TP 6 : PHENOMENE GYROSCOPIQUE

Objectifs :

- Mettre en évidence expérimentalement **la relation moment d'inertie, couple gyroscopique** pour différentes masses.
- Déterminer expérimentalement pour chaque couple et masse la fréquence nécessaire d'équilibrage c'est-à-dire le couple gyroscopique correspondant.

Condition de Réalisation :

- Fascicule du TP
- Salle de TP mécanique générale & RDM
- Banc d'essai gyroscopique TM104.

Mots Clés :

- Couple gyroscopique
- Phénomène gyroscopique
- Inertie, rotation propre, rotation de précession

Pré - requis :

- Cours de mécanique générale (les angles d'Euler).
- Cours de mécanique générale (Dynamique, moment d'inertie).

Génie mécanique - ISET Siliana

DOSSIER TECHNIQUE

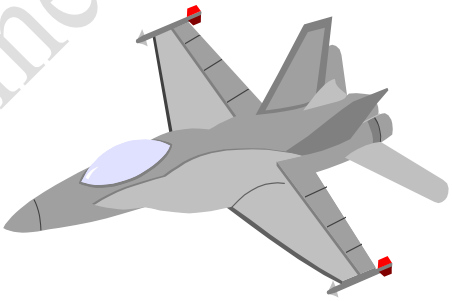
A - Mise en situation :

L'action gyroscopique apparaît lorsque l'axe d'un solide est astreint à changer sa direction si un couple est appliqué a l'axe de rotation, un moment de réaction s'oppose et tend à tourner l'axe dans un plan perpendiculaire au plan d'action du moment extérieur.

Ce couple de réaction est appelé « couple gyroscopique ».

Utilisation industrielle :

L'étude du couple gyroscopique est importante dans la mécanique des véhicules. Le couple gyroscopique peut introduire des effets indésirables sur la stabilité des véhicules, par exemple quand la roue d'un véhicule roule sur un virage, le couple gyroscopique, produit par le changement de direction de l'axe de la roue, tend à tourner le véhicule. ans le cas d'un avion changement de direction, le couple gyroscopique due à la rotation des réacteurs tend à piquer ou cabrer l'appareil.



Génie mécanique - ISET Siliana

B - Banc gyroscopique :

Le couple gyroscopique peut être créer par deux rotations :

- rotation de précession ou vitesse de précession **ωp** (rd/s).
- rotation propre ou vitesse angulaire propre **ω** (rd/s).

Parmi les mouvements gyroscopiques on cite :

- mouvement de la terre : rotation autour de son axe et rotation autour du soleil.
- Mouvement d'une toupies…

Le banc gyroscopique est constitué d'un moteur à axe horizontale 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 entraîner en rotation à vitesse variable. Les deux moteurs sont commandés par une alimentation indépendante.

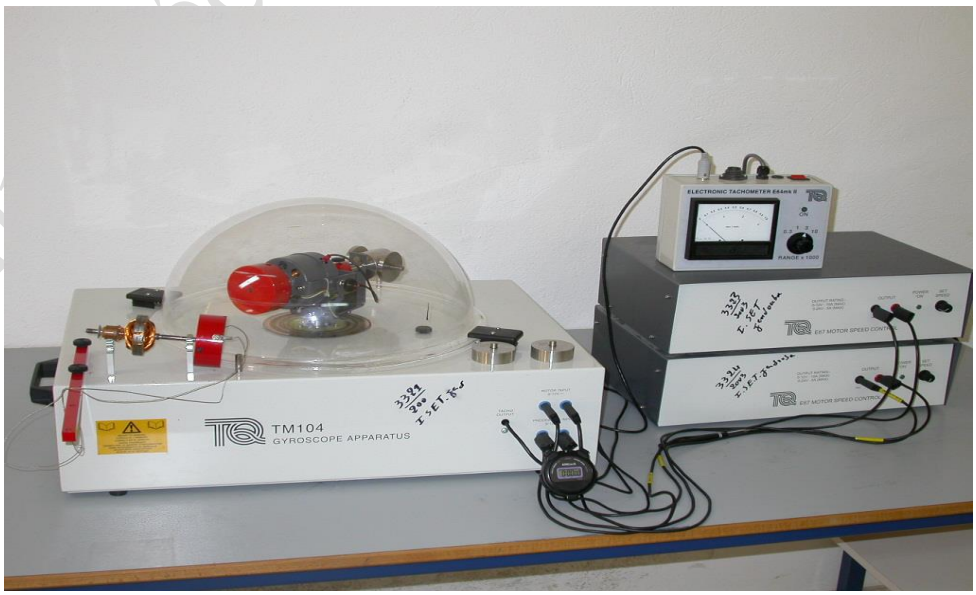
La vitesse de rotation propre **ω** du volant est mesurée par un tachymètre qui indique le nombre de tour effectués par minute :

N= nombre de graduation* calibre*1000 (tr/mn).

La vitesse angulaire de précession **ωp** est mesuré à l'aide d'un chronomètre.

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

d= 0.14m (d étant le bras de levier)



Génie Mécanique - ISET Siliana

DOSSIER DE REFERENCE

A - Eléments théoriques

A – 1 – couple gyroscopique :

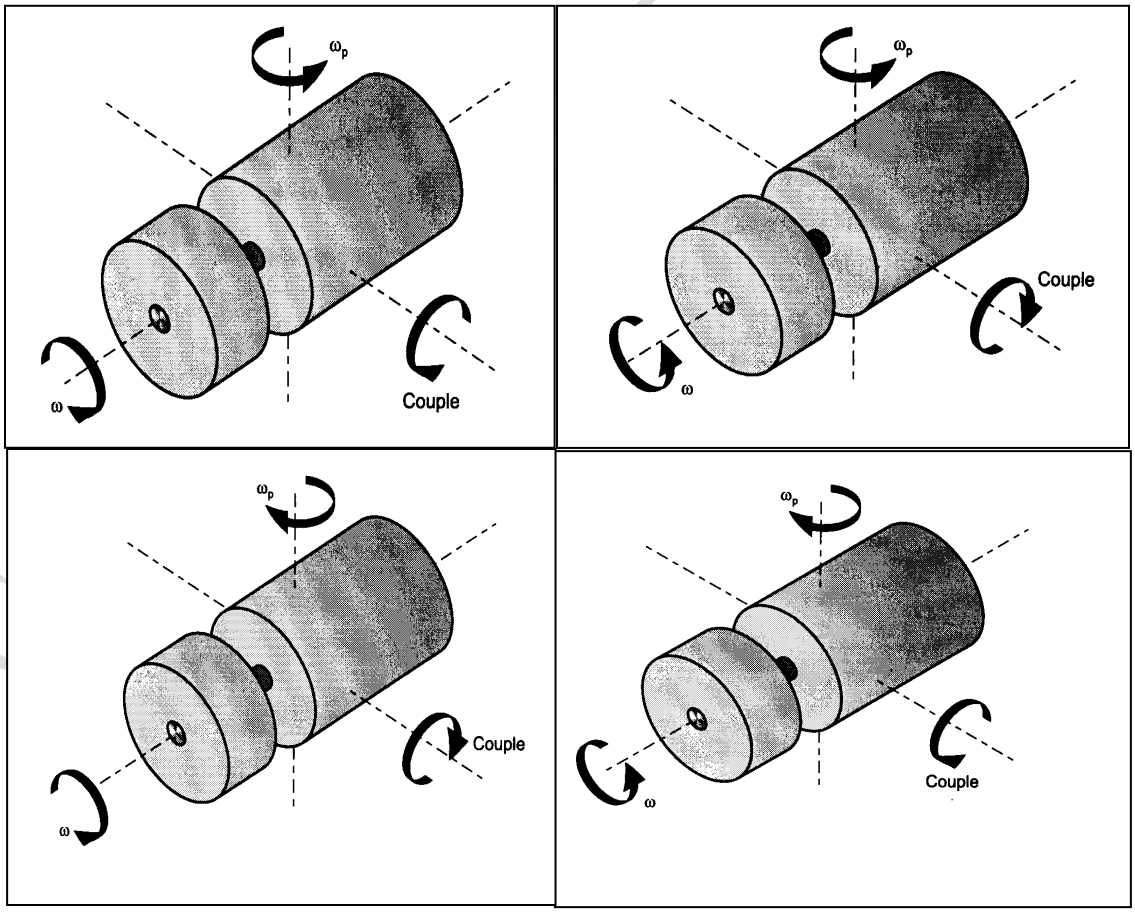
Le couple gyroscopique est défini par l'expression

$$C = I.\ \omega.\ \omega p \text{ (N.m)}$$

I : le moment d'inertie du rotor (kg.m).

ω : rotation propre autour de l'axe horizontal (rd/s).

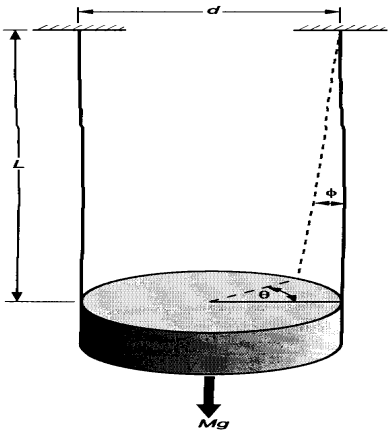
ωp: rotation de précession autour de l'axe vertical (rd/s).



ISET Siliana

A – 2 – Moment d'inertie du rotor :

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



- $(M/2)g.\sin\varphi.d = I\theta''$ or φ étant faible donc $\sin\varphi = \varphi$.

Et $L\varphi = \theta.\, d/2$ $\Rightarrow$ $\varphi = \theta.\, d/(2L)$

Alors : $I\theta'' + M\, g/2\, .\, d^2/(2L)\, .\, \theta = 0$

On trouve :

$\theta'' + M\, g\, .\, d^2/(4IL)\, .\, \theta = 0$

on pose : $w^2 = M\, g\, .\, d^2/(4IL)$; on détermine la période T :

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

On obtient ainsi le moment d'inertie I :

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

Génie mécanique - ISET Siliana

DOSSIER PEDAGOGIQUE

Travail demandé :

1- 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** (s), (**N = 20** oscillations)

2- Couple gyroscopique :

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

$$\mathbf{C + M/_{(2)} = 0}$$

avec :

$$\mathbf{C = I.\ \omega.\ \omega p} \quad \text{et} \quad \mathbf{M/_{(2)} = m.g.d}$$

d= 0.14m (d étant le bras de levier, et g = 9.81 m/s^2)

3- Manipulations :

- **Etude expérimentale :**

Pour chaque masse vissée, déterminer le couple gyroscopique correspondant en dressant le tableau statique gyroscopique correspondant en dressant le tableau de valeurs expérimentales (voir fiche compte rendu). On effectuera trois essais seulement pour trois valeurs différentes de la masse (m = 100, 200 et 300g).

Génie mécanique - ISET Siliana

➢ **Exploitation des résultats :**

- Calculer le moment d'inertie du volant induit ; la masse du volant est M = 1.09 kg ; d et L sont à mesurer.
- Tracer la fonction 1/ωp en fonction de ω.
- Déterminer à l'aide des courbes tracées les couples C1 ; C2 et C3 .
- Tracer la variation du couple gyroscopique **C** en fonction de **ωp** pour N = 2500tr/mn
- Tracer la variation du couple gyroscopique **C** en fonction de **ω** pour **ωp = 2.5 rd/s**
- Comparer C_i et $M/_{(2)}$ (mi) ; avec i = 1 , 2 et 3.

4- **Conclure**.

➢ Remplir le tableau ci-dessous :

Masses (g)	N (trs/ mn)	np (trs)	Tp (s)	Np (trs/ mn)	ω (rd/s)	ωp (rd/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					

Génie mécanique - ISET Siliana