

TP8

EQUILIBRAGE DES MASSES À PISTON



Prof. Smail ZAKI / Prof. Mohamed ABOUSSALEH

Année Universitaire : 2022-2023

Attention : Deux rapports identiques auront une note égale à 0.

Remarque Importante

Le rapport à rendre doit :

- Etre clair et rédigé selon les normes de rédactions de rapport (page de garde, titre, table des matières, résumé, introduction, objectifs, conclusions et recommandations).
 - Contenir les explications des objectifs visés par le TP.
 - Contenir les résultats et analyses.
 - Respect la chronologie fournie à la fin de ce fascicule.
-

L'objectif de ce travail pratique est la :

- Détermination des forces et moments d'inertie primaires et secondaires pour différentes configuration de moteur les plus communs – moteur à un, deux ou quatre cylindres.
 - Détermination des forces et moment d'inertie primaires et secondaires pour différentes réglages de manivelle.
 - Effet de l'ajout d'une masse additionnelle sur un ou plusieurs pistons en fonction du réglage de manivelle
 - Comparaison des valeurs mesurées des forces et des moments avec les valeurs théoriques
-

1. Description

Modèle de moteur quatre cylindres en ligne de table permettant de déterminer les forces et moments d'inertie primaires et secondaires de masses en mouvement alternatif et de les équilibrer. Ce système est un excellent complément à l'appareil d'étude de l'équilibrage statique et dynamique (TM1002).

Une colonne support se fixe à une table ou un établi adapté (non fourni) possédant une faible fréquence propre de résonance. La colonne supporte une poutre cantilever sur laquelle est fixée le modèle de moteur quatre cylindres. Ce moteur possède un vilebrequin, des bielles, des bagues (coussinets de tête de bielle), des pistons et une culasse. Un module de contrôle et d'instrumentation séparé (fourni) permet de commander le moteur qui entraîne le vilebrequin.

Le vilebrequin possède des parties réglables. Les étudiants peuvent modifier les positions angulaires de chaque partie par rapport aux autres parties afin de changer l'angle de manivelle. Afin d'éviter tout problème lors des essais, les différentes parties du vilebrequin ont été équilibrées pour chaque angle permis par les bielles.

Le vilebrequin est équipé d'un capteur qui est relié au module de contrôle et de mesure afin de mesurer et d'afficher la vitesse moteur. Ce capteur fournit une impulsion à chaque passage correspondant au point mort haut du premier piston. Chaque piston possède un trou taraudé permettant aux étudiants d'ajouter des masses (fournies avec le système) afin de faire varier son poids.

La colonne support vient se fixer à un établi robuste (non fourni), de manière à ce que le centre de masse du moteur soit situé sur l'axe de la poutre cantilever. Celle-ci est équipée de jauges de déformation afin de déterminer les déformations en flexion et en torsion. Les jauges se connectent au module de contrôle et de mesure qui étalonne et traite leurs signaux et fournit les sorties pour l'oscilloscope optionnel (OS1).

Les étudiants déterminent d'abord les vitesses de résonance du moteur. Ils testent ensuite différentes configurations de moteur pour comprendre la notion d'équilibrage et comment réaliser celui-ci avec des masses à mouvement alternatif déséquilibrées.

Un capot transparent démontable avec un micro contacteur de sécurité protège les étudiants des pièces en mouvement.

Accessoires nécessaires :

Un Oscilloscope (OS1) – nécessaire pour visualiser les forces dynamiques, les formes d'ondes des moments et les amplitudes.

2. Expériences

- Expérience 1 : Choix des vitesses de votre expérience.
- Expérience 2 : Forces dans un moteur à un cylindre.
- Expérience 3 : Forces et Moments dans un moteur à deux cylindres.
- Expérience 4 : Forces et Moments dans un moteur à quatre cylindres.

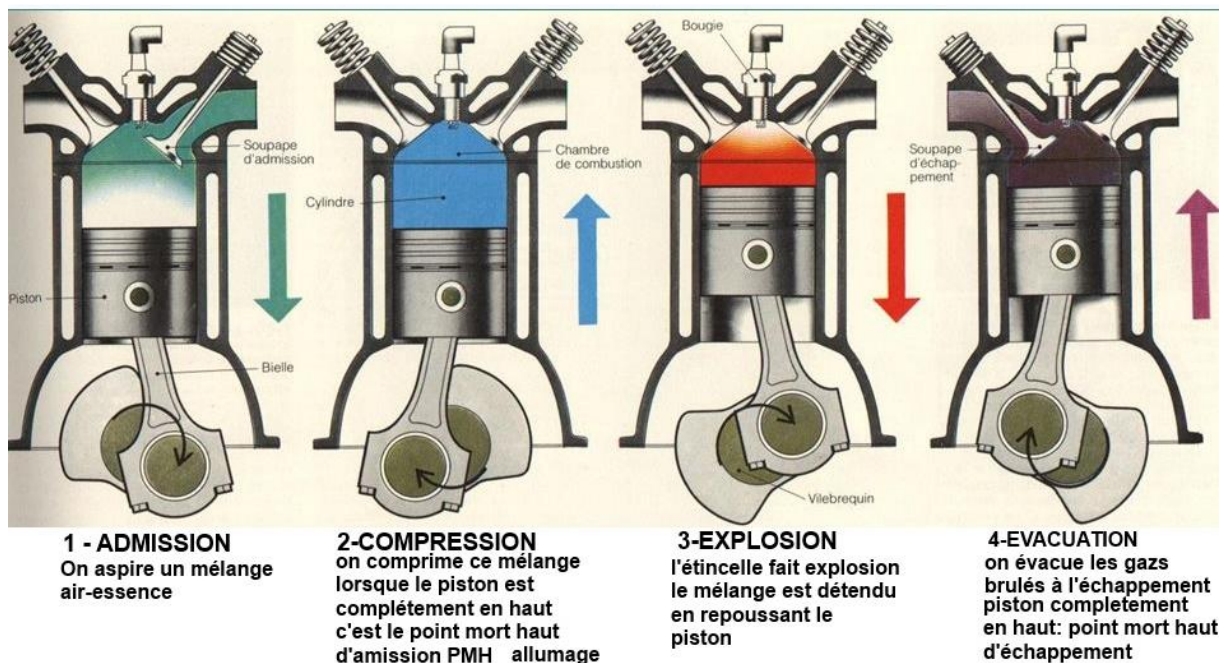


Figure 1: Principe de fonctionnement d'un moteur essence 4 Temps

Expérience 1 : Choix des vitesses de votre expérience.

But :

Trouver les fréquences résonnantes principales de vibration pour le moteur dans sa marge de vitesse normale, ainsi vous pouvez les éviter dans vos expériences postérieures.

Note :

Comme mentionné dans la section de théorie, le moteur a jusqu'à quatre fréquences de résonance principales dans sa marge de vitesse normale ou il vibrera verticalement et en rotation avec une amplitude plus grande que celle provoqué par les forces et les moments déséquilibrés, ceci affectera vos résultats normaux d'expérience quand vous trouverez des forces et des moments, ainsi vous devez trouver les fréquences résonnantes de vibration et les éviter dans les expériences postérieures.

Procédure :

1. Créez une table des résultats blanche, semblable au tableau 2

Vitesse (rev.min ⁻¹)	Force (N)	Moment (Nm)
300		
350		
400		
450		
500		
550		
600		
650		
700		
750		
800		
850		
900		
950		
1000		

Table 1 : Récapitulatif des résultats

3. Mettre le moteur à l'angle de la manivelle 0-0-180-270. Ce paramétrage donne un moteur asymétrique qui montrera facilement les quatre principales résonances.
4. Connectez l'oscilloscope.
5. Démarrer le moteur à une vitesse minimale et augmenter lentement à 300 rev.min⁻¹. Enregistrer la force maximale (PIC) et tensions du moment et multiplie les par les constantes pour trouver la force et les moments de Newton et Newton mètres.
6. Dans les étapes de 50 rev.min⁻¹ jusqu'à 1000 rev.min⁻¹, augmenter la vitesse du moteur et enregistrer les valeurs maximales de force et de moment. Vous devez noter que le moteur vibre plus sur certaines vitesses (ses fréquences de résonances).

ATTENTION

Ne pas laisser le moteur vibrer à ses fréquences résonnantes pendant de longues périodes (pas plus de quelques secondes). Il créera des niveaux de bruit élevés et peut endommager votre table et ses fixations.

Analyse des résultats :

Réaliser un graphique de force et de moment (axe vertical) contre la vitesse.

Votre graphique devrait afficher une tendance générale de hausse de force et de moments quand la vitesse augmente, mais il doit aussi montrer trois ou quatre inhabituelles 'pics' où il atteint une fréquence de résonance (vitesse), vous trouverez peut-être qu'un des pics commence près de la vitesse maximale de moteurs, laissant seulement trois pics évidents.

De vos résultats, vous pouvez voir la vitesse que vous devez éviter pour vos autres expériences.

Ces résultats montrent que vous pouvez utiliser uniquement en toute sécurité de vitesse jusqu'à environ 500 rev.min⁻¹ avec le moteur utilisé dans cet essai.

Expérience 2 : Forces dans un moteur à un cylindre.

But :

- Comparer des résultats calculés et réels des forces dans un moteur à un cylindre.
- Prouver la théorie qu'un moteur a un cylindre à des moments très petits ou nuls.

Procédure :

1. Créez une table de résultats blanche, semblable au tableau 2.

Forces dans un moteur à un cylindre						
Moteur	Angle manivelle A	Angle manivelle B	Angle manivelle C	Angle manivelle D	Vitesse (rev.min ⁻¹)	Force crête mesurée (N)
Un cylindre	0	0	0	0		

Table 2 : tableau des résultats

2. Placez les angles de la manivelle sur 0-0-0-0. Ceci met tous les pistons dans la même direction, simulant un moteur à un cylindre.
3. Connectez l'oscilloscope pour monter les forces et les moments.
4. Tournez le moteur à une vitesse appropriée, à partir de n'importe quelle de ses vitesses de résonnance (**expérience 1**), mais assez haut pour avoir de bonnes formes d'onde.
5. Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête.
6. Arrêtez le moteur et éteignez l'alimentation.

Analyse des résultats :

Esquissez la disposition du piston pour comprendre comment le moteur fonctionne. Notez que le rendement de moment est très petit et peut être ignoré, prouvant la théorie pour un moteur à un cylindre.

Utilisez les équations de la section théorie pour trouver les forces de perturbation primaires et secondaires maximales et théorique du piston a une vitesse donnée, les additionnes ensemble pour trouver la force crête totale et la comparer avec vos résultats actuels.

Comparez la forme d'onde avec celle donnée pour un simple cylindre da la section de théorie, prouvant que la force secondaire et primaire se combinent pour donner une forme d'onde non sinusoïdale, sui atteint le maximum positif du haut du centre mort.

Répétez l'expérience avec les masses supplémentaires sur les positions intérieures, notez comment les forces augmentent pour la même vitesse de moteur.

Expérience 3 : Forces et Moments dans un moteur à deux cylindres.

But :

Montrez les forces et les moments dans un moteur à deux cylindres (twin 180) et comparez avec la théorie

Procédure :

7. Créez une table de résultats blanche, semblable au tableau 3.

Forces dans un moteur à un cylindre							
Moteur	Angle manivelle A	Angle manivelle B	Angle manivelle C	Angle manivelle D	Vitesse (rev.min ⁻¹)	Force crête mesurée (N)	Moment crête mesuré (Nm)
Deux cylindres (twin 180)	0	0	180	180			

Table 3 : tableau des résultats

8. Placez les angles de la manivelle sur 0-0-180-180. Ceci met les pistons A et B ensemble comme un, et les pistons C et D ensemble comme un mais à 180 degrés en opposition de phase que A et B, Ceci simule un moteur à deux cylindre (twin 180).
9. Connectez l'oscilloscope pour monter les forces et les moments.
10. Tournez le moteur à une vitesse appropriée, à partir de n'importe quelle de ses vitesses de résonnance (**expérience 1**), mais assez haut pour avoir de bonnes formes d'onde.
11. Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête (déconnectez chaque entrée séparément pour vous aider à voir les deux différentes formes d'ondes.
12. Arrêtez le moteur et éteignez l'alimentation.

Analyse des résultats :

Esquissez la disposition du piston pour comprendre comment le moteur fonctionne.

Comme dans la dernière expérience, Utilisez les équations de la section théorie pour trouver les forces de perturbation primaires et secondaires maximales et théorique du piston a une vitesse donnée, les additionnés ensemble pour trouver la force crête totale et la comparer avec vos résultats actuels. Comparez la forme d'onde de la force avec celle donnée dans la théorie, elle

doit être sinusoïdale et montre principalement les forces secondaires (à une vitesse double de vilebrequin)

Utilisez les équations de la section théorie pour trouver les moments théoriques à une vitesse donnée, et les comparer avec vos résultats actuels. Comparez la forme d'onde du moment avec celle de la théorie, elle doit être sinusoïdale et montre principalement les moments primaires (à une vitesse double de vilebrequin)

Répétez l'expérience avec les masses supplémentaires sur une paire du piston, notez comment les valeurs crêtes de la force et du moment sont supérieures pour la même vitesse de moteur.

Expérience 4 : Forces et Moments dans un moteur à quatre cylindres.

But :

Montrez les forces et les moments dans deux différents moteurs à quatre cylindres et comparez avec la théorie

Procédure :

1. Créez une table de résultats blanche, semblable au tableau 4.

Forces dans un moteur à un cylindre							
Moteur	Angle manivelle A	Angle manivelle B	Angle manivelle C	Angle manivelle D	Vitesse (rev.min ⁻¹)	Force crête mesurée (N)	Moment crête mesuré (Nm)
Standard 180	0	180	180	0			
90 degré	0	180	90	270			

Table 4 : tableau des résultats

2. Placez les angles de la manivelle sur 0-180-180-0. Ceci simule un moteur standard avec un ordre de mis à feu 1-3-4-2. Les deux pistons B et C se déplacent comme une paire et les deux pistons extérieur A et D se déplacent comme une paire mais à 180 degrés avec les pistons de milieu.
3. Connectez l'oscilloscope pour monter les forces et les moments.
4. Tournez le moteur à une vitesse appropriée, à partir de n'importe quelle de ses vitesses de résonnance (**expérience 1**), mais assez haut pour avoir de bonnes formes d'onde.
5. Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête (déconnectez chaque entrée séparément pour vous aider à voir les deux différentes formes d'ondes.
6. Arrêtez le moteur et éteignez l'alimentation.
7. Répétez l'expérience avec des angles de manivelle 0-180-90-270 ceci simule un moteur avec deux paires de pistons déphasé à 180 degrés entre eux et chaque paire déphasé é à 90 degrés. A chaque alternance le piston atteint le sommet du centre mort tous les 90 degrés.

Analyse des résultats :

Esquissez la disposition du piston pour comprendre comment le moteur fonctionne.

Comme dans la dernière expérience, Utilisez les équations de la section théorie pour trouver les forces de perturbation primaires et secondaires maximales et théorique du piston a une vitesse donnée, les additionnés ensemble pour trouver la force crête totale et la comparer avec vos résultats actuels. Comparez la forme d'onde de la force avec celle donnée dans la théorie, les deux moteurs doivent montrer des forces primaires à faible valeur, montrant qu'ils sont bien équilibrés pour les forces de premier ordre. Le moteur standard doit montrer des forces de second ordre prouvant le problème démontre en théorie. Cependant le moteur à 90 degrés des forces secondaires nulles ou très basses et faible force résultante.

Utilisez les équations de la section théorie pour trouver les moments théoriques à une vitesse donnée, et les comparer avec vos résultats actuels. Comparez la forme d'onde du moment avec celle de la théorie, elles doivent montrer que le moteur standard est mieux équilibré pour les moments.

Ceci démontre que les ingénieurs préfèrent les moteurs standard 0-180-180-0 que 0-180-270-90 grâce à leurs moments équilibrés même si ce n'est pas le cas pour les forces.

Essayez différentes dispositions pour voir si vous pouvez améliorer la disposition 0-180-180-0

Structure du compte rendu de TP

1. Introduction

2. Expérience 1 : Config : 0.0.180.270

- a) Objectifs ?
- b) Résultats ?
- c) Représentation des (F&M) en fonction de la fréquence de rotation
- d) Détermination des fréquences de résonance

3. Expérience 2 : Config : 0.0.0.0

- a) Objectifs ?
- b) Partie théorique

	Cas équilibré	Cas non équilibré
Forces primaires		
Forces secondaires		
Forces totales		

- c) Partie expérimentale

	Cas équilibré	Cas non équilibré
Force total		

- d) Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête.

4. Expérience 3 : Config : 0.0.180.180.

- a) Objectifs ?
- b) Partie théorique

	Cas équilibré	Cas non équilibré
Forces primaires		
Forces secondaires		
Forces totales		
Moments primaires		
Moments secondaires		
Moments totales		

- c) Partie expérimentale

	Cas équilibré	Cas non équilibré
Force total		
Moment total		

- e) Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête.

5. Expérience 4 : Config1 : 0.180.90.270. et Config2 : 0.180.180.0

- a) Objectifs ?
- b) Partie expérimentale

	Forces	Moments
Configuration 1		
Configuration 2		

- c) Esquissez la forme d'onde de force et notez sa valeur de crête.
- d) Esquissez la disposition du piston pour comprendre comment le moteur fonctionne

6. Conclusion et recommandations