 50	3000					
	2500					
	2000					
	1500					
	1000					
	500					
100 + 100	3000					
	2500					
	2000					
	1500					
	1000					
	500					
150 + 150	3000					
	2500					
	2000					
	1500					
	1000					
	500					