

T.P BAS MOTEUR

Problématique

Après avoir calé, un véhicule refuse de démarrer, le démarreur ne tourne pas.

Juste avant la panne il a émis un bruit métallique.

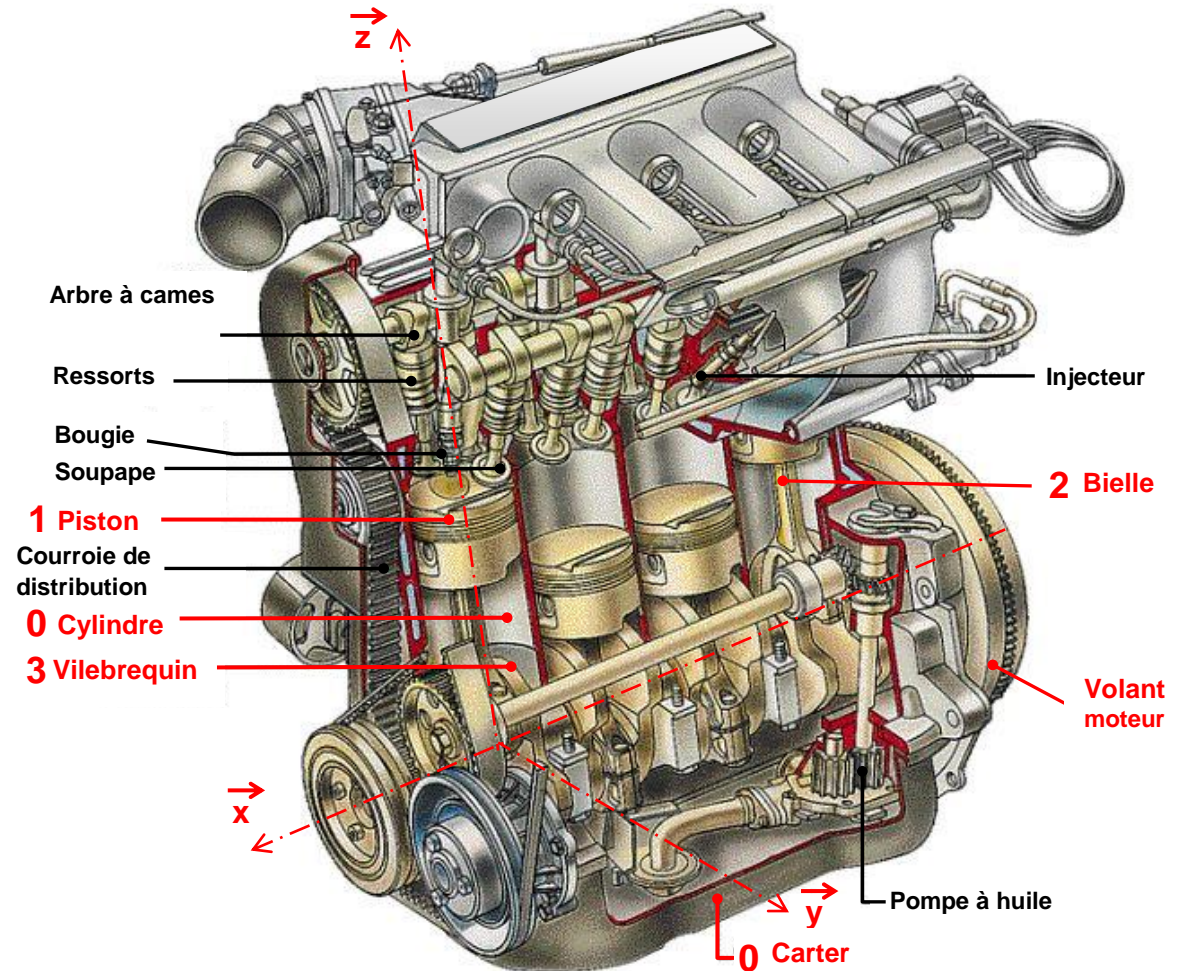
Suite à un diagnostic, on a constaté que le blocage provenait du bas moteur.

Après dépose et démontage partiel, le moteur vous est confié pour déterminer l'origine de ce blocage.

1. Identification.

Q.1 A partir de la documentation papier ou informatique, identifier le moteur.

- Emplacement de la plaque constructeur :
- Energie : essence ou Diesel
- Famille de moteur :
- Cylindrée :
- Type d'injection : directe ou indirecte
- Nombre de soupapes :



~~Q.2~~ Le carter inférieur étant déjà déposé, identifier sur le moteur les éléments suivants :

- Piston
- Vilebrequin : indiquer le nombre de palier
- Bielle : indiquer sur la figure 1 où se trouvent la tête et le pied
- Pompe à huile



Figure 1

Afin de déterminer l'origine du blocage, vous allez procéder au démontage et contrôle de l'ensemble mobile du moteur.

« Pour toutes les questions suivantes, suivre la documentation constructeur »



La documentation technique précise qu'il est absolument indispensable de repérer l'emplacement de chaque chapeau de bielle et de chaque palier de vilebrequin.

2. Démontage de l'ensemble mobile

2.1 Dépose des chapeaux de bielle

~~Q.3~~ Indiquer quel repérage le constructeur a prévu pour ne pas risquer d'intervertir les chapeaux des bielles et les paliers du vilebrequin.

- Repérage des chapeaux de bielle :
- Repérage des paliers de vilebrequin :

Le constructeur indique que le cylindre N°1 est situé « côté volant moteur »

~~Q.4~~ Sur la figure 2, indiquer le numéro de chaque cylindre.

~~Q.5~~ Effectuer la dépose du chapeau de bielle du cylindre N°1 et vérifier si le vilebrequin est toujours bloqué.

Répéter l'opération sur les 3 autres cylindres.

Conclusion :

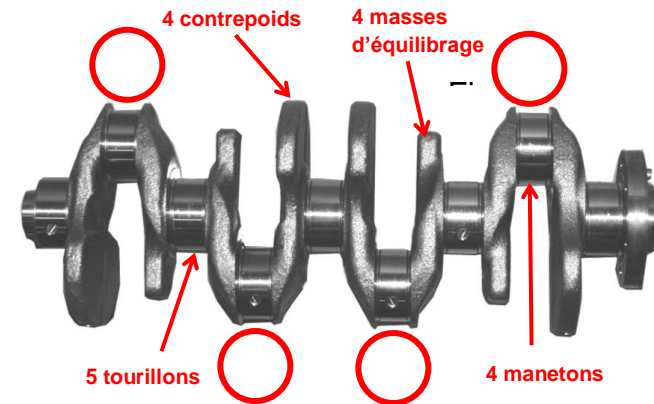


Figure 2

L'origine du blocage est maintenant repérée. Nous allons poursuivre le démontage afin d'étudier plus en détail le système bielle manivelle, rechercher la cause ayant entraînée ce blocage et déterminer si la réparation est possible.

2.2 Dépose du volant moteur

Q.6 Effectuer la dépose du volant moteur situé en bout de vilebrequin.

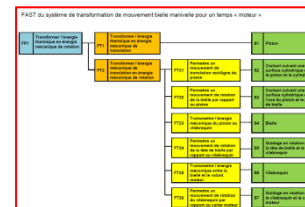
Le volant moteur joue essentiellement un rôle de régulateur. Le cycle à quatre temps ne comporte qu'un seul temps moteur, le volant en acier monté en bout de vilebrequin emmagasine sous forme d'énergie cinétique une partie de l'énergie produite par la combustion pour la restituer pendant les temps résistants et assurer au moteur une vitesse sensiblement constante à un régime donné.

Q.7 Donner une autre fonction du volant moteur



2.3 Dépose du vilebrequin

Q.8 Effectuer la dépose du vilebrequin, d'après le FAST indiquer sa fonction.



Attention ! Récupérer les joints d'étanchéité et bien repérer le sens de montage des cales de réglage du jeu axial du vilebrequin

➤ Nombre de cales : Sens de montage :

~~Q.9~~ D'après la figure 2, compléter les phrases :

- Le tourillon est la surface de liaison entre :
- Le maneton est la surface de liaison entre :

2.4 Dépose du piston

~~Q.10~~ Repérer le sens de montage du piston puis retirer le piston 1 de son cylindre.

- Sens de montage du piston :

(Exemple de repérage : tête de la flèche gravée sur le piston orienté côté plaque d'identification)

Effectuer la dépose du piston dans le cylindre.

3. Analyse structurelle du bas moteur

3.1 Piston

Ces pistons, comportent les empreintes des soupapes et les jupes sont recouvertes d'une zone graphitée. Une cavité centrale permet de générer un mouvement tourbillonnaire du mélange.

~~Q.10~~ Mesurer le diamètre du piston.

$D = 77 \text{ mm}$

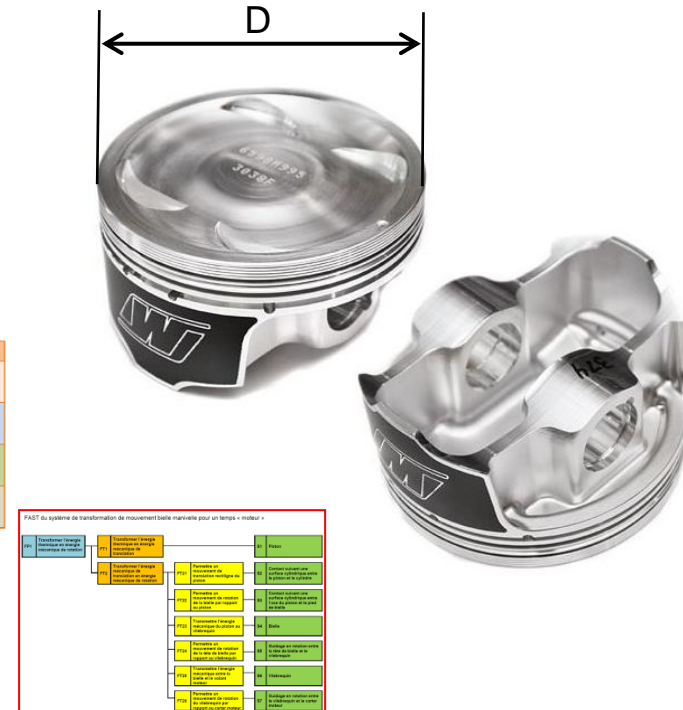
~~Q.11~~ Mesurer la course du piston.

$c = 85.80 \text{ mm}$

~~Q.12~~ Identifier la famille de matériau du piston en complétant le tableau de synthèse page 17.

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Etanchéité
Piston / cylindre				
Piston-axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

~~Q.13~~ Déterminer la fonction du piston par une lecture du FAST.



3.2 Bielle



Une bague en bronze rainurée est emmanchée à force dans le pied de bielle.

Q.14 Mesurer : L (entraxe de bielle), D_2 (diamètre de l'alésage du pied de bielle), d_2 (diamètre de l'alésage de tête de bielle) , reporter les cotes sur le dessin ci-contre.

$L = 138.5 \text{ mm}$

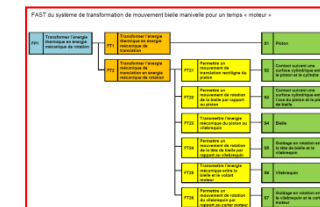
$D_2 = 48.5 \text{ mm}$

$d_2 = 20 \text{ mm}$

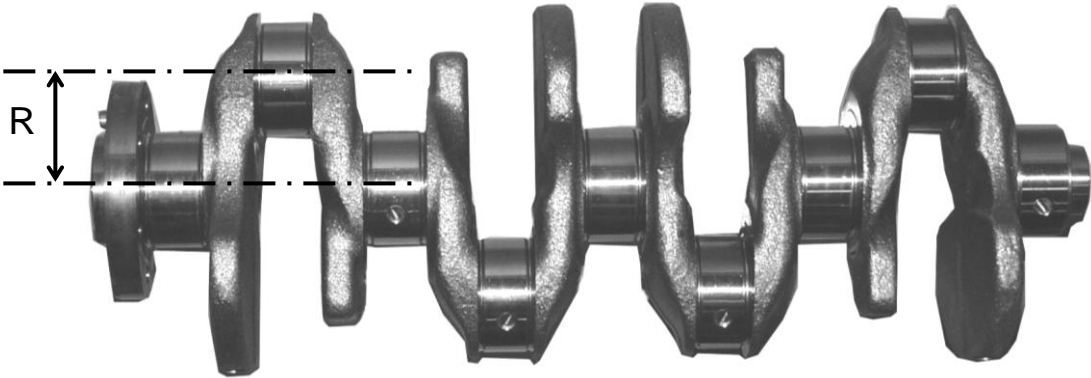
Q.15 Identifier la famille de matériau de la bielle en complétant le tableau de synthèse page 17.

Liaison	Degré de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Élément
Piston / cylindre				
Piston-axe / Bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

Q.16 Déterminer la fonction de la bielle par une lecture du FAST.



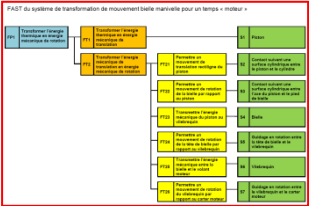
3.3 Vilebrequin



~~Q.17~~ Connaissant la course du piston, en déduire l'excentration R des manetons.

~~Q.18~~ Identifier la famille de matériau du vilebrequin en complétant le tableau de synthèse page 17.

~~Q.19~~ Déterminer la fonction du vilebrequin par une lecture du FAST.



Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Etanchéité
Piston / cylindre				
Piston-axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

4 Analyse des liaisons

4.1 Liaison piston / cylindre

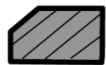
Les chemises en fonte sont insérées à la coulée dans le carter.

Q.20 Comment est réalisée la liaison piston / cylindre ?

Q.21 Identifier les degrés de liberté et indiquer le nom de cette liaison en complétant le tableau de synthèse page 17.

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Étanchéité
Piston / cylindre				
Piston-axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

Q.22 Identifier les noms des segments réalisant l'étanchéité piston / cylindre.



- « Coup-de-feu »



- « Étanchéité »

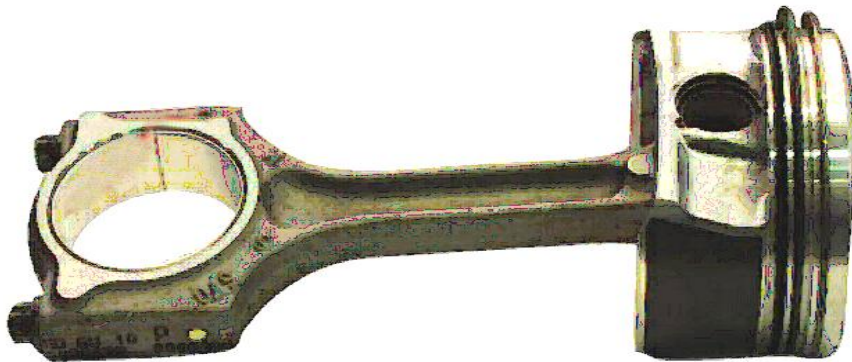


- « Racleur »



4.2 Liaison piston + axe / bielle

Q.23 Comment est réalisée la liaison piston+axe / bielle ?



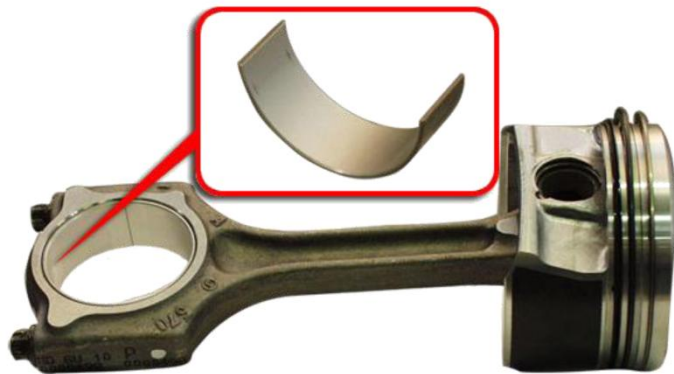
Q.24 Identifier les degrés de liberté et indiquer le nom de cette liaison en complétant le tableau de synthèse page 17.

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Etanchéité
Piston / cylindre				
Piston axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

Attention ! au montage,
les 3 bossages indiquent
le côté distribution



4.3 Liaison bielle / vilebrequin



Les coussinets de bielles sont lisses, sans ergot de positionnement et ne possèdent qu'une seule classe d'épaisseur.

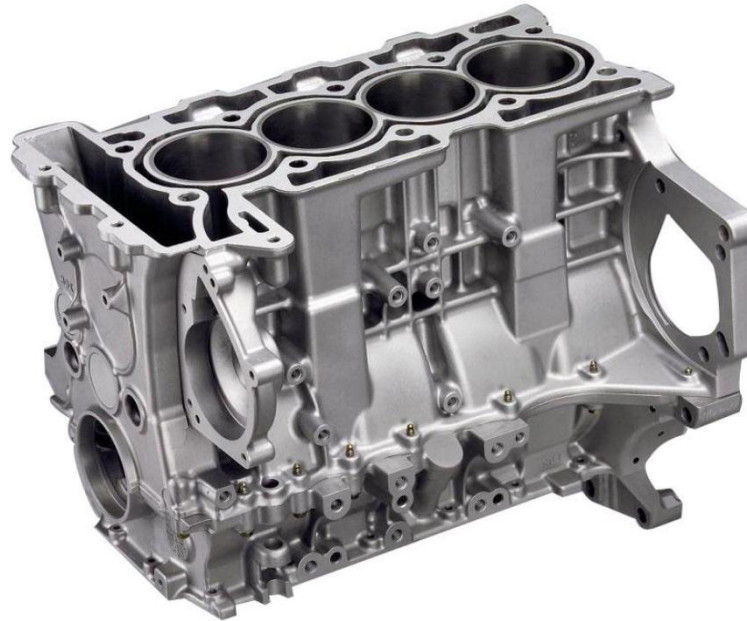
~~Q.25~~ Comment est réalisée la liaison bielle / vilebrequin ?

~~Q.26~~ Identifier les degrés de liberté et indiquer le nom de cette liaison en complétant le tableau de synthèse page 17.

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Élanchité
Piston / cylindre				
Piston axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

4.4 Liaison vilebrequin / carters

Le carter chapeaux de vilebrequin



Réalisé en alliage léger, il intègre les 5 paliers de vilebrequin en acier fritté insérés à la coulée.

Vérifier la présence des pions de centrage lors de la remonté du carter de vilebrequin.

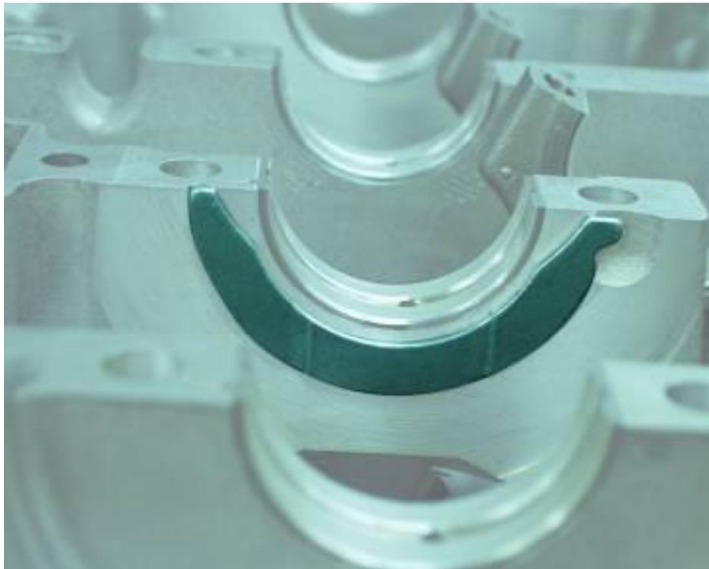
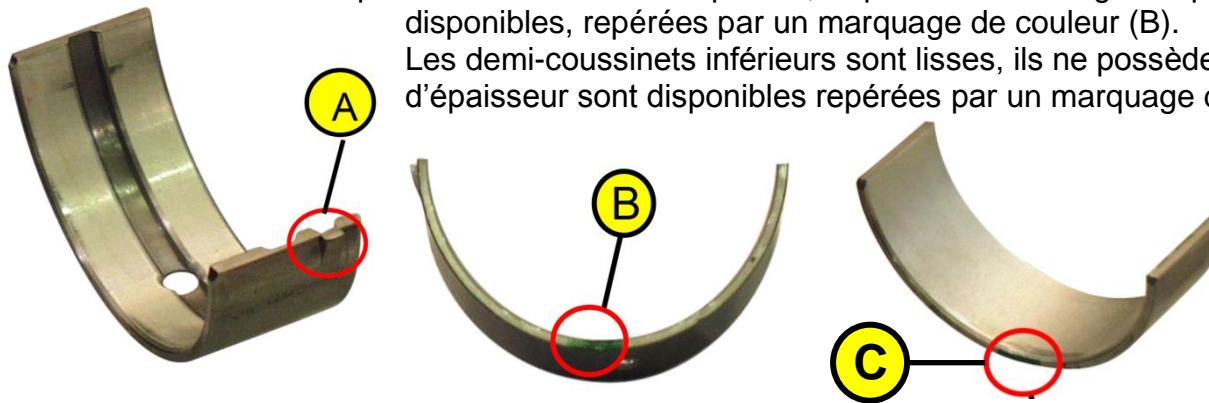
Q.27 Colorier en rouge sur le vilebrequin les surfaces fonctionnelles de mise en position sur le carter-chapeaux.



Les coussinets de vilebrequin

Les demi-coussinets supérieurs sont rainurés et percés, ils possèdent un ergot de positionnement (A) et 5 classes d'épaisseur sont disponibles, repérées par un marquage de couleur (B).

Les demi-coussinets inférieurs sont lisses, ils ne possèdent pas d'ergot de positionnement et 5 classes d'épaisseur sont disponibles repérées par un marquage de couleur (C).



Le calage latéral est réalisé par deux demi-cales placées côté carter-cylindres sur le palier N°2

Q.28 Indiquer comment est réalisée la liaison vilebrequin / carters.

~~Q.29~~ Identifier les degrés de liberté et indiquer le nom de cette liaison en complétant le tableau de synthèse page 17.

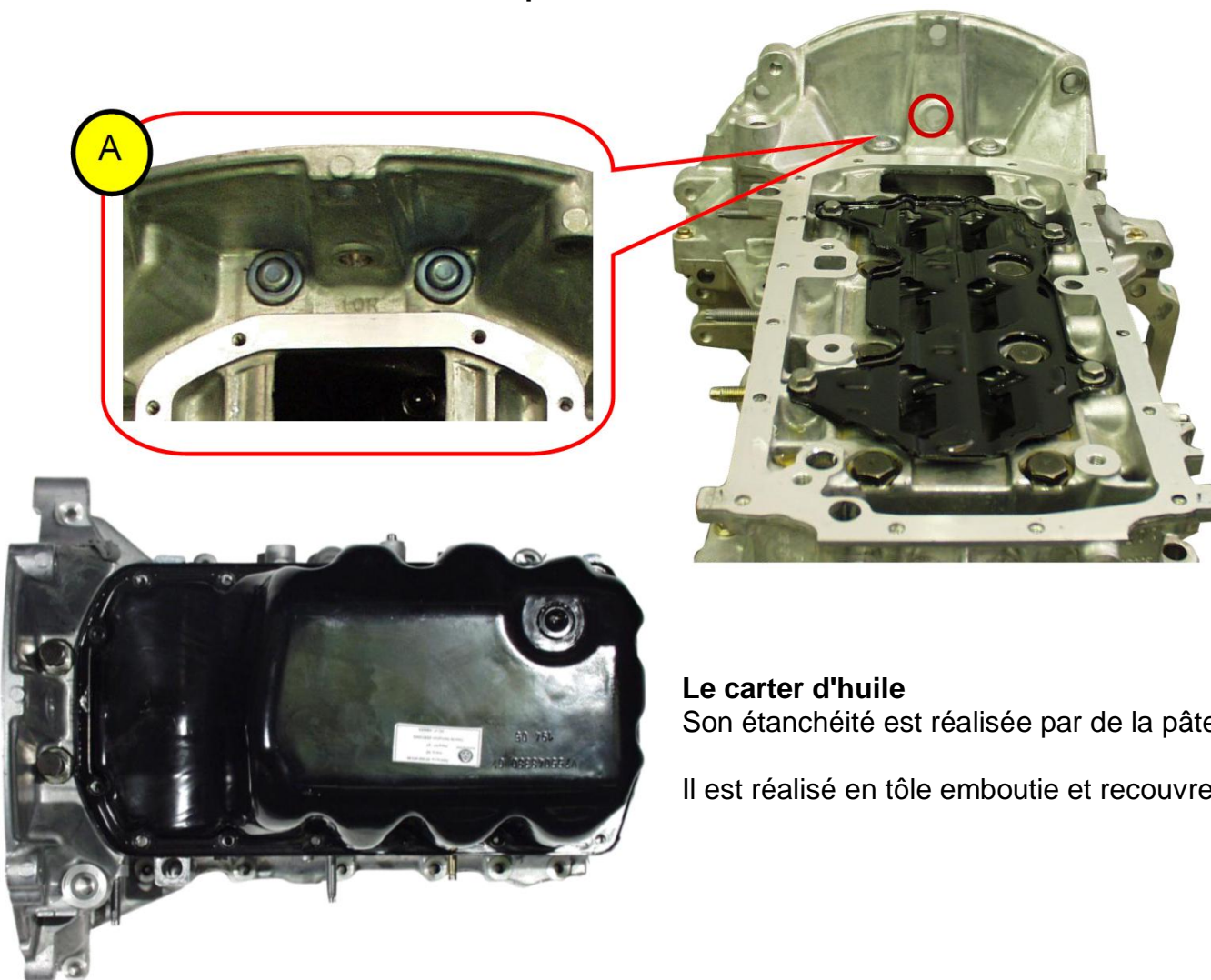
~~Q.30~~ Comment est réalisée l'étanchéité entre le vilebrequin et les carters ?

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Etanchéité
Piston / cylindre				
Piston-axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

~~Q.31~~ Le vilebrequin est soumis aux efforts radiaux alternés des bielles et dans certains cas à un effort axial, comment est produit cet effort axial ?

~~Q.32~~ Un jeu axial (latéral) est relevé sur le vilebrequin, sur quelle(s) pièce (s) doit-on intervenir pour réduire ce jeu ?

Fixation et étanchéité du carter-chapeaux



L'étanchéité entre le carter-cylindres et le carter-chapeaux est réalisée par de la pâte à joint silicone, seules deux vis de paliers sont étanchées par des bouchons (A). Ces bouchons doivent être remplacés et remontés avec du silicone lors de leurs démontages.

Le carter chapeaux est fixé par 28 vis (18 en périphérie et 10 de paliers) au total.

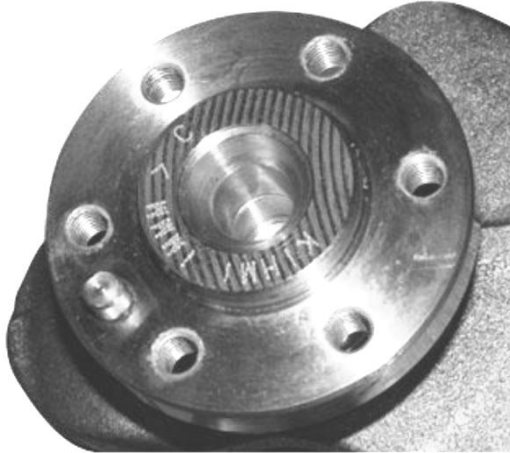
Le cercle rouge localise le trou de pigeage du volant moteur.

Le carter d'huile

Son étanchéité est réalisée par de la pâte à joint silicone, il est fixé par 16 vis.

Il est réalisé en tôle emboutie et recouvre partiellement le carter-chapeaux.

4.5 Liaison vilebrequin / volant moteur



Q.33 Comment est réalisée la liaison volant moteur / vilebrequin ?

Q.34 Indiquer le nom de cette liaison.

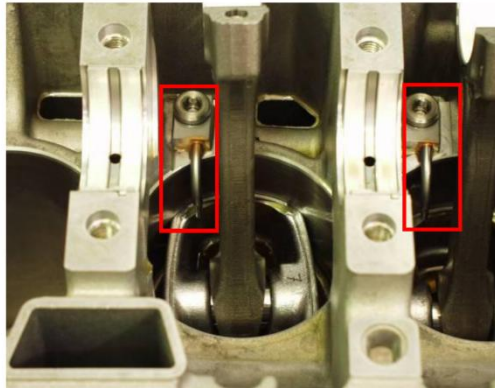
Q.35 Entourer la zone du vilebrequin sur laquelle est monté le volant moteur.



4.6 Tableau de synthèse des liaisons

Liaison	Degrés de liberté	Matériaux en contact	Type de liaison	Etanchéité
Piston / cylindre				
Piston+ axe / bielle				
Bielle / vilebrequin				
Vilebrequin / carter				

5 Lubrification – Refroidissement







Les gicleurs de fonds de pistons sont fixés par l'intermédiaire d'une vis creuse munie d'un clapet (pression d'ouverture de 1.5 à 2 bars).

 **Q.36** Déterminer leurs fonctions.

 **Q.37** Identifier sur le carter ci-dessous.




- Arrivée d'huile de la pompe 
- Retour d'huile 
- Sortie d'huile filtrée 
- Liquide de refroidissement 

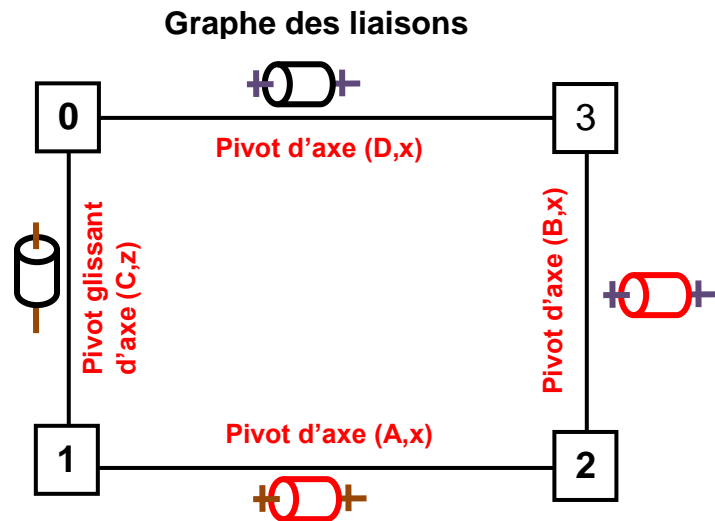


- Montée d'huile 
- Descente d'huile 
- Remontée des gaz de carters 
- Liquide de refroidissement 

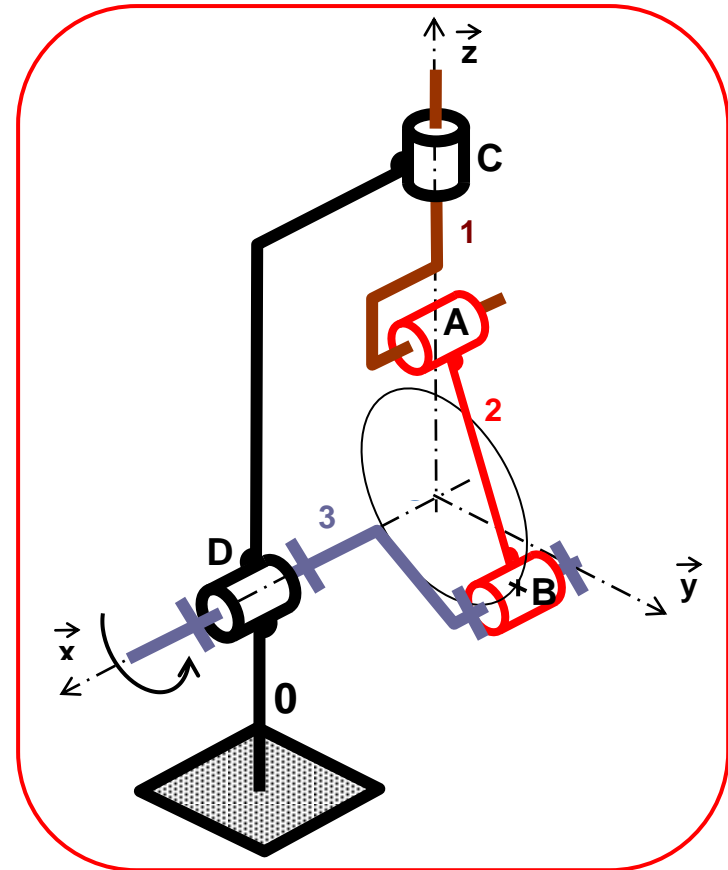
6. Analyse cinématique de la transformation de mouvement

6.1 Schéma cinématique

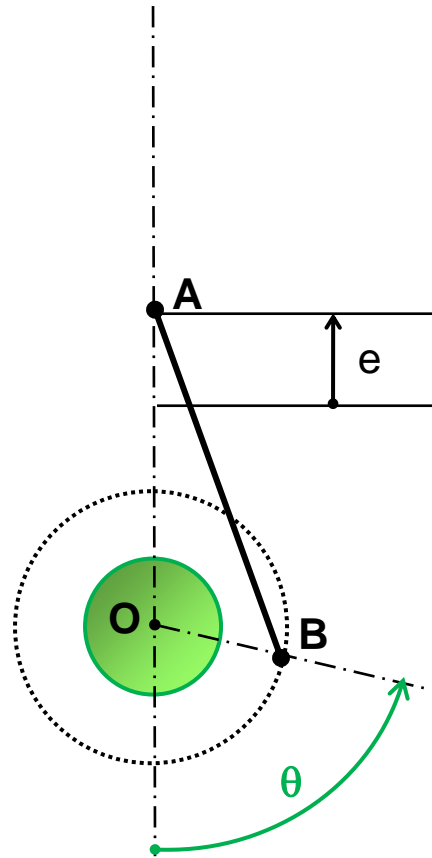
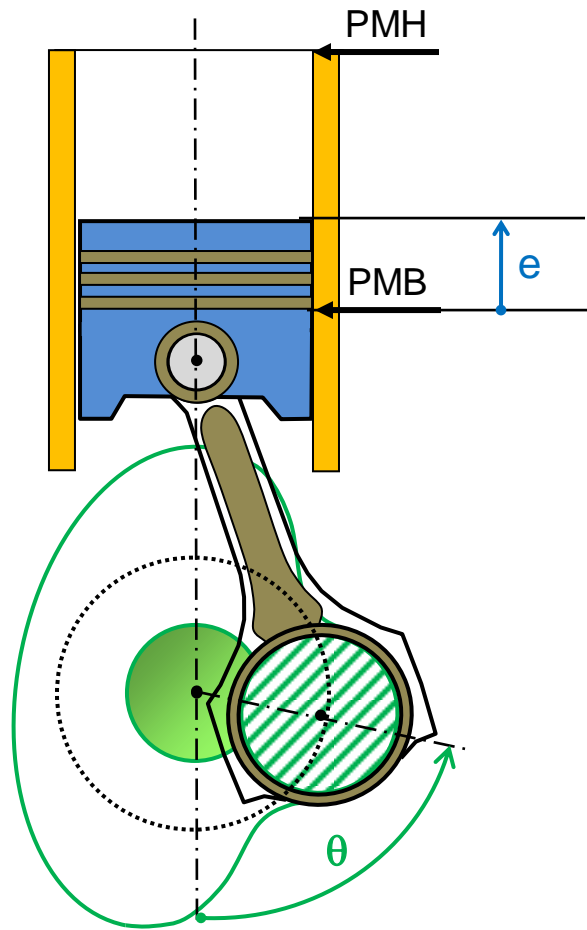
 **Q.38** Compléter le graphe des liaisons pour un cylindre.



 **Q.39** Etablir le schéma cinématique pour un cylindre.



6.2 Paramétrage du système bielle manivelle pour le piston 1

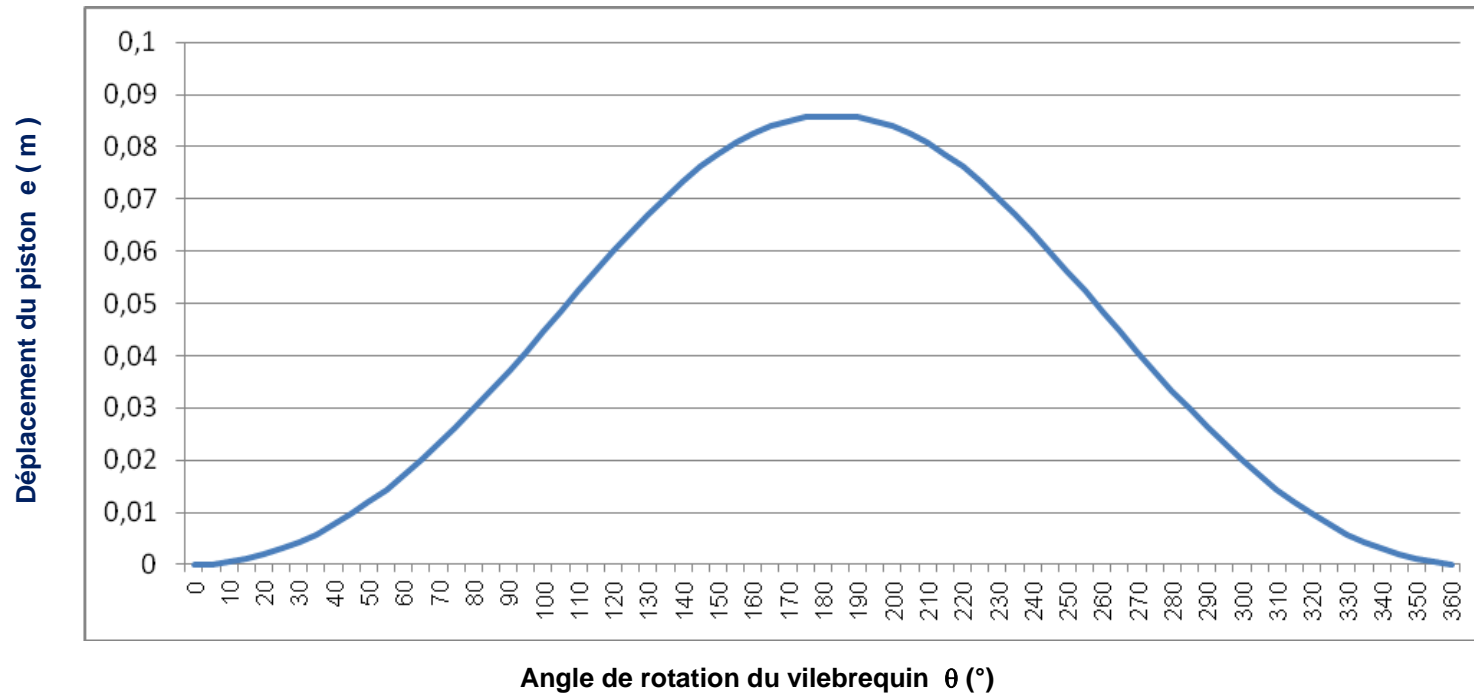


$$[AB] = L = 138,5 \text{ mm}$$

$$[OB] = R = 42,9 \text{ mm}$$

6.3 Loi du déplacement du piston en fonction de l'angle de rotation du vilebrequin

~~Q.40~~ Tracer la courbe liant le déplacement du piston 1 en fonction de l'angle de rotation du vilebrequin.



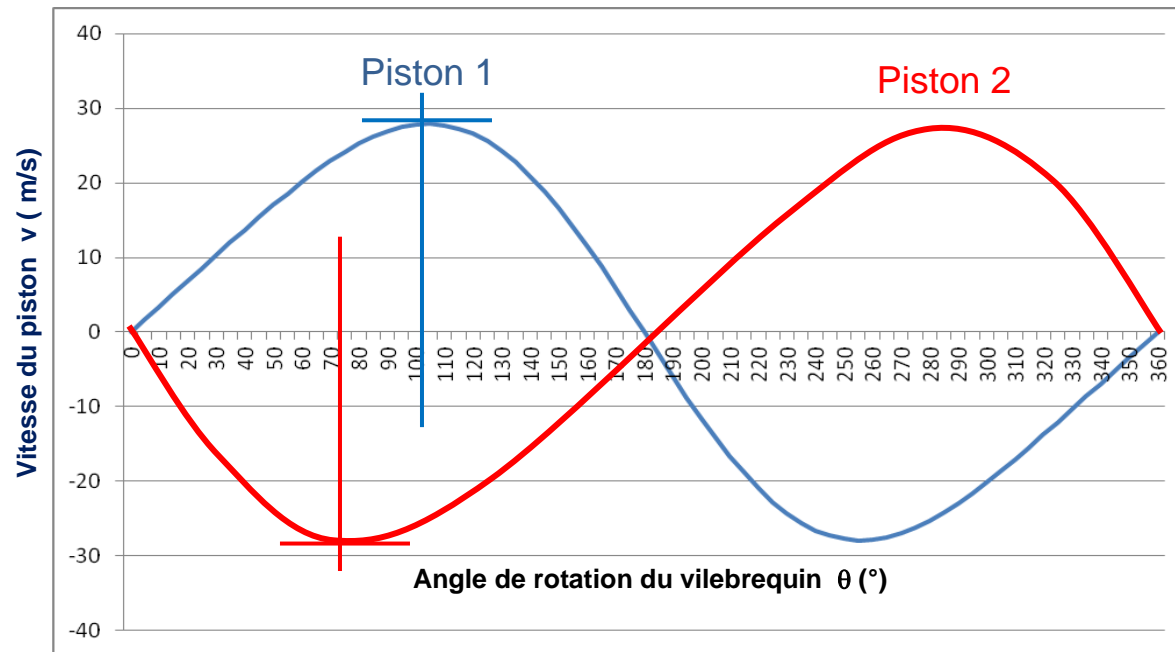
~~Q.41~~ Le déplacement du piston est-il proportionnel à la rotation du vilebrequin ?

~~Q.42~~ Positionner sur la courbe le point mort haut PMH et le point mort bas PMB.

~~Q.43~~ Déterminer graphiquement la course du piston.

6.4 Loi des vitesses du piston en fonction de la fréquence de rotation du vilebrequin $N_m = 6000 \text{ tr/min}$

On donne ci-dessous la loi des vitesses des pistons 1 et 2 montés en opposition.



Q.44 Déterminer sur le graphique la vitesse maximale du piston 1 et les positions angulaires correspondantes du vilebrequin.

Q.45 Calculer la vitesse moyenne du piston 1, la tracer pour $0^\circ < \theta < 180^\circ$

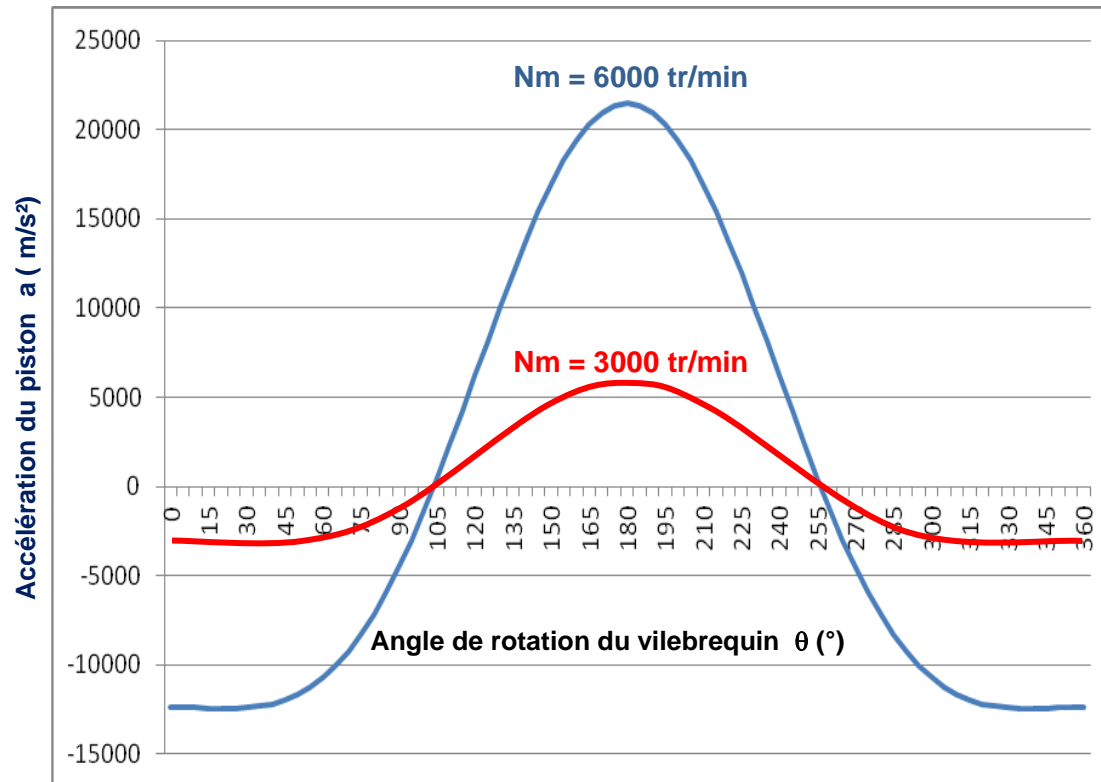
$$V_{\text{moy}} = 2 \times \text{course} \times N_m / 60$$

Q.46 La vitesse moyenne d'un piston doit rester inférieure à 20 m/s, conclusion ?

Q.47 Déterminer sur le graphique la vitesse maximale du piston 2 et les positions angulaires correspondantes du vilebrequin.

Q.48 Les vitesses des pistons en opposition ne s'annulent pas, quelle en est la conséquence ?

6.5 Loi des accélérations du piston 1 en fonction des fréquences de rotation du vilebrequin $N_m = 6000 \text{ tr/min}$ et 3000 tr/min



Q.49 Déterminer sur le graphique l'accélération maximale du piston 1 et la position angulaire correspondante du vilebrequin aux deux régimes donnés, en indiquant la position du piston PMH ou PMB.

L'effet d'inertie est donné par la relation : $F_i = m.a$

Q.50 Connaissant la masse du piston : $m = 282 \text{ g}$, calculer l'effet d'inertie maximal pour $N_m = 6000 \text{ tr/min}$

Accélération maximale : $a_{\text{maxi}} = 21500 \text{ m/s}^2$
Effet d'inertie : $F_i = 6063 \text{ N}$

Q.51 Cet effet d'inertie est-il variable ? Quelle en est la conséquence ?

Q.52 Peut-on monter des pistons de masses légèrement différentes dans les cylindres ?

7.1 On isole la bielle 2

Graphe des contacts

Linéaire rectiligne de normale (C, x)

Linéaire annulaire de centre D

Linéaire annulaire de centre B

Linéaire annulaire de centre A

$F_{Gaz/l}$

C_{mot}

$A_{1/2}$

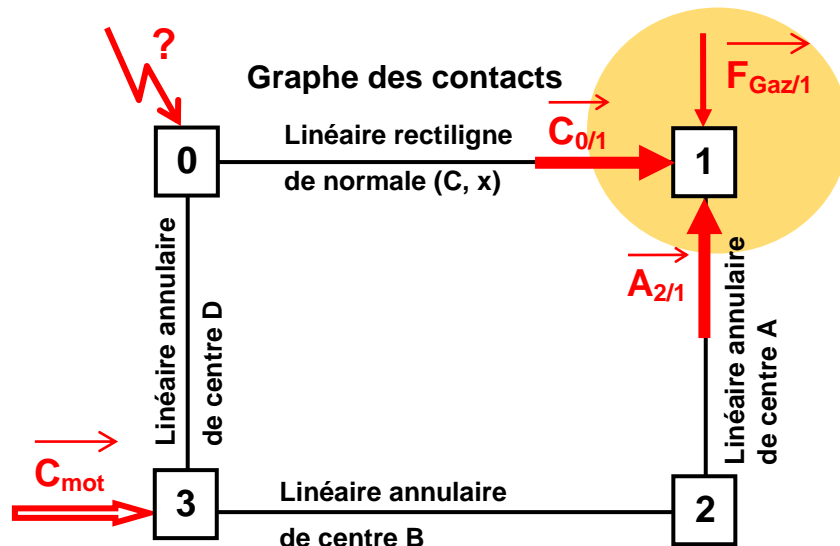
$B_{3/2}$

$$\overrightarrow{A_{1/2}} + \overrightarrow{B_{3/2}} = \vec{0}.$$


Théorème :

- directement opposées
- de même intensité.

7.2 On isole le piston 1



Q.54 Etablir le bilan des actions mécaniques extérieures, faire apparaître ces actions sur le graphe des contacts.

Solide ou système de solides en équilibre sous l'action de trois forces.

Théorème :

Un solide ou système de solide en équilibre sous l'action de trois forces, reste en équilibre si ces trois forces sont :

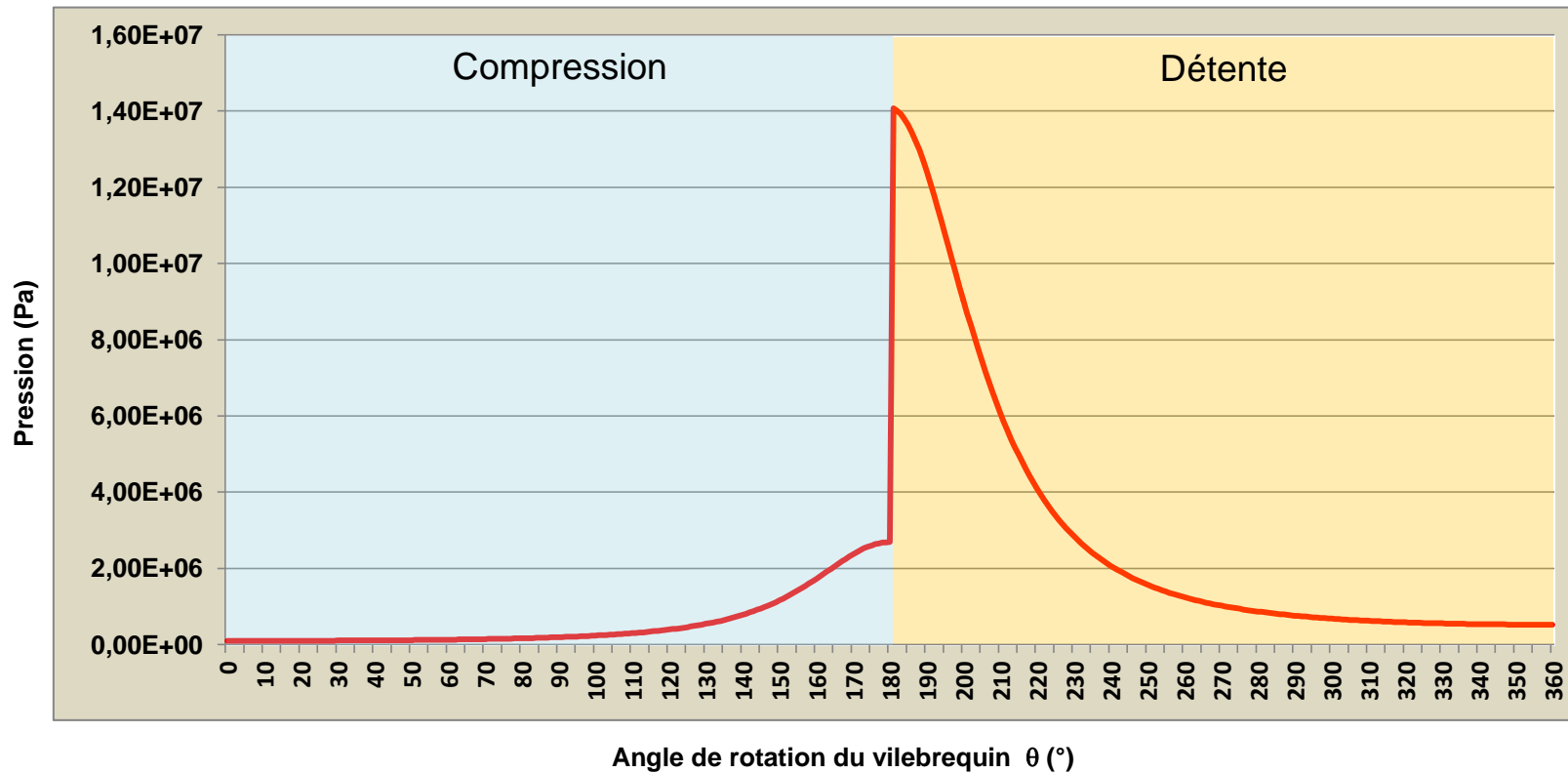
- coplanaires
- concourantes ou parallèles
- de somme vectorielle nulle.

La pression des gaz s'exerçant sur le piston 1 est $p = 90$ bars, le diamètre du piston 1 est $D = 77$ mm.

Q.56 Déterminer l'effort des gaz sur le piston $F_{Gaz/1}$.

$$F_{Gaz/1} = p \cdot S = 4190 \text{ daN}$$

L'évolution théorique de la pression des gaz sur le piston, en fonction de la rotation du vilebrequin, est donnée sur le graphe ci-dessous.



Q.57 A partir du graphe ci-dessus, déterminer les pressions maxi. obtenues lors de la compression et de la détente des gaz, expliquer la modification brutale de la pression pour la valeur $\theta = 180^\circ$ du vilebrequin.

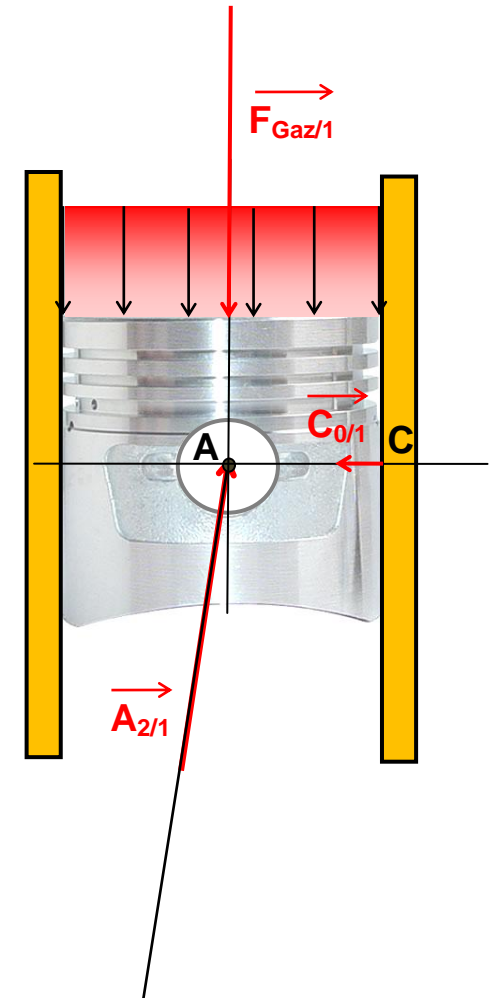
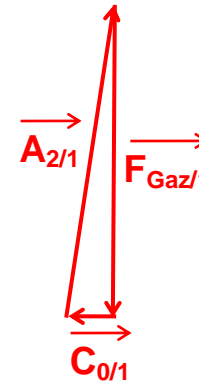
~~Q.58~~ Déterminer les efforts $\overrightarrow{A_{2/1}}$ et $\overrightarrow{C_{0/1}}$.

Le piston est soumis à trois forces concourantes en A.

Le dynamique est fermé : $\overrightarrow{F_{Gaz/1}} + \overrightarrow{A_{2/1}} + \overrightarrow{C_{0/1}} = \vec{0}$.

En traçant le triangle des forces on détermine :

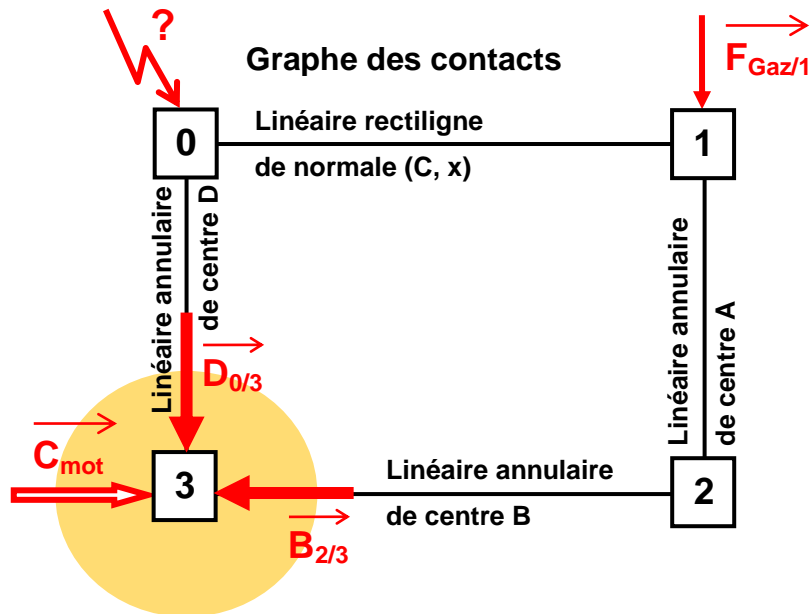
- $\|\overrightarrow{F_{Gaz/1}}\| = 4190 \text{ daN}$
- $\|\overrightarrow{A_{2/1}}\| = 4250 \text{ daN}$
- $\|\overrightarrow{C_{0/1}}\| = 875 \text{ daN}$



~~Q.59~~ Lors du temps moteur, le piston exerce un effort important $\overrightarrow{C_{1/0}}$ sur le cylindre, quelle en est la conséquence sur le cylindre ?

7.3 On isole le vilebrequin 3

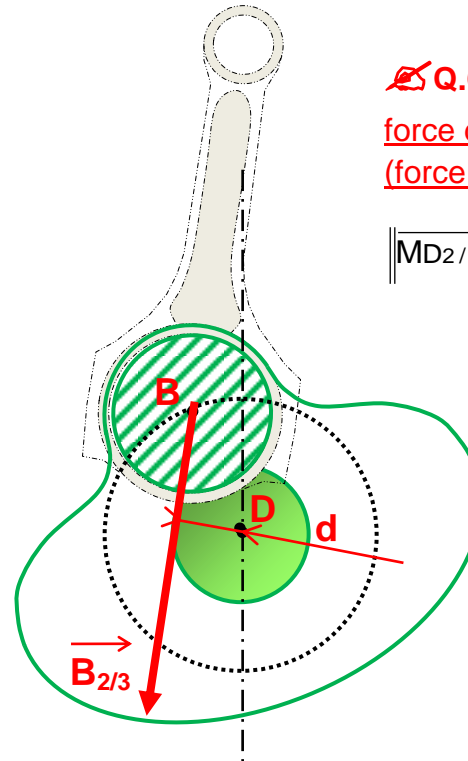
Q.60 Etablir le bilan des actions mécaniques extérieures, faire apparaître ces actions sur le graphe des contacts.



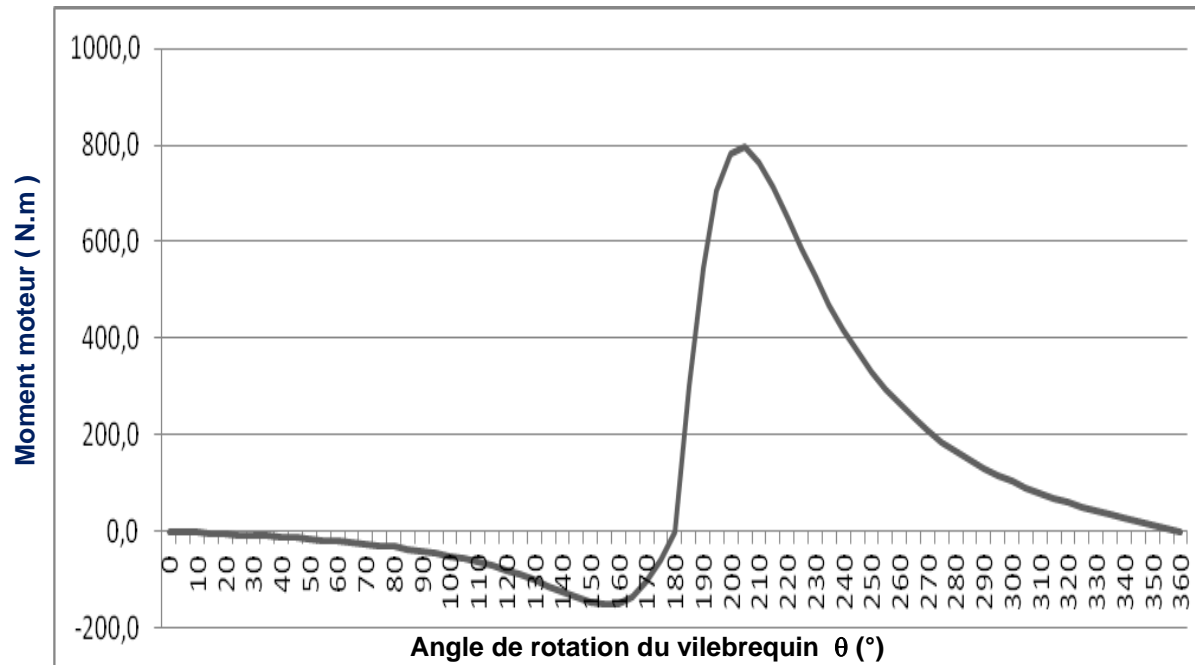
On donne : $d = 19 \text{ mm}$ et $\|\vec{B}_{2/3}\| = 4250 \text{ daN}$,

Q.61 Déterminer le moment moteur de la force de la bielle sur le vilebrequin au point D (force liée à la pression des gaz sur le piston).

$$\|\vec{M}_{D2/3}\| = d \cdot \|\vec{B}_{2/3}\| = 807,5 \text{ N.m}$$



Courbe du moment moteur (N.m) sur le vilebrequin (relatif à la pression des gaz sur le piston 1) en fonction de la rotation du vilebrequin (°)



Q.62 Pour le piston 1, expliquer la différence de tracé pour une rotation du vilebrequin de 0° à 180° et de 180° à 360°.

Q.63 Pour un piston, déterminer le moment moteur maximum agissant sur le vilebrequin.

Q.64 Le moment moteur est-il régulier ?

Q.65 Dans la chaîne cinématique ci-dessous, quel organe va jouer le rôle de régulateur ?



Annexe 1 : FAST du système de transformation de mouvement bielle manivelle pour un temps « moteur »

