

LMECA1210 - Projet en construction mécanique 1

Dimensionnement d'une bielle

année académique 2014-2015



Groupe 1

CHANDELLE François, 3673-13-00

DISPAS David, 7189-12-00

PAQUET Arnaud, 3668-13-00



ÉCOLE
POLYTECHNIQUE
DE LOUVAIN

Chapitre 1

Réponse aux questions

Le fonctionnement d'un moteur à explosion repose sur la conversion du mouvement alternatif du piston en rotation du vilebrequin. Cela se fait par l'intermédiaire d'une bielle. Cette pièce, répétant un cycle à raison de plusieurs milliers de fois par minute, subit des forces conséquentes. Il est donc primordial d'en faire l'analyse afin de prévoir sa forme optimale et les efforts maximaux à devoir supporter. Nous nous intéresserons ici au moteur d'une Audi A4, dont le vilebrequin nous a été confié lors des séances de mesures.

1.1 Mesures

Le mécanisme qui nous intéresse est un système regroupant piston, bielle et manivelle (voir figure 1). Notre groupe ayant reçu le vilebrequin d'une Audi A4 lors des séances de mesures, nous traiterons ici en particulier du moteur de cette voiture. De nos mesures, nous avons pu déduire la longueur R de la manivelle. Cette distance est égale à la moitié de la course du piston. Les groupes ?? et ?? nous ont donné respectivement la longueur de la bielle, L , et celles des axes du piston (celui ci a en effet une forme elliptique dans notre cas). Le grand axe du piston est égal à l'alésage D des cylindres. Il est possible de trouver la cylindrée unitaire V_c grâce à la formule suivante :

$$V_c = \frac{\pi D^2 R}{2}$$

En multipliant ce volume par quatre, le nombre de cylindres, nous obtenons la cylindrée du moteur. Les valeurs réelles de R , D et V_c nous ont été fournies dans un document annexe. Nous utiliserons ces données pour bénéficier d'une plus grande précision.

Pour finir, ne connaissant pas précisément le modèle de la voiture, nous ne pouvons qu'estimer le taux de compression, qui désigne le rapport du volume de la chambre de combustion lorsque le piston est au point minimum (en bas) sur le volume au point maximum (en haut). Une voiture dont le moteur fonctionne au diesel, a un taux de compression assez haut. Pour une audi A4, il avoisine 19.5 dans le cas d'une cylindrée égale à 1896 (comme pour la série B5¹). Le résumé des mesures se

1. http://www.auto-data.net/en/?f=showCar&car_id=4416

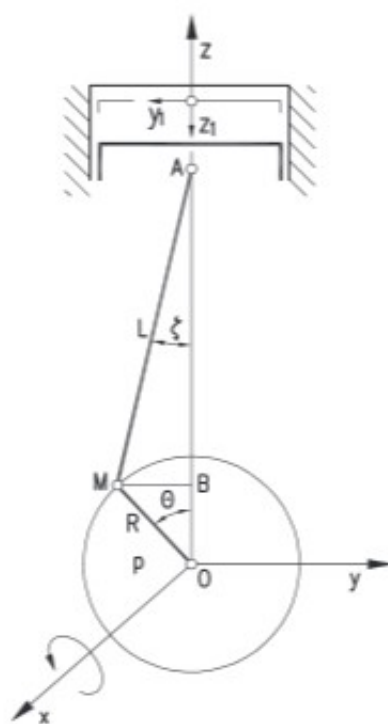


FIGURE 1.1 – Piston, bielle et manivelle

trouve dans le tableau 1.

Longueur mesurée	Abréviation	Mesure	Distance réelle
Grand axe du piston	D	79.4mm	79.5mm
Rayon de manivelle	R	47mm	47.75mm
Longueur de la bielle	L	/	199.5mm
Cylindrée unitaire	V_c	465cc	474cc
Taux de compression	τ	/	19.5

FIGURE 1.2 – Les différentes mesures

1.2 Evolution de la pression dans le cylindre

1

Nous pouvons à présent analyser l'évolution de la pression dans le cylindre lors des différentes phases du moteur. Il est judicieux d'utiliser l'angle du vilebrequin θ comme variable de la fonction de pression, qui sera alors périodique de période 4π (deux tours de vilebrequin). En partant de l'équation bien connue du premier principe de la thermodynamique nous pouvons la diviser par la différentielle de l'angle du vilebrequin, $d\theta$, et arriver sous forme simplifiée à

$$\frac{dp}{d\theta} = -\gamma \frac{p}{V} \frac{dV}{d\theta} + (\gamma - 1) \frac{1}{V} \frac{dQ}{d\theta}$$

Nous avons choisi d'utiliser une méthode de Runge Kutta d'ordre 2 pour intégrer numériquement cette équation. Cela ne se révèle utile que pour la phase de combustion, la seule où il y a un apport de chaleur non négligeable. Celui-ci est égal à $1650[kJ/kg]V_{max}\rho_{O_2}$. Les autres transformations sont considérées adiabatiques et la pression est trouvée simplement en considérant PV^γ constant. L'échappement se fait avec un terme de relaxation $\frac{dp}{d\theta} = -k(p - p_{atm})$ où $k=1.65$ pour que la pression retombe à 1 bar après une rotation du vilebrequin d'approximativement 30.

1.3 Efforts sur la bielle

3. Calculez ensuite les efforts sur la bielle en fonction de l'angle de vilebrequin. Ces efforts dépendent de la vitesse de rotation. Faites le calcul pour une vitesse normale (3000 rpm (revolutions per minute) pour un moteur à essence et 2500 rpm pour un moteur diesel) et pour une vitesse élevée (respectivement 5000 rpm et 4000 rpm). Illustrez l'évolution des efforts sur un cycle complet du moteur. Cherchez les efforts maximaux et minimaux qui s'exercent sur la bielle.

1.4 Justification de la forme de la bielle

4. Justifiez la forme en "I" du corps de la bielle

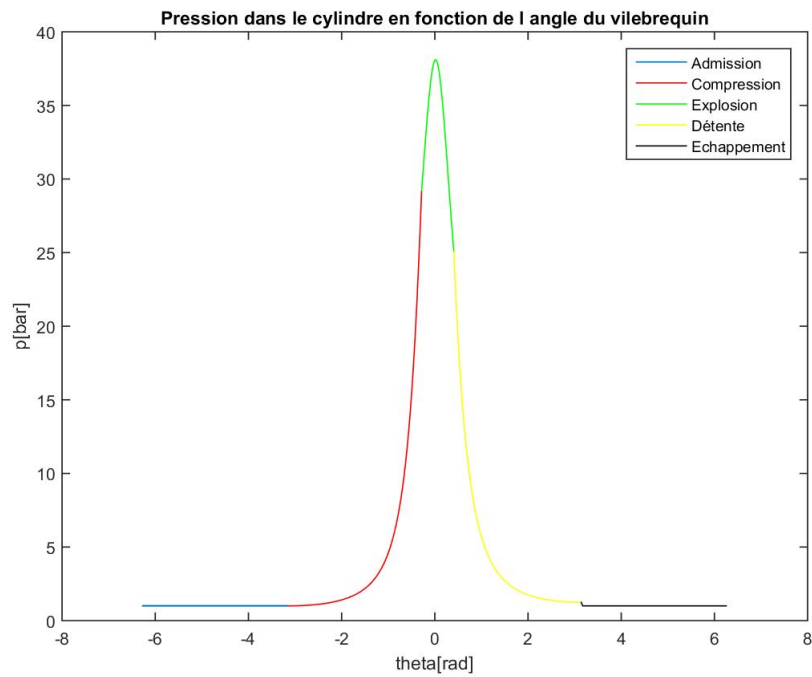


FIGURE 1.3 – Pression lors d'un cycle

1.5 Dimensionnement de la bielle

5. Dimensionnez la section de la bielle (efforts de flambage). A nouveau, une recherche personnelle sera nécessaire pour faire le lien entre les forces évaluées et la forme de la bielle. Comparez vos calculs aux mesures faites sur les pièces réelles.

Chapitre 2

Annexe

Code matlab
Optionnel