

Conception préliminaire de moteurs bicylindres

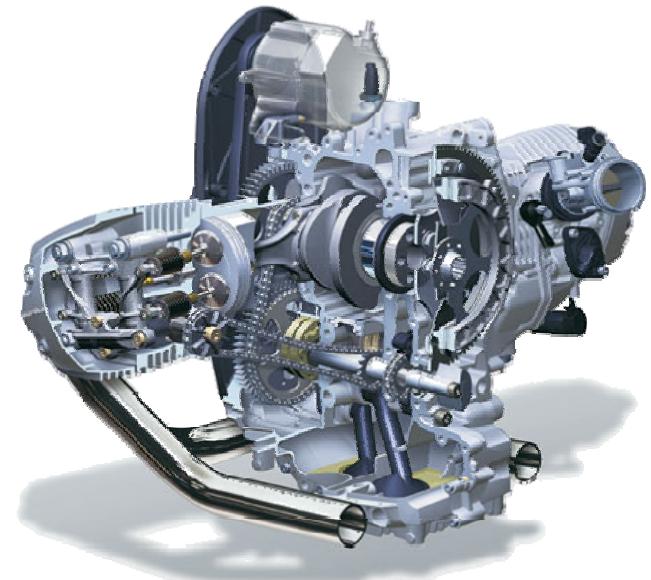
Thèse de DEA

Yannick Louvigny

Promoteur: P. Duysinx



Introduction



Introduction

Modélisation

Résultats

Conclusions

Plan de la présentation

- Introduction et présentation des objectifs
- Phase de conception et modélisation
 - Différentes configurations de moteur
 - Modélisation et données
 - Etapes de simulation
- Résultats
 - Calcul des forces et moments
 - Comparaison avec un moteur quatre cylindres
 - Effet de la pression des gaz
 - Analyse de sensibilité
- Conclusions et perspectives

Contexte du projet

- Intérêt industriel grandissant pour moteur de faible cylindrée (à deux ou trois cylindres)
- Collaboration avec BTD (Breuer Technical Development)
- Equilibrage des moteurs est un sujet actuel
 - Simulation sur base de modèle simplifié
 - Simulation plus complète du moteur (modèle complexe)
 - Modélisation des supports du moteur et étude de la transmission des vibrations au reste du véhicule

Objectifs

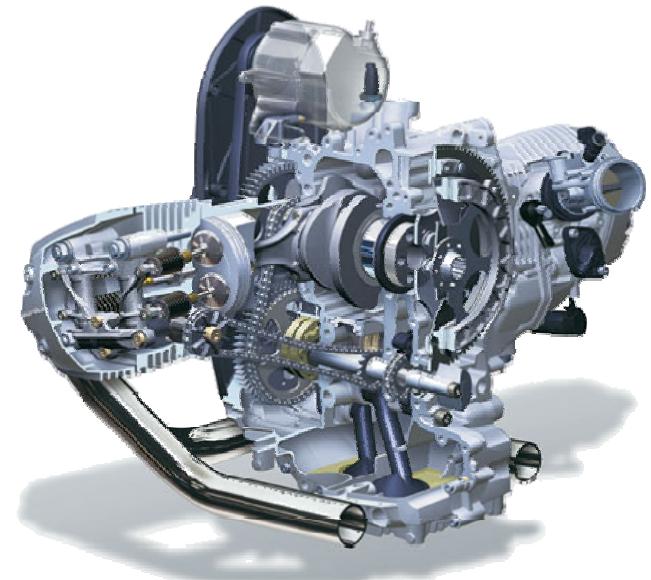
- Modélisation des différentes configurations de moteur
 - Monocylindre
 - Bicylindre : en ligne / à plat (boxer)
 - Bicylindre : en-phase / déphasé
- Calcul des forces et des moments
 - A partir d'un modèle simplifié
- Equilibrage
 - Optimisation des contrepoids du vilebrequin
 - Arbres d'équilibrage du premier ordre
 - Arbres d'équilibrage du second ordre
 - Comparaison avec un moteur quatre cylindres

Objectifs

- Influence de la pression des gaz
- Analyse de la sensibilité de l'équilibrage en fonction de différents paramètres de conception
 - Longueur de course
 - Masse des composants
 - Piston
 - Bielle
 - Longueur de la bielle
 - Entraxe des cylindres
- Conclusions et perspectives



Modélisation



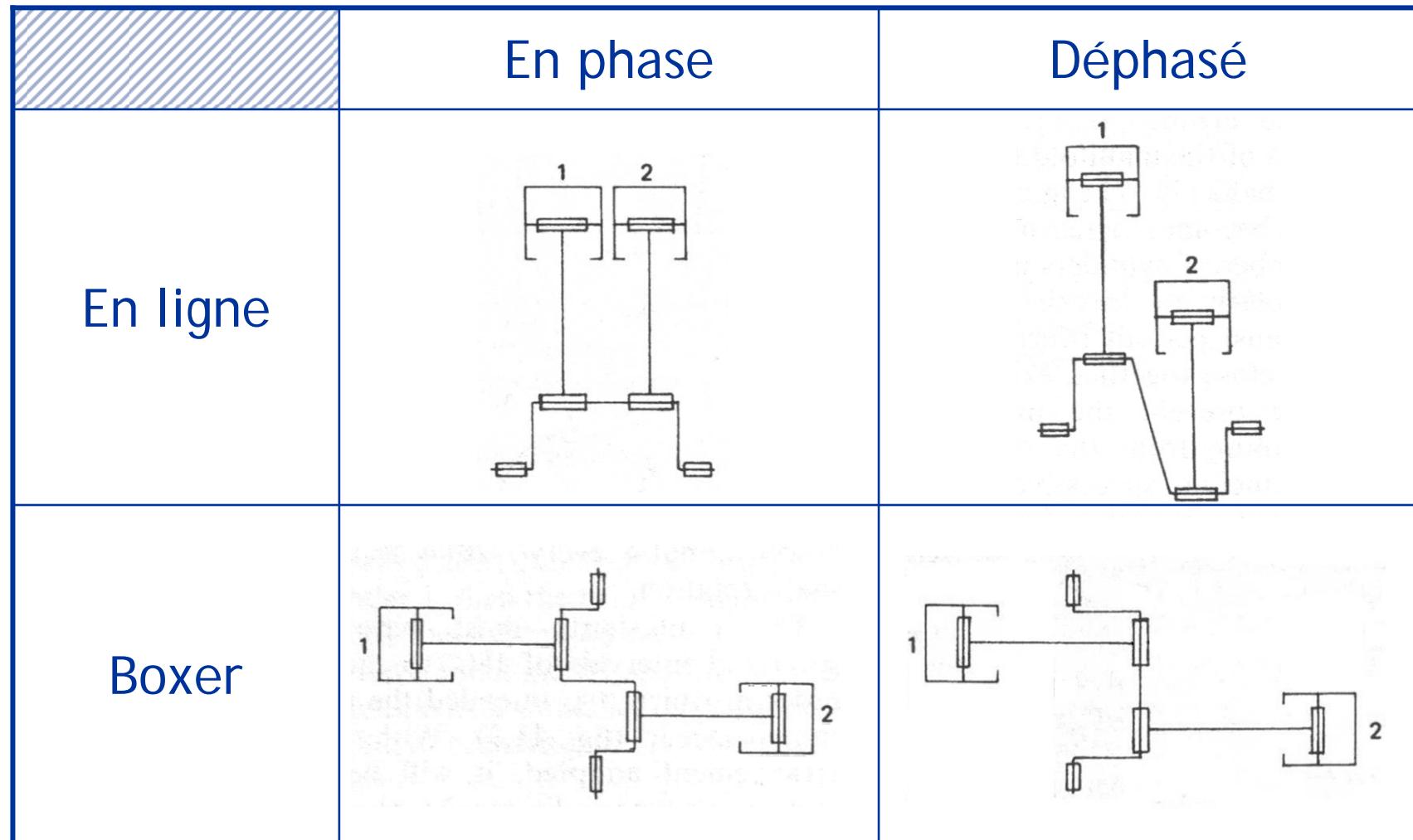
Introduction

Modélisation

Résultats

Conclusions

Configurations de moteur



Modèle simplifié

- Calcul des forces d'inertie de l'équipage mobile

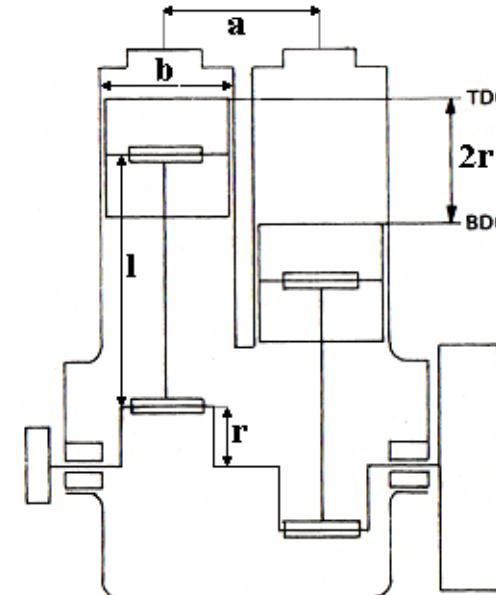
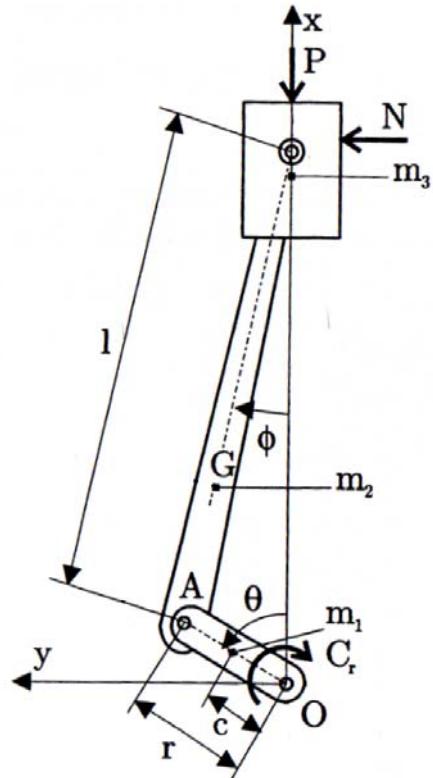
$$F_x = r \cdot \omega^2 \cdot [m_r \cdot \cos \theta + m_o \cdot (\cos \theta + A_2 \cdot \cos 2\theta + A_4 \cdot \cos 4\theta + A_6 \cdot \cos 6\theta + \dots)]$$

$$F_y = r \cdot \omega^2 \cdot m_r \cdot \sin \theta$$

$$m_r = m_1 + \frac{2}{3} \cdot m_2$$

$$m_o = m_3 + \frac{1}{3} \cdot m_2$$

$$F_{res} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$



Données géométriques

- Moteur course courte
 - r = demi-course = 0.0432 m
 - λ = r/L
 - L = longueur de la bielle = 0.136 m
 - m_2 = masse de la bielle = 0.7131 kg
 - m_3 = masse du piston = 0.7172 kg
 - θ = angle du vilebrequin
 - ω = 4000 tour/min
- Moteur longue course
 - r = demi-course = 0.04775 m
 - λ = r/L
 - L = longueur de la bielle = 0.144 m
 - m_2 = masse de la bielle = 0.6287 kg
 - m_3 = masse du piston = 0.7754 kg
 - θ = angle du vilebrequin
 - ω = 4000 tour/min

Etapes de simulation

- Etapes de la simulation:

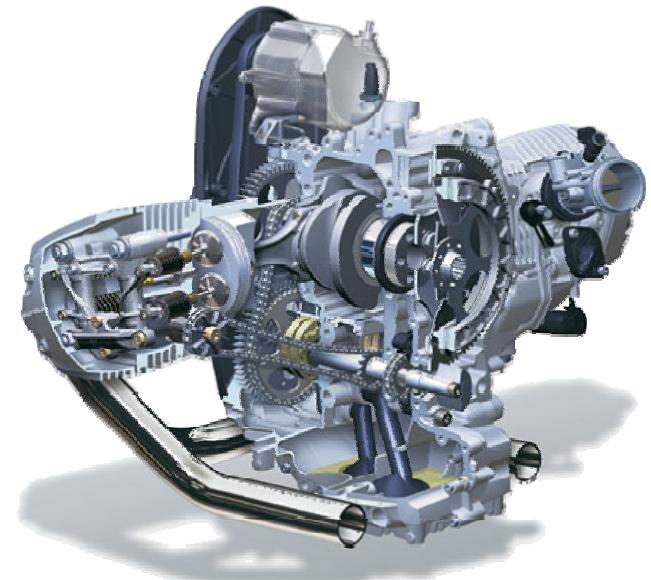
- Calcul des forces et des moments d'inertie en fonction de l'angle du vilebrequin pour les différentes configurations de moteur (monocylindre et bicylindre)
- Influence des contrepoids du vilebrequin et simulation de l'effet d'un ou deux arbres d'équilibrage sur la valeur des forces et des moments d'inertie
- Comparaison des forces et moments résultants des différentes configurations de moteur bicylindre avec les forces et moments d'un moteur quatre cylindres (niveau de référence)

Etapes de simulation

- Etapes de la simulation (suite):
 - Introduction de l'effet de la pression des gaz. Influence de la configuration du moteur sur le couple et sur la taille du volant d'inertie. Influence de la longueur de course
 - Analyse de sensibilité. Influence de la variation de certains paramètres (masse du piston, longueur et masse de la bielle, entraxe des cylindres) sur les forces et moments d'inertie



Résultats



Introduction

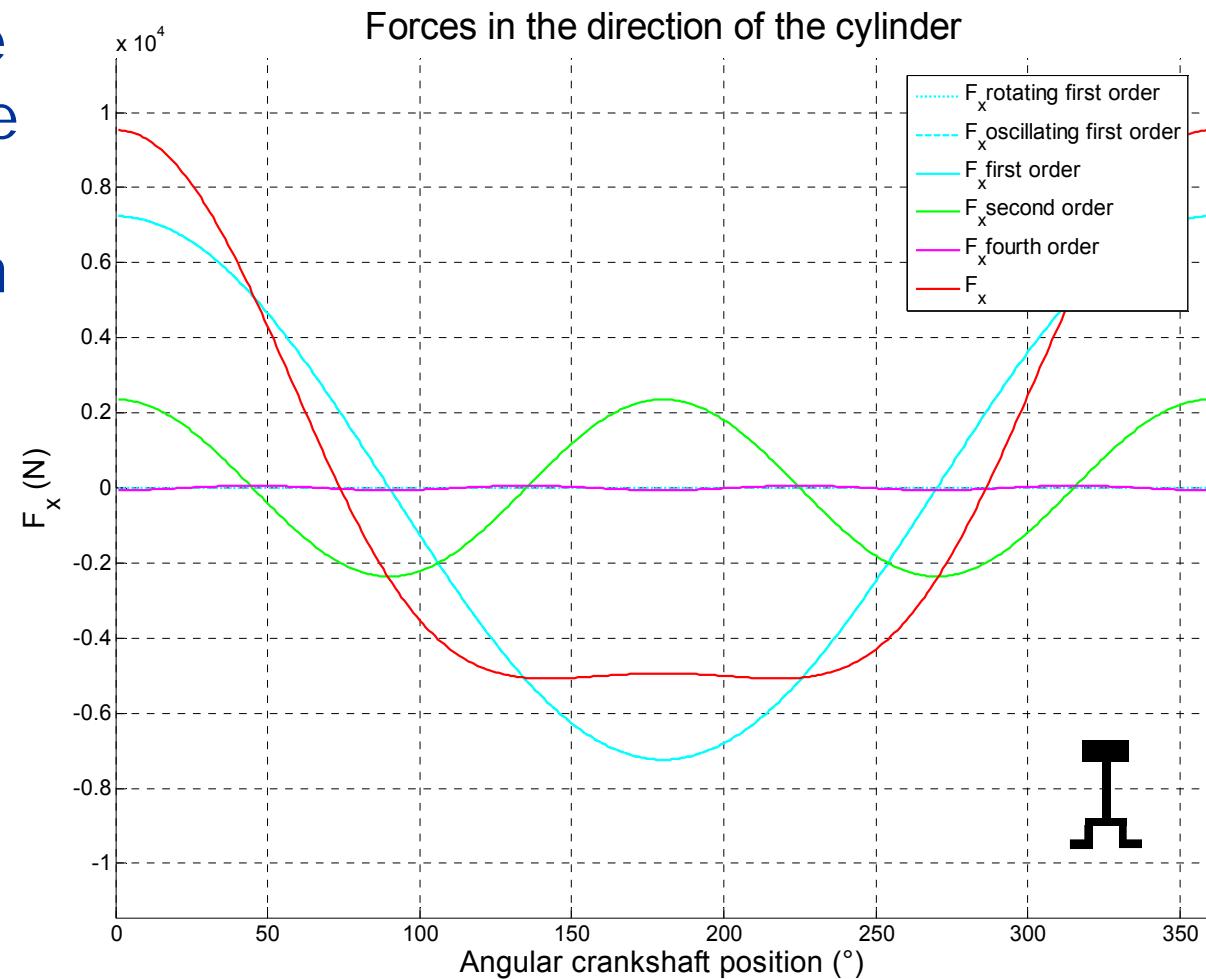
Modélisation

Résultats

Conclusions

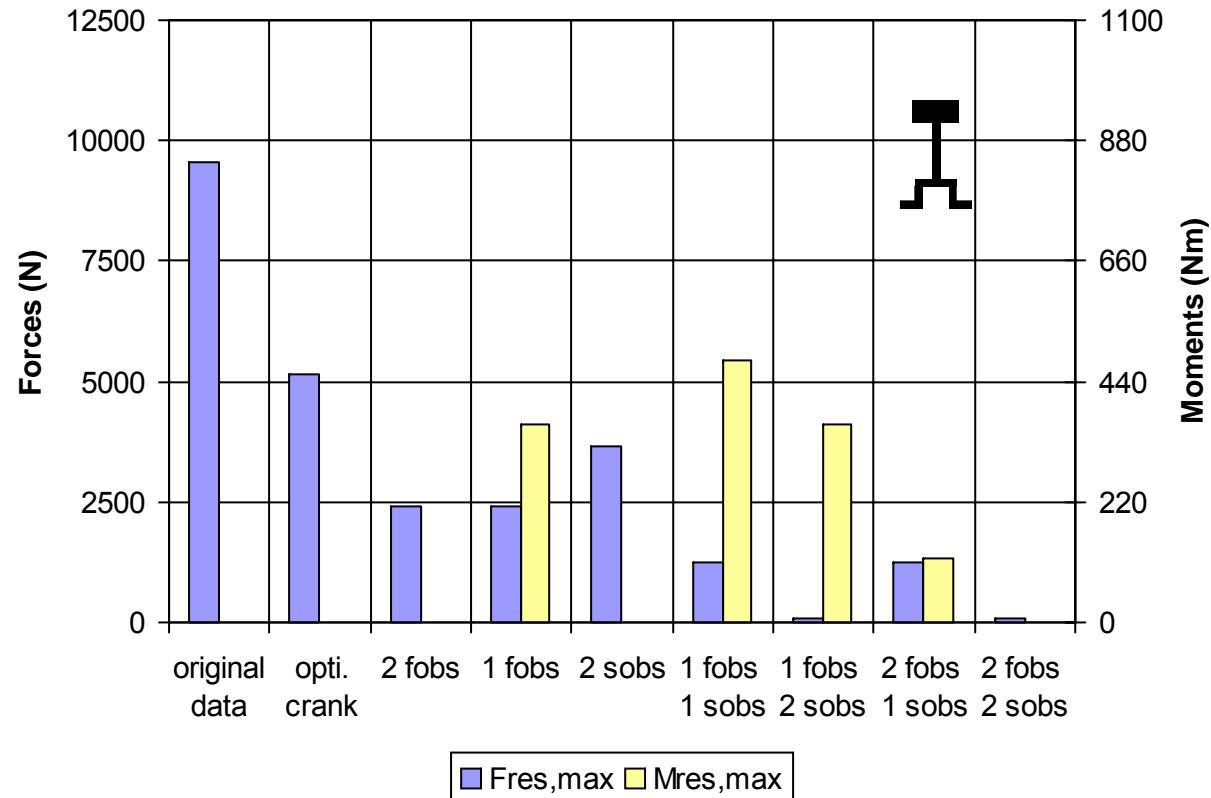
Forces et moments

- Monocylindre course courte dans sa configuration de base



Forces et moments

- Monocylindre
course courte

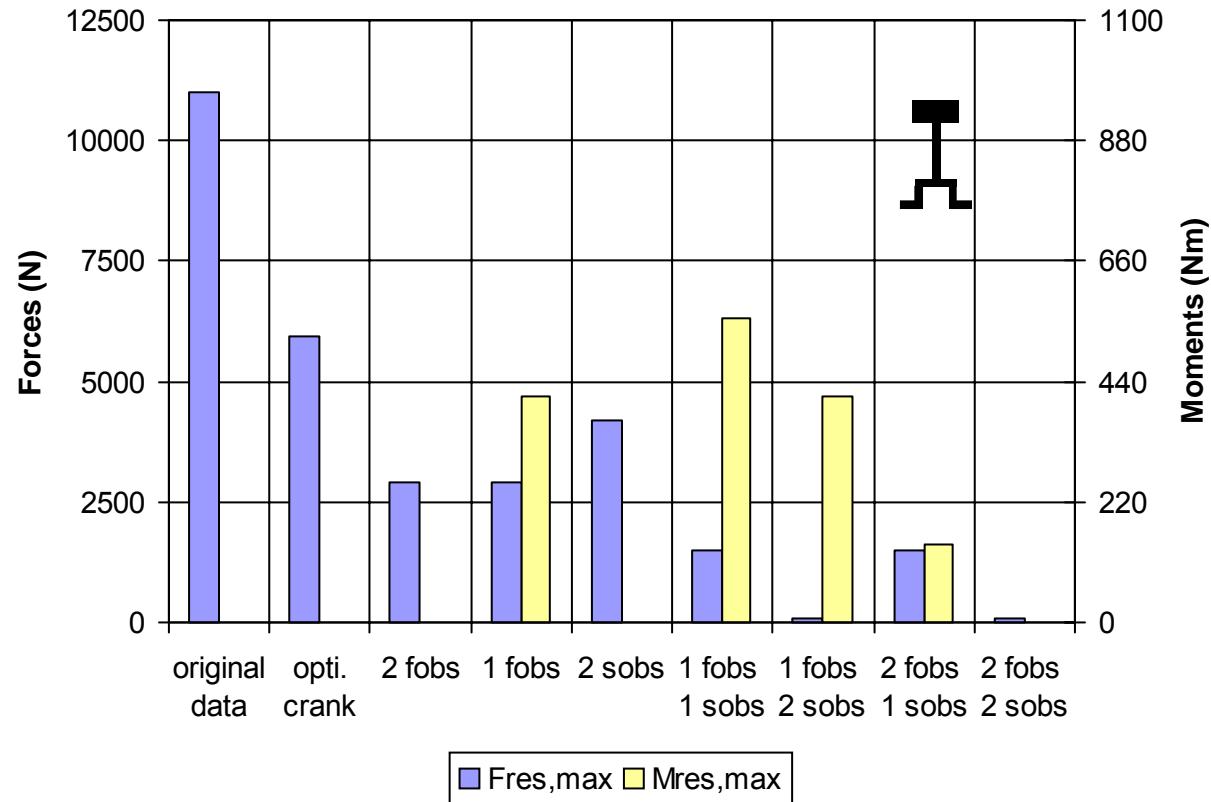


fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)

sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

Forces et moments

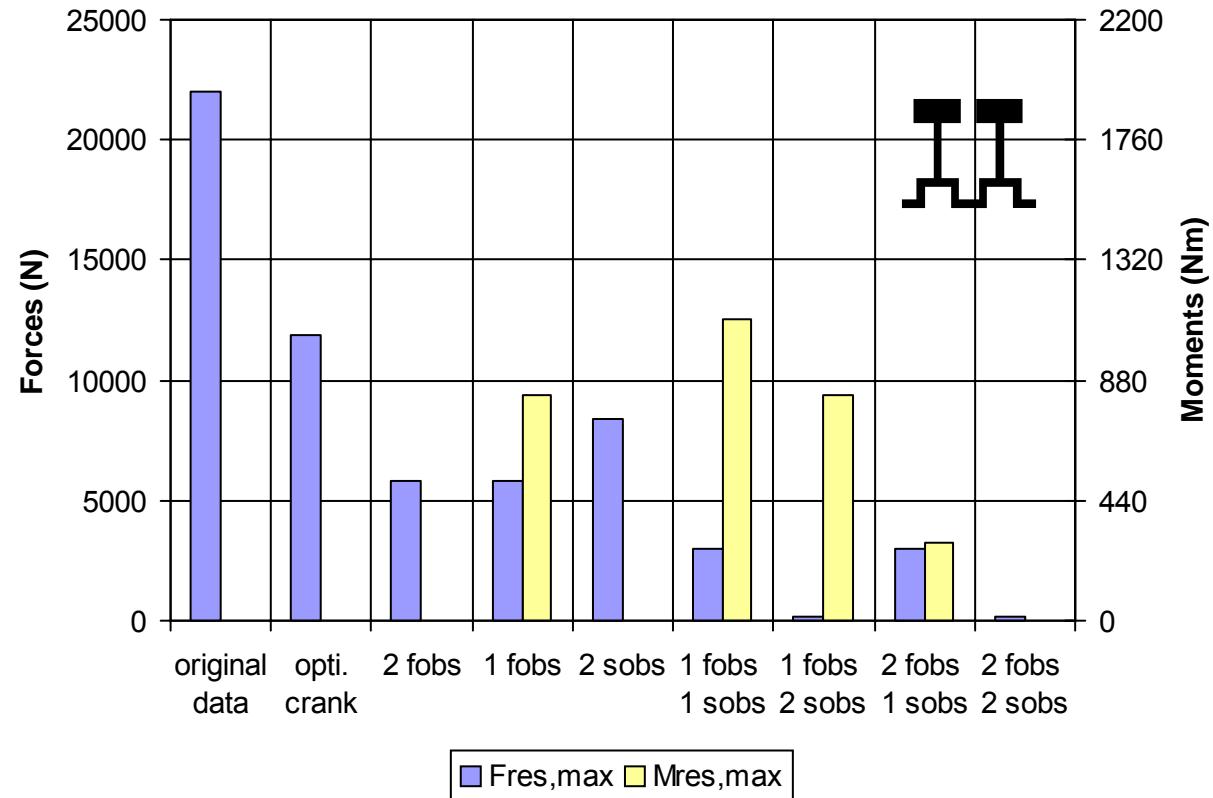
- Monocylindre
longue course



fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)
sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

Forces et moments

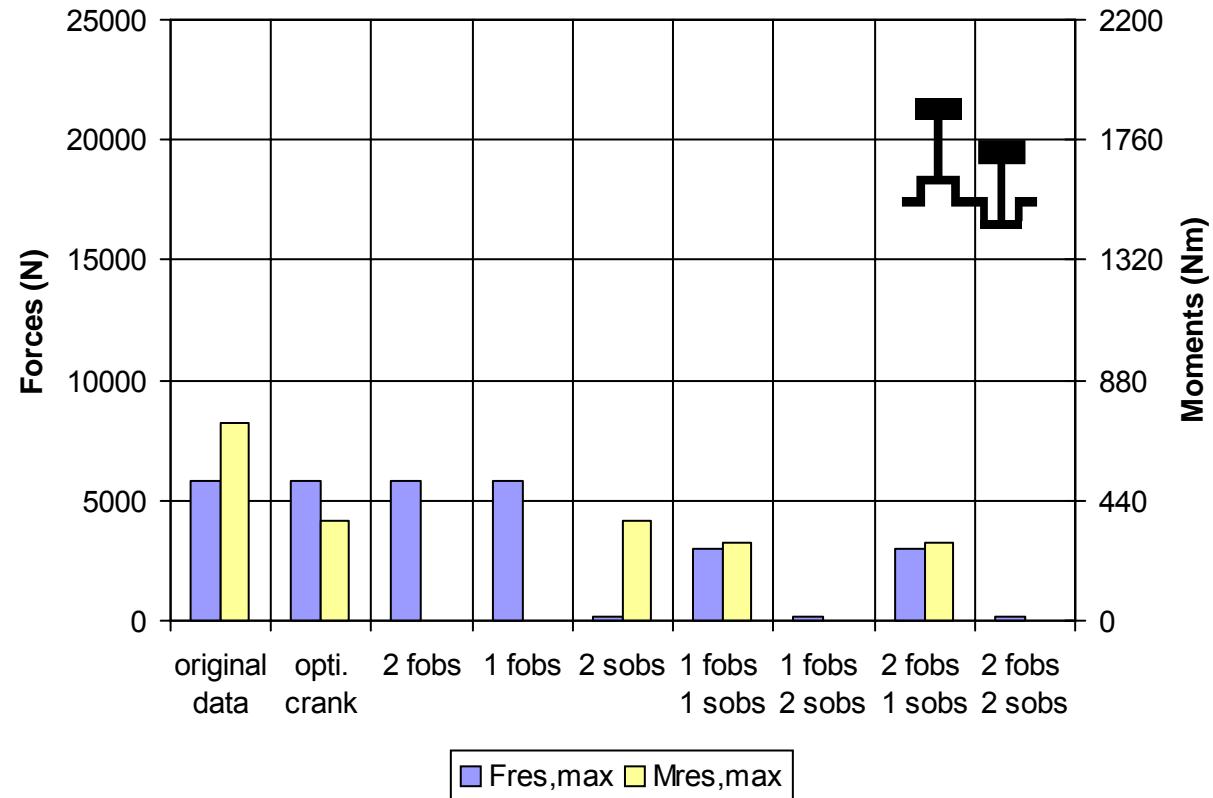
- Bicylindre
longue course
en ligne en-
phase



fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)
sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

Forces et moments

- Bicylindre
longue course
en ligne
déphasé

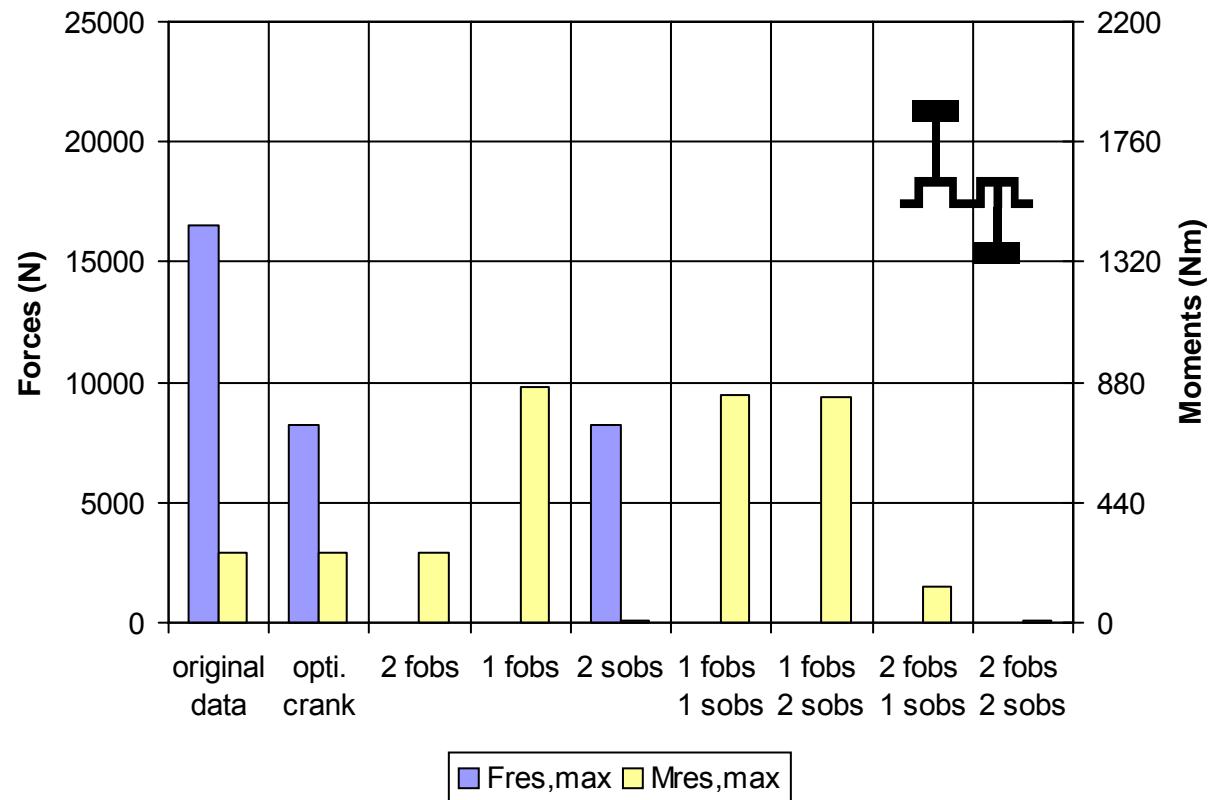


fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)

sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

Forces et moments

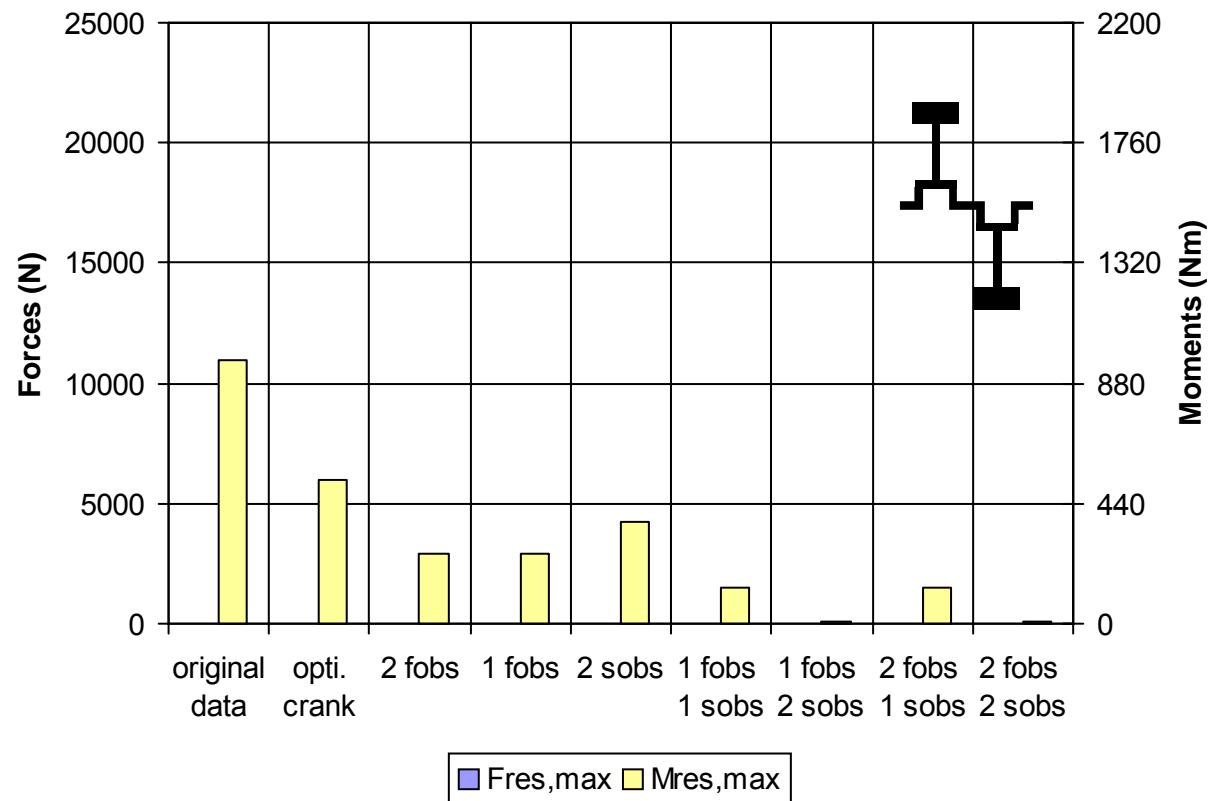
- Bicylindre
longue course
boxer déphasé



fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)
sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

Forces et moments

- Bicylindre
longue course
boxer en-
phase

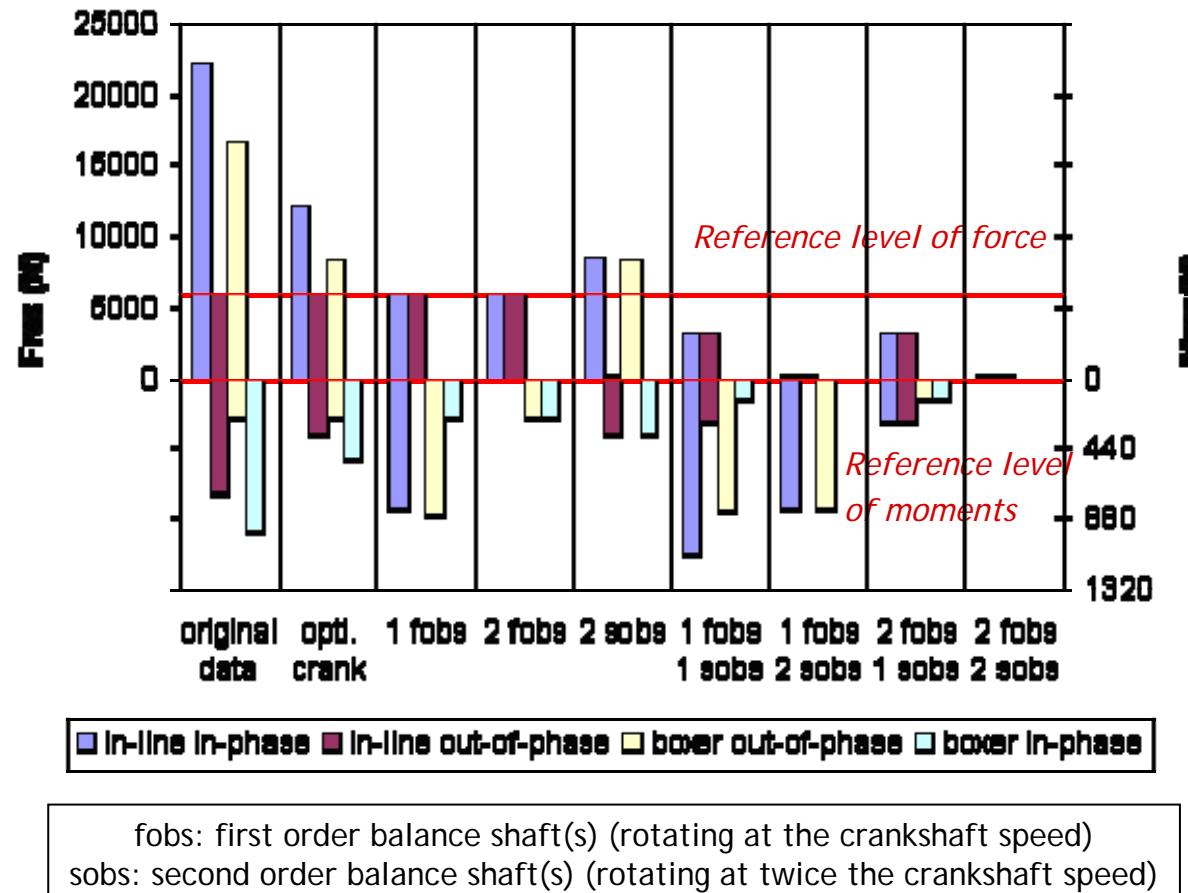


fobs: first order balance shaft(s) (rotating at the crankshaft speed)

sobs: second order balance shaft(s) (rotating at twice the crankshaft speed)

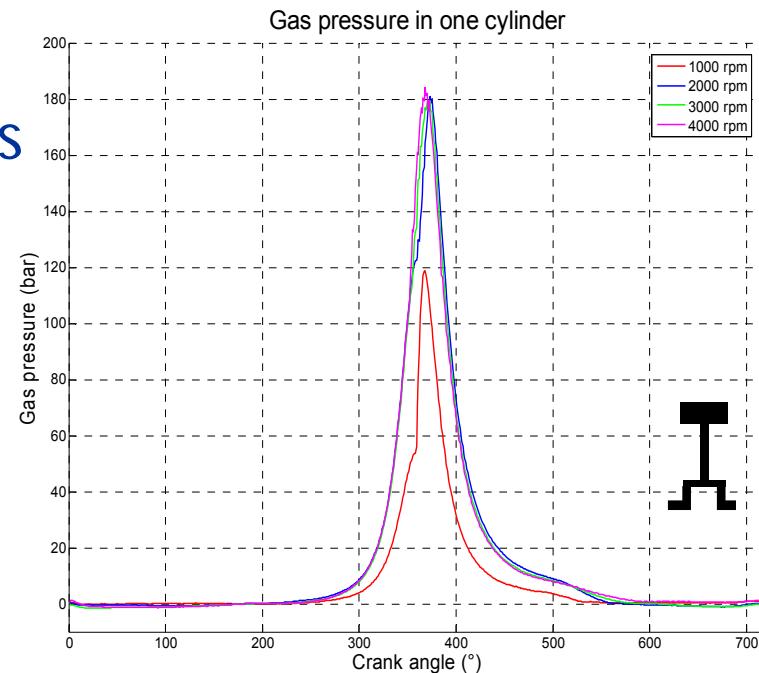
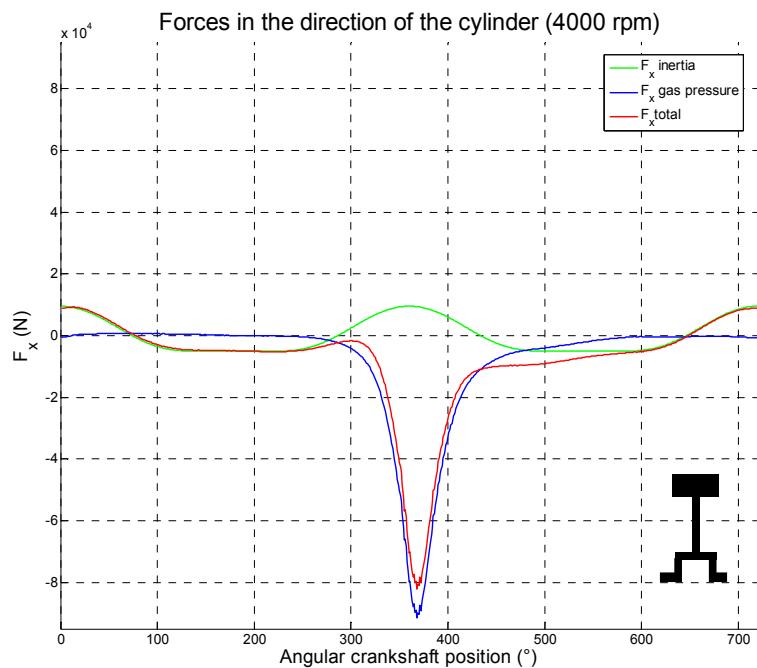
Comparaison

- Comparaison des différents bicylindres longues courses avec un niveau de référence (quatre cylindres équivalent)



Pression des gaz

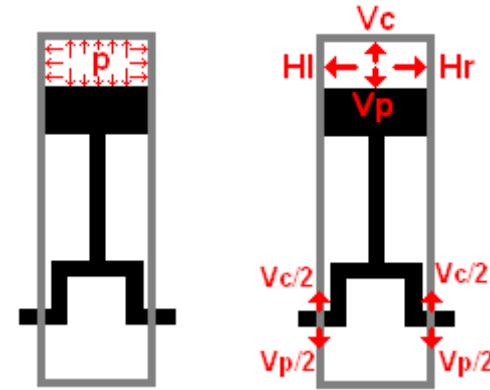
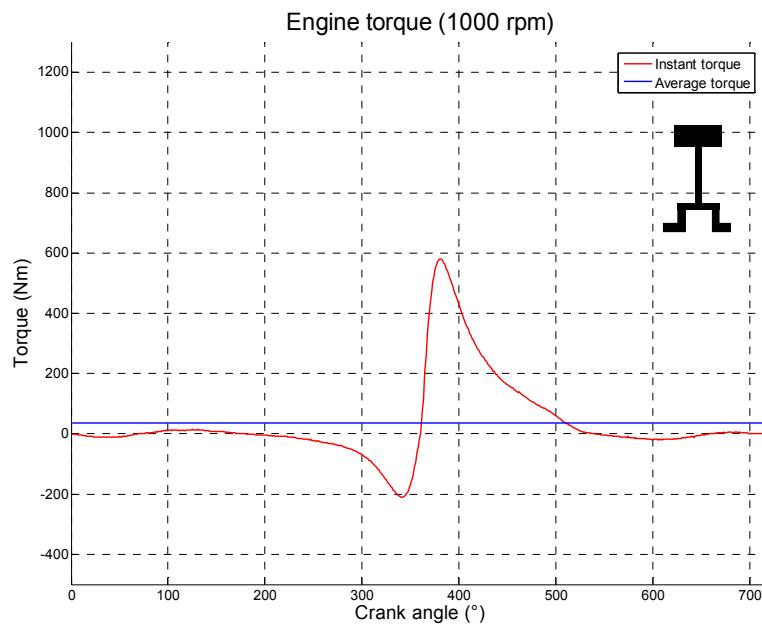
- Pression des gaz dans un cylindre pour diverses vitesses



- Forces d'inertie et forces due aux gaz dans le monocylindre (course courte)

Pression des gaz

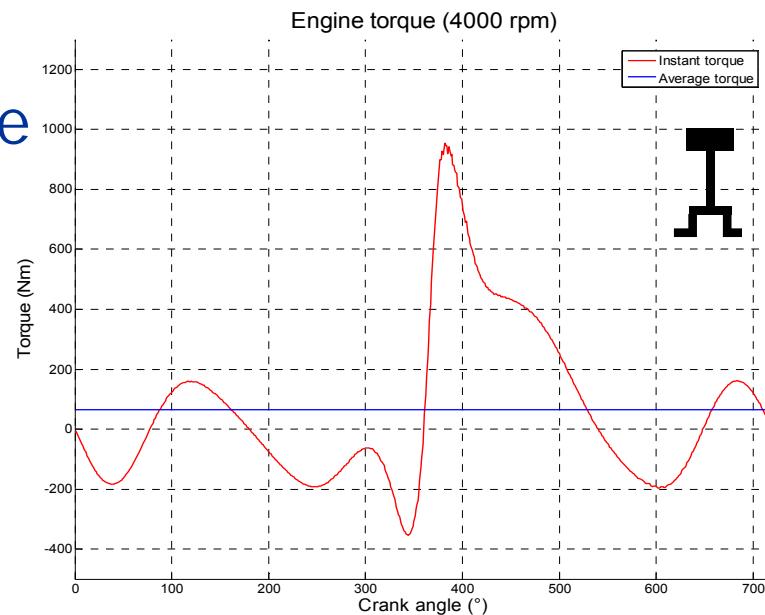
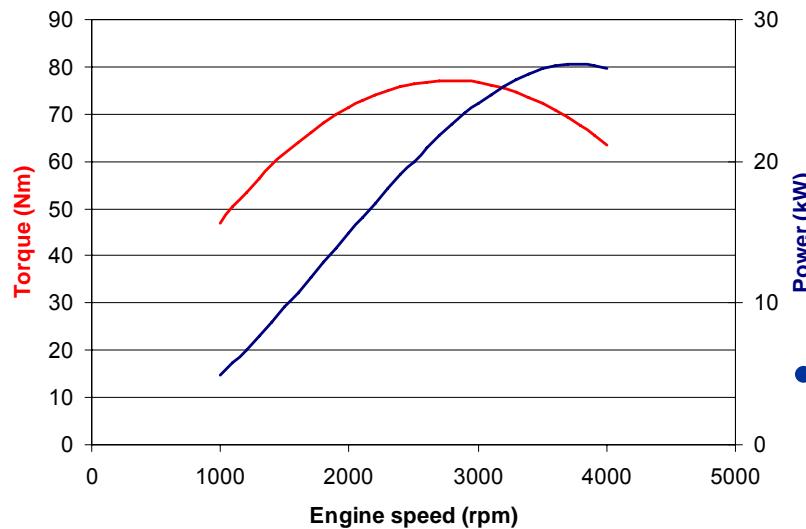
- Pas d'effet de la force des gaz sur l'équilibrage



- Couple du monocylindre (course courte) en fonction de l'angle du vilebrequin (1000 rpm)

Pression des gaz

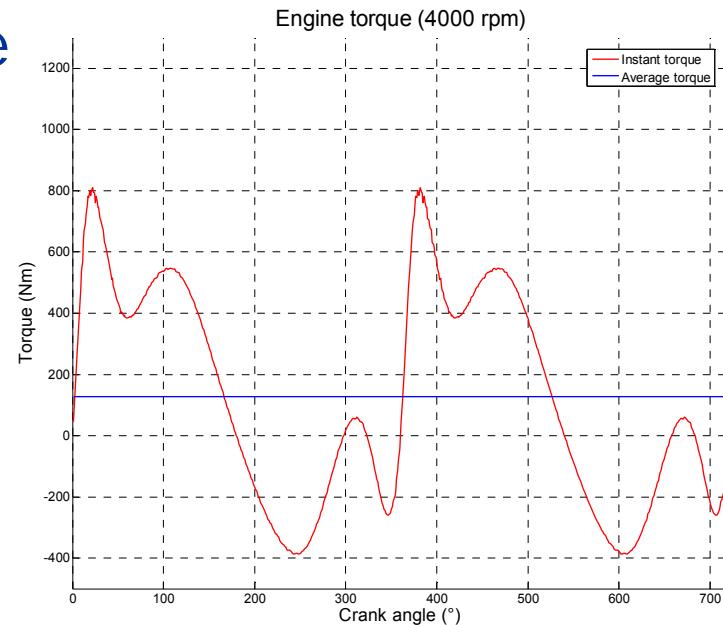
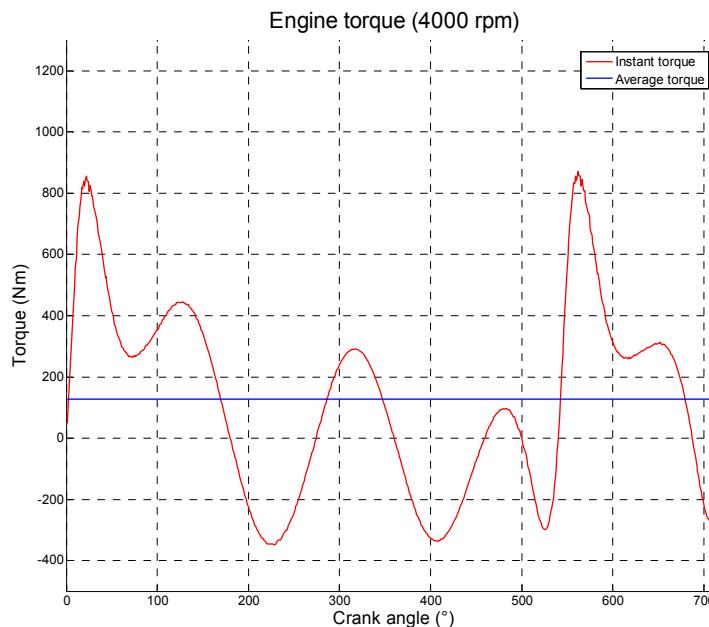
- Couple du monocylindre (course courte) en fonction de l'angle du vilebrequin (4000 rpm)



- Couple et puissance du monocylindre (course courte)

Pression des gaz

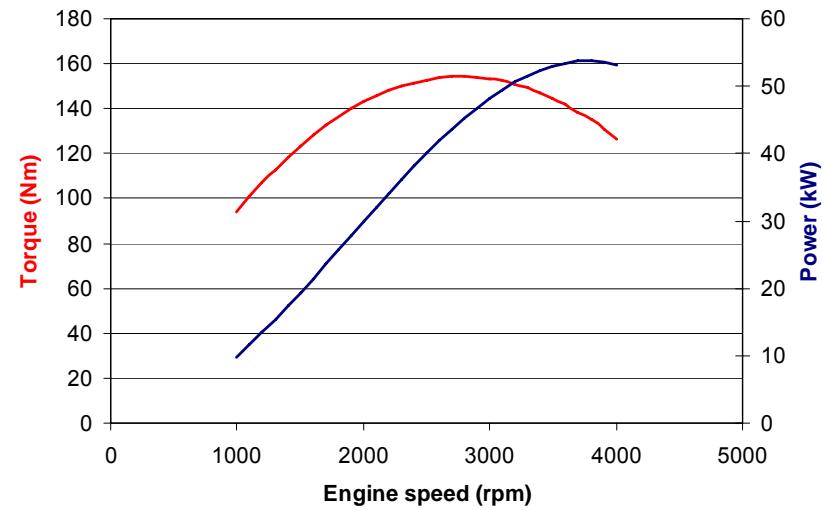
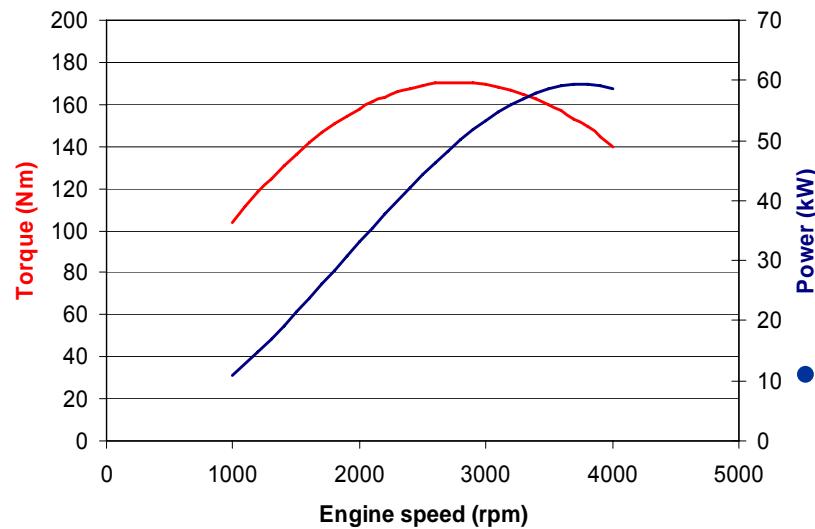
- Couple d'un moteur bicylindre (course courte) en phase (en ligne ou boxer)



- Couple d'un moteur bicylindre (course courte) en phase (en ligne ou boxer)

Pression des gaz

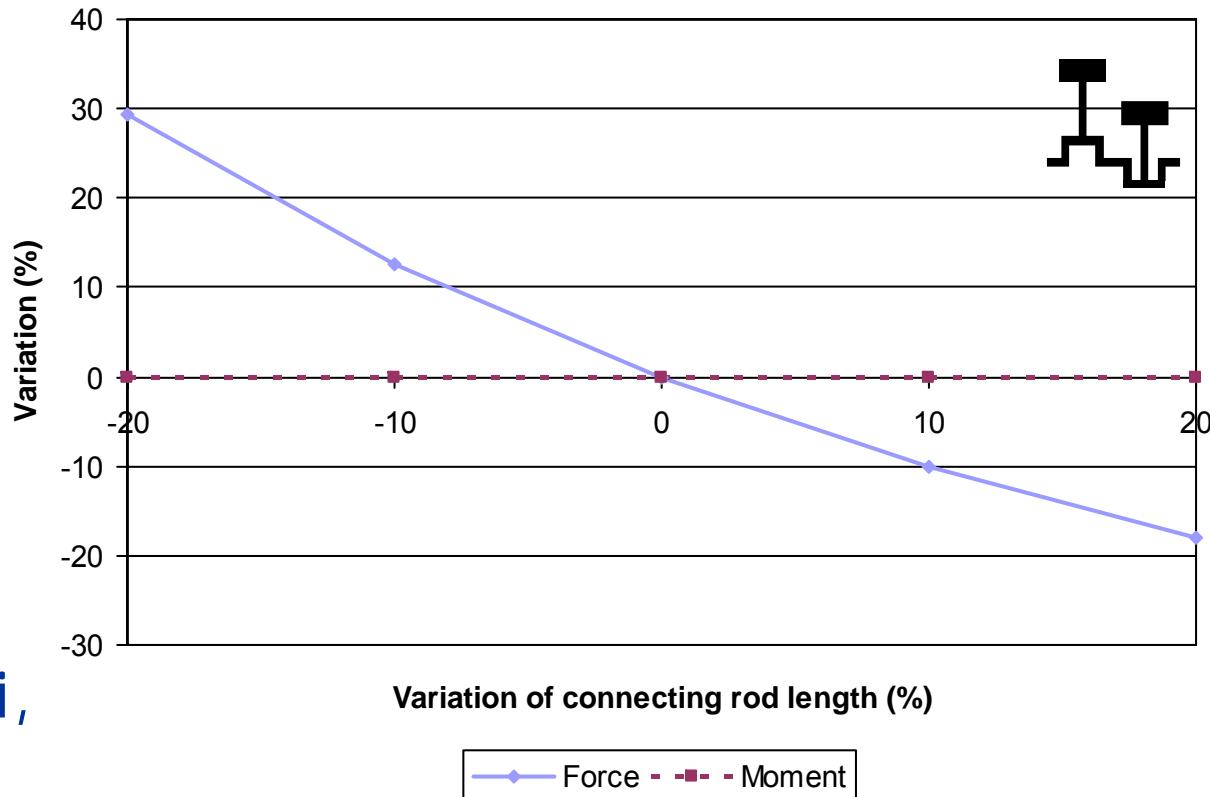
- Couple et puissance des bicylindres courses courtes



- Couple et puissance des bicylindres longues courses

Analyse de sensibilité

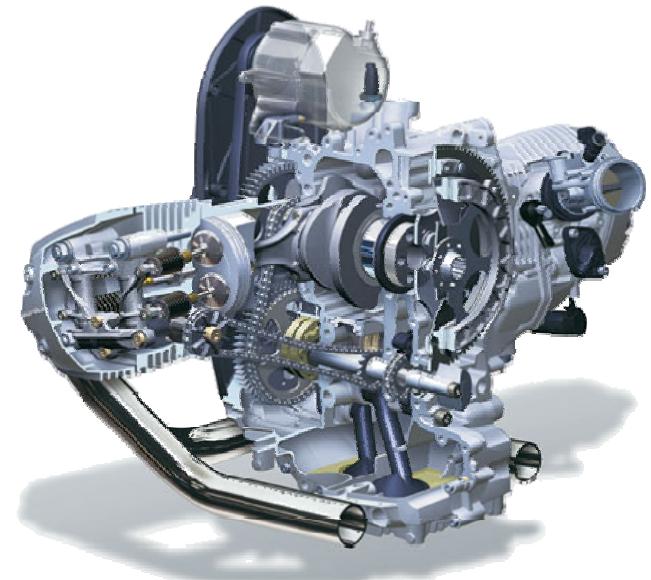
- Variation des forces et moments d'inertie des différents moteurs bicylindres en fonction de différents paramètres (ici, la longueur de bielle)



Analyse de sensibilité

- Paramètres influençant positivement l'équilibrage:
 - Réduction de la masse des pièces oscillantes (piston et bielle)
 - Allongement de la bielle (réduction des efforts du second ordre)
 - Réduction de l'entraxe des cylindres (réduction des moments)

Conclusions



Introduction

Modélisation

Résultats

Conclusions

Conclusions

- Chaque type de moteur bicylindre dans sa configuration de base subit deux types de sollicitations
 - Forces du premier et second ordre pour le moteur en ligne en-phase
 - Forces du second ordre et moment du premier ordre pour le moteur en ligne déphasé
 - Forces du premier ordre et moment du second ordre pour le moteur boxer déphasé
 - Moments du premier et second ordre pour le moteur boxer en-phase
- Ces efforts peuvent être réduits en modifiant le vilebrequin ou en ajoutant des arbres d'équilibrage

Conclusions

- Les configurations équilibrées (au niveau du quatre cylindres de référence) intéressantes sont:
 - Moteur boxer en-phase avec vilebrequin modifié et entraxe réduit
 - Moteur en ligne déphasé avec vilebrequin modifié et un arbre d'équilibrage du premier ordre
 - Moteur boxer déphasé avec deux arbres d'équilibrage du premier ordre et entraxe réduit
 - Moteur en ligne en-phase avec deux arbres d'équilibrage du premier ordre
- Les configurations déphasées nécessitent d'avoir un plus gros volant d'inertie et ont une sonorité inhabituelle

Perspectives

- Intérêt actuel pour moteur bicylindre
- Intérêt particulier pour moteur boxer en-phase
 - Forces d'inertie nulle
 - Equilibrage facile et peu coûteux
 - Compacité et centre de gravité bas
- Perspectives et développements futurs
 - Etude de la dynamique avec un modèle éléments finis
 - Modélisation des jeux, des paliers
 - Prise en compte d'éléments supplémentaires (bloc moteur, volant d'inertie...)
 - Modélisation des supports du moteur et calcul des efforts transmis au véhicule



Merci pour votre attention

