

DOSSIER D'ÉTUDE

Cette étude comprend 6 parties.

Ces parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

Il est conseillé de consacrer à chacune de ces parties la durée suivante :

Lecture du dossier et des document techniques	0 h 30
1 ^{ère} partie :	0 h 45
2 ^{ème} partie :	1 h 00
3 ^{ème} partie.....	0 h 45
4 ^{ème} partie :	0 h 45
5 ^{ème} partie :	0 h 45
6 ^{ème} partie :	1 h 30

1. Caractéristiques du moteur

Matière d'œuvre : Documents DT1, DT2 et DR1

Domaine étudié : étude de la course maximale

Objectif : détermination du volume mort

Le document DR1 donne le schéma du moteur dans sa position point mort haut (PMH) avec le vérin de contrôle situé dans sa position milieu. L'amplitude de celui-ci est de ± 6 mm.

Soit la fonction principale **FP1** : « Transmettre la puissance du piston au vilebrequin »

1.1. Sur le DR1, tracer en couleur, au Point Mort Bas, le piston **8**, l'engrenage de renvoi **4**, la bielle et le vilebrequin dans cette configuration et en considérant le vérin **9** fixe par rapport à **1**.

Soit la fonction principale **FP2** : « Faire varier le rapport volumétrique du moteur »

1.2. En considérant le piston **8** au Point Mort Haut et le vilebrequin fixe par rapport à **1**, et sachant que le vérin **9** se déplace ± 6 mm, déterminer pour le **RV** minimum et maximum la valeur en millimètre et le sens (vers le haut ou vers le bas) du déplacement du piston **8**.

Le rapport volumétrique maxi obtenu avec le moteur MCE-5 est de 20 : 1 (cycle Otto – Atkinson avec back-flow).

1.3. Calculer le volume mort de ce moteur. Rappel : $RV = (V+v)/v$.

Si on n'agit pas sur le vérin de contrôle, le moteur a des caractéristiques course x alésage particulières.

1.4. Comment appelle-t-on ce genre de moteur ?

Sachant qu'à RV minimum, celui-ci est de 7 : 1,

1.5. Calculer le volume mort.

1.6. Déterminer pour un volume total (V+v) identique, la cylindrée et la course qu'aurait un moteur conventionnel de RV = 10 : 1 avec le même alésage.

2. Étude cinématique du mécanisme

Matière d'œuvre : Documents DT1, DT2, DR2, DR3 et DR4

Domaine étudié : chaîne cinématique

Objectif : détermination de la vitesse du piston par rapport au bloc moteur **1** dans une position particulière

La fréquence de rotation du vilebrequin sera considérée comme constante.
Elle aura pour valeur : $N_{3/1} = 4\,500 \text{ tr. min}^{-1}$.

Pour une charge donnée du moteur, en cycle d'Otto - Atkinson, le rapport volumétrique doit être de 20 : 1. Cela nécessite le déplacement du vérin de contrôle de 6 mm par rapport à la position médiane, dans la phase détente du piston. Le diagramme idéal sur le document DR2 donne l'allure du déplacement du vérin de contrôle en fonction des 4 temps moteur.

Sur le document DR2 :

2.1. Repérer, au-dessus de l'axe des abscisses, ces 4 temps sur le diagramme, sachant que c'est la détente des gaz brûlés qui déplace, *vers le haut*, le vérin de contrôle dans un premier temps.

2.2. Graduer l'axe des abscisses de ce diagramme en secondes (ou fraction de seconde).

2.3. Déterminer la vitesse du vérin de contrôle.

Sur le document DR3, le moteur est représenté dans la position où le piston **8** a une vitesse maximale. Dans cette position on prendra comme vitesse pour le vérin de contrôle : 3 m.s^{-1} .

- 2.4. Mettre en place la vitesse de la bielle 2 au point A par rapport au référentiel 1 : $\overline{V_{A,2/1}}$.
 - 2.5. Mettre en place la trajectoire du point B_{2/1}.
 - 2.6. Déterminer graphiquement la vitesse du point B appartenant à la bielle 2 par rapport au bloc moteur 1 : $\overline{V_{B,2/1}}$.
 - 2.7. Donner la relation entre $\overline{V_{B,2/1}}$ et $\overline{V_{B,4/1}}$.
 - 2.8. Mettre en place $\overline{V_{C,9/1}}$ et exprimer la condition de roulement sans glissement entre 4 et 9. En déduire $\overline{V_{C,4/1}}$.
 - 2.9. En traçant le champ des vecteurs vitesses, déterminer le centre instantané de rotation I_{4/1} de l'engrenage 4 par rapport à 1.
 - 2.10. En déduire la vitesse du piston 8 par rapport à 1 en D.
 - 2.11. En déduire la vitesse angulaire $\omega_{4/1}$ de l'engrenage 4 par rapport à 1.
- Le document DR4 donne l'évolution de la position, de la vitesse et de l'accélération du piston pour un cycle complet.
- 2.12. Graduer l'échelle des temps en secondes (ou fraction de seconde).
 - 2.13. Par dérivation graphique, calculer les échelles des vitesses et des accélérations du piston.
(Utiliser les 2 tangentes du document réponse DR4). Graduer les axes correspondants.
 - 2.14. Relever la vitesse maxi et l'accélération maxi et comparer la vitesse avec celle trouvée précédemment.

3. Étude dynamique du piston

Matière d'œuvre : Documents DT2, DT3, DT4

Domaine étudié : ensemble piston crémaillère 8

Objectif : détermination de l'action de l'engrenage de renvoi sur le piston

Le document DT3 donne la masse de l'ensemble du piston ainsi que les coordonnées de son centre de gravité par rapport à l'origine O. On considère pour cette partie, le moteur en phase échappement, début admission c'est-à-dire au point mort haut. Il n'y a pratiquement plus de pression sur la surface du piston, mais c'est une position où l'accélération du piston est la plus importante.

Hypothèses :

- ✓ Le système peut se ramener à un système plan, et on néglige le poids.
- ✓ La pression résiduelle des gaz sera nulle.
- ✓ La liaison {1 - 8} est une linéaire annulaire de centre F, d'axe (F, \bar{y}) .
- ✓ Le torseur de la liaison {4 - 8} est caractérisé par un glisseur D de composantes (X_D, Y_D) .
- ✓ Les torseurs aux points J et K sont des glisseurs ayant pour composantes :

$$\overline{J_{6/8}} \begin{vmatrix} 71 \\ 195 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \overline{K_{6/8}} \begin{vmatrix} 71 \\ 195 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{Les composantes sont en Newton}$$

- ✓ Les coordonnées des points

D (0 ; -114 ; 0)

F (0 ; -10 ; 0)

J (-15 ; -108 ; 0)

K (-15 ; -131 ; 0)

Les valeurs sont en mm

- ✓ L'accélération du piston dans cette position est de $-11\,050 \text{ m.s}^{-2}$

- ✓ Les liaisons sont supposées parfaites (sans frottement de glissement).
- 3.1. Justifier le choix d'une liaison linéaire annulaire au niveau de F au lieu du choix habituel d'une liaison pivot glissant.
- 3.2. Isolement du piston **8** .
 - 3.2.1 Ecrire le torseur dynamique en G .En déduire le torseur dynamique en O.
 - 3.2.2 Appliquer le principe fondamental de la dynamique en O au piston et déterminer les actions de contact au niveau de F et de D.
- 3.3. Calculer l'intensité du glisseur $\|\vec{D}\|$.
- 3.4. Discuter sur les conséquences des valeurs des composantes du torseur de la liaison annulaire en F.
- 3.5. Quelles solutions peut-on adopter pour éviter ce genre de conséquences.

4. Étude du vérin de contrôle **9**

Matière d'œuvre : Documents DT2, DT5 et DT6

Domaine étudié : Le vérin de contrôle **9**

Objectif : Etude de l'influence du vérin de contrôle sur le mouvement du piston

Pour faire varier le RV lors d'un changement de charge du moteur, c'est l'effort du piston par l'intermédiaire de l'engrenage de renvoi **4**, qui crée un effort sur la crémaillère et provoque la remontée du vérin de contrôle **9**. Au début du déplacement et pour une position particulière, l'effort tangentiel sur la crémaillère est de 8 100 N.

Hypothèses :

- ✓ La masse volumique du fluide est de : 820 kg.m^{-3} .
 - ✓ les pertes de charges et les frottements sont négligés.
 - ✓ la pression dans la chambre non sollicitée est nulle.
 - ✓ la section de passage du fluide au niveau des clapets est de : 10 mm^2 .
 - ✓ on néglige la hauteur de fluide.
- 4.1. En repérant le diamètre du vérin de contrôle, calculer la pression dans la chambre sollicitée.
 - 4.2. Au début du déplacement, la vitesse du fluide dans les chambres est négligeable devant la vitesse d'écoulement au passage des clapets. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points 1 et 2 (voir document DT6), déterminer le débit sortant au niveau des clapets dû à la différence de pression.
 - 4.3. En déduire la vitesse du vérin de contrôle **9** lors de l'échange de fluide entre les deux chambres.
 - 4.4. Reprendre la question 4.2 sans négliger la vitesse d'écoulement dans la chambre et conclure sur la valeur de la vitesse du vérin de contrôle **9**.
 - 4.5. Comparer les valeurs des deux vitesses de **9** : vitesse de consigne (voir question 2.3) et celle calculée précédemment. Conclure et proposer une solution constructive en cas d'écart important.

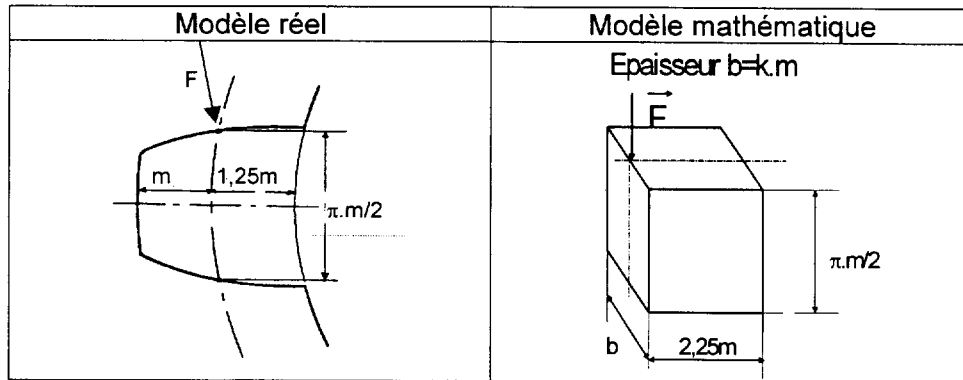
5. Résistance des matériaux

Matière d'œuvre : Documents DT2, DT4, DT7.

Domaine étudié : Engrenage de renvoi

Objectif : Détermination de la contrainte de flexion au pied de la dent

On se propose de déterminer, par une méthode simple la contrainte au pied d'une dent d'engrenage de renvoi en fonction des caractéristiques géométriques et des efforts mis en jeu.



On assimile la dent à une poutre encastée sollicitée à de la flexion simple.

5.1. Calculer le module de flexion $\left(\frac{I_{Gz}}{v} \right)$ en fonction de k et m. $I_{Gz} = (bh^3)/12$ pour une section rectangulaire.

5.2. Calculer le moment de flexion maximal en fonction de F et m.

5.3. Calculer la contrainte normale maximale en fonction de F, k et m.

5.4. L'effort sur la denture étant égal à 8 095 N, le coefficient $k = 8,8$ et le module $m = 5$, calculer la valeur de la contrainte maximale de flexion.

Sur le document DT5 sont représentés les résultats d'une simulation par éléments finis. La contrainte de Von Mises définit une contrainte tenant compte des sollicitations d'effort normal et tangentiel.

5.5. Situer les zones où la contrainte est maximum et expliquer pourquoi.

5.6. Comparer les résultats avec l'étude précédente (Question 5.4). Conclure sur le coefficient de concentration de contraintes.

5.7. En déduire le coefficient de sécurité utilisé si $R_e = 620$ MPa.

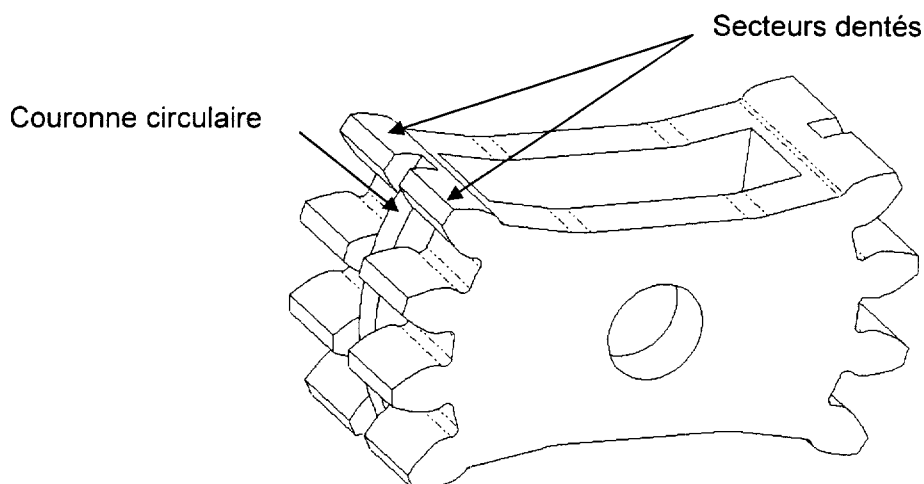
6. Conception

Matière d'œuvre : Documents DT2, DT8, DR5

Domaine étudié : Le piston 8

Objectif : Conception du piston

L'engrenage de renvoi est composé d'un double secteur denté permettant de transmettre les efforts tangentiels et d'une couronne circulaire de même diamètre primitif que le secteur denté. Cette couronne a pour but en partie d'assurer le positionnement du piston 8.



Pour que la liaison avec le piston se fasse correctement une surface plane doit être confondue avec le plan primitif de la crémaillère. Cette surface plane vient en contact avec la couronne circulaire et assure un roulement sans glissement.

Le but de la conception est de réaliser l'étude de cette liaison au niveau du piston.

Extrait du cahier des charges :

L'ensemble est composé de 4 parties

1. Un demi bloc droit, sur lequel 2 crémaillères de différents modules taillées dans la masse.
L'épaisseur des crémaillères de module $m = 1,25$ sera de 3 mm; des crémaillères de module $m = 5$, de 18 mm.
2. Un demi bloc gauche, symétrique, du point de vue fonctionnel au bloc droit.
3. Un support en T (à concevoir) permettant de créer la face plane.
4. Un piston ayant une base prismatique.

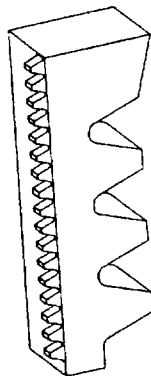
La mise en position doit s'effectuer sans élément extérieur, seules les formes des différents éléments doivent permettre cette mise en position correcte.

Le maintien sera réalisé grâce à des éléments de serrage standards (voir le document DT 8).

- ✓ Compléter sur le document réponse DR5 la vue de face en coupe partielle A-A suivant le plan de symétrie du piston.
- ✓ Représenter la coupe partielle à plan sécant B-B passant par les éléments de serrage

Utiliser éventuellement toutes coupes annexes pour définir au mieux vos solutions retenues.

Forme brute du bloc droit



Forme brute de la base du piston

