

ETUDES DES CONSTRUCTIONS ET MECANIQUE APPLIQUEE

Durée : 6h
Coefficient : 4

POMPE DPC

Documents et matériel autorisés :

Guide du dessinateur (ou document équivalent)
Matériel du dessinateur (té, équerres, compas, ...)

Moyens de calcul autorisés :

Calculatrice électronique de poche, y compris les calculatrices programmables et alphanumériques à fonctionnement autonome, non imprimante.

Contenu du dossier :

Feuille de présentation (DP1) de couleur bleue
Dossier de travail (DQ1 à DQ8) de couleur verte
Dossier technique (DT1 à DT8) de couleur jaune
Dossier réponses (DR1 et DR2) de couleur blanche

	Lecture du sujet	1 ^{ère} partie	2 ^{ème} partie	3 ^{ème} partie	4 ^{ème} partie
Temps conseillé	0,5 h	1 h	1,25 h	0,75 h	2,5 h
Barème /80		16	20	14	30

PRESENTATION

La pompe DPC est un élément essentiel d'un système d'alimentation en gazole de nombreux moteurs diesel. Elle est du type **distributeur rotatif**. Elle est lubrifiée par le gazole qui maintenu à une pression interne interdit l'entrée de tout corps étranger qui perturberait son fonctionnement (voir DT1).

Pour faciliter les démarrages, cette pompe est équipée d'un **dispositif de surcharge (19)** qui accroît notablement le débit injecté aux très faibles régimes (voir DT1).

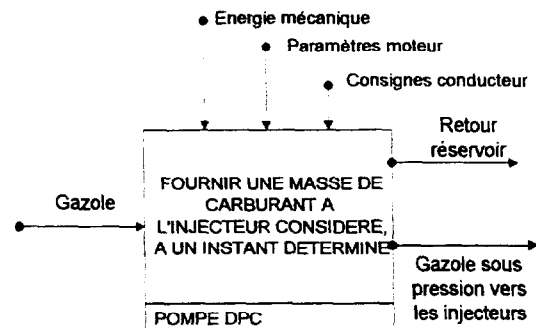
Un élément de pompage constitué de deux pistons opposés (20), assure la fonction de **rotor distributeur** qui tourne dans la tête hydraulique (16). Chaque piston, par l'intermédiaire d'un ensemble de chariot porte-galet (23), entre en contact avec les bossages intérieurs d'un anneau à came (21) provoquant le refoulement du gazole (voir DT1).

L'élément **unique** de pompage assure l'uniformité des débits injectés aux différents cylindres.

Dosé avec précision par la **soupe de dosage (9)**, le volume de combustible contenu dans l'élément de pompage est alors distribué à chacun des porte-injecteurs dans l'ordre prévu, au moment voulu par un système de canaux percés dans le rotor hydraulique et les tubes de refoulement haute pression (voir DT1).

Un **dispositif d'avance** automatique permet de faire varier le début d'injection en fonction de la vitesse de rotation du moteur (voir DT1 coupe B-B).

Un **régulateur centrifuge** permet un contrôle précis du régime du moteur (voir DT1 et DT6).



STRUCTURE DU SUJET

L'étude porte sur l'analyse du fonctionnement des différents sous-ensembles de la pompe DPC de base et comporte 4 parties indépendantes.

- 1^{ère} Partie - Etude de **l'arbre d'entraînement** du rotor distributeur
- 2^{ème} Partie - Etude de l'évolution de la **pression de transfert**
- 3^{ème} Partie - Etude du **système de régulation** de la fréquence de rotation
- 4^{ème} Partie - Etude d'un nouveau système de **calage interne** de la pompe

**ETUDES DES CONSTRUCTIONS
ET
MECANIQUE APPLIQUEE**

POMPE DPC

**DOSSIER DE
TRAVAIL**

1ÈRE PARTIE - ETUDE DE L'ARBRE D'ENTRAÎNEMENT

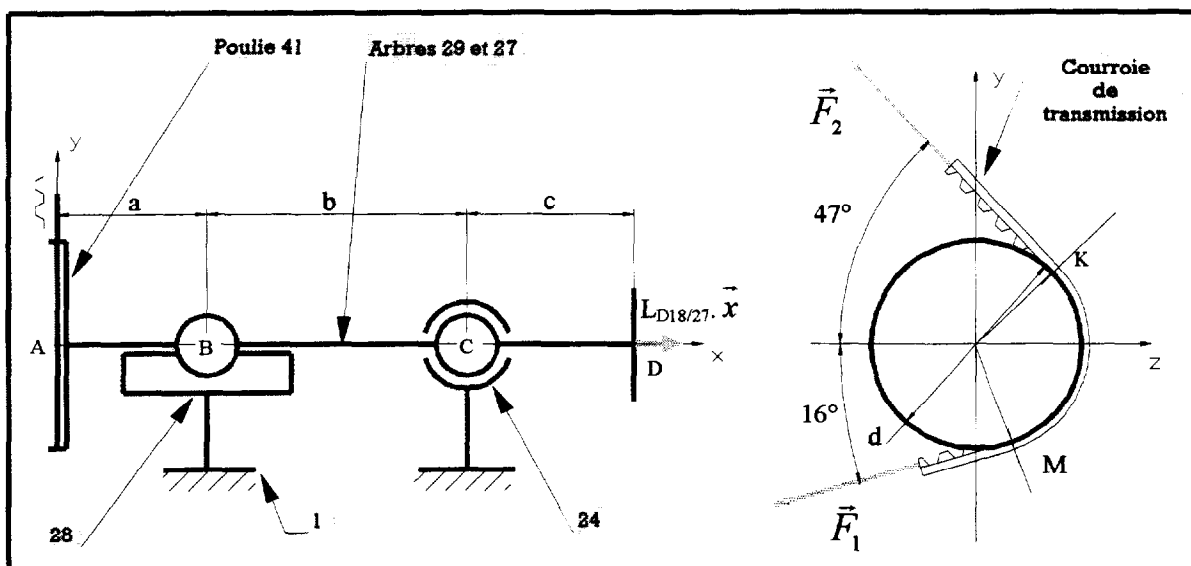
DU ROTOR DISTRIBUTEUR (répondre sur feuille de copie)

Matière d'œuvre: Documents DT1 et DT3

Domaine étudié: Guidage de l'arbre d'entraînement 29 et de l'arbre d'accouplement 27 par les roulements 24 et 28.

Objectif: Cette pompe DPC est montée sur un nouveau type de moteur qui impose des tensions de courroie différentes. L'objectif de cette partie est de vérifier la durée de vie des roulements 24 et 28.

Les arbres 29 et 27, les roulements 24 et 28, ainsi que la poulie d'entraînement 41 (non représentée sur le document DT1), sont modélisés ci-dessous.



On donne: $a = 48 \text{ mm}$; $b = 57 \text{ mm}$; $c = 15 \text{ mm}$; $d = 125 \text{ mm}$
 $F_1 = 700 \text{ N}$; $F_2 = 900 \text{ N}$

De plus, le torseur des actions du rotor 18 sur l'arbre 27 est un couple porté par l'axe Ax et d'intensité inconnue notée $L_{D18/27}$.

1.1 Etude de l'ensemble {29, 27, 41}

Remarque: la fréquence de rotation étant supposée constante, l'étude se réduit à un problème de statique.

1.1.1 Ecrire, sans les calculer et en faisant apparaître les composantes nulles, les torseurs des actions de liaisons du carter **1** sur l'arbre **29**, $\left\{ \tau_{1/29} \right\}_R$ et $\left\{ \tau_{1/29} \right\}_B$.

Notation à respecter: On notera le torseur des actions mécaniques de la pièce **1** sur la pièce **29** exprimé au point M dans le repère $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$:

$${}_M \left\{ \tau_{1/29} \right\}_R = \left\{ \begin{array}{l|l} X_{M 1/29} & L_{M 1/29} \\ Y_{M 1/29} & M_{M 1/29} \\ Z_{M 1/29} & N_{M 1/29} \end{array} \right\}_R$$

1.1.2 En isolant l'ensemble {29, 27, 41}, et en appliquant le principe fondamental de la statique au point A, déterminer les actions du carter **1** sur l'arbre **29**, ainsi que la valeur du couple $L_{D18/27}$.

1.2 Durée de vie des roulements (calcul simplifié)

1.2.1 Quels que soient les résultats de la question précédente, on donne (en N):

$$\vec{B}_{1/29} = 550 \vec{j} - 2580 \vec{k} \quad \text{et} \quad \vec{C}_{1/29} = -250 \vec{j} + 1180 \vec{k}$$

Déterminer les efforts radiaux Fr_{28} et Fr_{24} appliqués aux roulements **28** et **24**.

1.2.2 A l'aide du document **DT3**, déterminer la durée de vie L_{h28} et L_{h24} de chaque roulement, en supposant qu'ils tournent à un régime constant de $1300 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

1.2.3 En considérant que le véhicule équipé de cette pompe roule à une vitesse moyenne de 50 km/h , au bout de combien de kilomètres cette pompe est-elle susceptible de rencontrer un problème de maintenance dû aux roulements **28** et **24** ?

2ÈME PARTIE - ETUDE DE L'ÉVOLUTION DE LA PRESSION DE TRANSFERT

Matière d'œuvre : document DT1 et DT4

Domaine étudié : Système basse pression (Pompe de transfert et soupape modulatrice)

Objectif : vérifier que la pression de transfert croît en fonction de la fréquence de rotation.

Hypothèse simplificatrice : tout le débit engendré par la pompe de transfert est recyclé par la soupape modulatrice (pas de débit vers le système H.P. - voir DT4 Fig. 1 et 2).

2.1. Etude du débit volumétrique engendré par la pompe de transfert (11, 12, 14)*voir DT4 fig. 2 (répondre sur feuille de copie)*

2.1.1. Exprimer et calculer la cylindrée théorique V_e de la pompe en considérant les données suivantes:

- stator assimilé à un cylindre de centre O_1 , diamètre intérieur d_s , de largeur b
- rotor cylindrique de centre O_2 , de diamètre d_r
- l'aire de la surface $A_1A_2B_1B_2$ comprise entre 2 palettes successives sera assimilée à une surface rectangulaire de longueur A_mB_m et de largeur C_1C_2 .

2.1.2. Exprimer et calculer la cylindrée réelle V_{er} de la pompe en considérant un rendement volumétrique $\eta_{vol} = 0,85$.

2.1.3. Exprimer littéralement la fréquence de rotation N correspondant au débit volumétrique engendré q_v pour une cylindrée V_{er} de la pompe. (Relation I)

2.2. Etude du débit recyclé par la soupape modulatrice (13, 37, 38, 39, 40)*(répondre sur feuille de copie)*

Suivant l'importance de la fréquence de rotation N , le piston **37** de la soupape modulatrice découvre plus ou moins un orifice de décharge de diamètre d_1 de la chemise de **13** (voir **DT4** fig. 2 et **DT5**).

2.2.1. Exprimer littéralement la célérité C_2 du fluide au point 2 dans la section d'aire $S_{2(y)}$. (Relation II) en utilisant l'équation de Bernoulli avec pertes de charge singulières appliquée entre les points 1 et 2 et en considérant les hypothèses suivantes:

- énergie cinétique amont (1) négligeable devant énergie cinétique aval (2)
- coefficient de perte de charge : $\xi = 0,93$ (supposé constant dans les limites de l'étude)

- On notera $\Delta p = p_1 - p_2$, et ρ : masse volumique du gazole.

2.2.2 En déduire l'expression littérale du débit volumétrique au travers de $S_{2(y)}$ en fonction de ξ et de Δp . (Relation III).

2.2.3 On remarquera que la flèche f du ressort **38** est égale au déplacement du piston **37**. Cette flèche est mesurée à partir de la position initiale du ressort **38** correspondant à une pression de transfert $p_{tr} = \Delta p = 0$

Exprimer la relation littérale liant la cote y au déplacement f du piston **37** (Relation IV)

2.2.4 Pour une position d'équilibre donnée du piston **37**, faire une étude statique simple et exprimer littéralement la différence de pression Δp agissant sur celui-ci en fonction de la raideur k_{38} du ressort **38** et de sa flèche comptée à partir de son état libre (Relation V).

2.3. Applications numériques: (ne pas répondre sur feuille de copie, mais compléter les zones grisées du document DR1. Utiliser les valeurs numériques contenues dans les documents DT2 et DT4)

2.3.1. Reporter sur le document DR1 les 5 relations déterminées précédemment, ainsi que les valeurs de V_e et V_{er} . Pour la suite de l'étude on choisira $V_{er} = 4,5 \text{ cm}^3$.

2.3.2. Pour la cote $y = -0,4 \text{ mm}$, calculer:

- la flèche en mm
- la différence de pression Δp en MPa
- la célérité C_2
- le débit q_v
- la fréquence de rotation en tr.s^{-1}
- la fréquence de rotation en tr.min^{-1}

2.3.3. Tracer l'évolution de Δp , ou pression de transfert p_{tr} (MPa), en fonction de N (tr.min^{-1}).

2.3.4. D'après la courbe tracée, la pression de transfert $\Delta p = p_{tr}$ varie-t-elle linéairement en fonction de la fréquence de rotation? (entourez la bonne réponse)

2.3.5. La pression de transfert p_{tr} commande le dispositif d'avance. Ce dispositif requiert une pression proportionnelle à la fréquence de rotation. Quelle solution le constructeur a-t-il envisagée pour tendre vers cet objectif?

3ÈME PARTIE - ETUDE DU SYSTÈME DE RÉGULATION
DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION (répondre sur feuille de copie)

Matière d'oeuvre: documents techniques DT1 et DT6.

Domaine étudié: système de régulation

Objectif: vérification de la fréquence de rotation correspondant à la coupure d'injection pleine charge.

Hypothèses:

- le débattement angulaire du levier de régulation **4** est faible (5° environ)
- les frottements sont négligés
- le poids propre des différentes pièces est négligé
- la fin de régulation en pleine charge (fermeture du canal de dosage par rotation de la soupape de dosage **9** entraînée par la tringlerie **8**) est atteinte lorsque le module de l'action du levier **4** sur la biellette précontrainte **6** atteint une valeur F_1 correspondant à un allongement Δf du ressort de régulation (voir DT 6 fig.2)

3.1. Etude du levier de régulation 4 :

Utiliser tout ou partie du principe fondamental de la statique à **4**, pour exprimer littéralement le module C de l'action exercée par le manchon **25** sur le levier **4** notée $\vec{C}_{25/4}$. On supposera DC_1 parallèle à y_1 , DE_1 perpendiculaire à E_1F_1 , et on notera $c = DC_1$; et $e = DE_1$.

3.2. Etude du manchon 25 :

Hypothèse : La cage à masselottes est solidaire de l'arbre d'entraînement **29** et possède 4 masselottes **26**.

Appliquer le principe fondamental de la statique à **25**, et exprimer le module B de l'action $\vec{B}_{26/25}$ exercée par une masselotte **26** sur le manchon **25**. En déduire les caractéristiques de l'action de **25** sur **26**, notée $\vec{B}_{25/26}$.

3.3. Etude de la masselotte 26 :Hypothèses :

- la fréquence de rotation de **29** est stabilisée :
 - $\theta^\bullet = \omega = \text{constante}$
 - $\beta = (\vec{y}_1, \vec{y}_2) = \text{constante}$
- toute la masse de **26** est concentrée au centre d'inertie G.

Nota: tous les résultats seront exprimés dans le repère $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.

3.3.1 Exprimer le vecteur \vec{OG} définissant la position du centre d'inertie G_1 de la masselotte **26**. On notera $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ les coordonnées du point A.

3.3.2. Exprimer le vecteur rotation $\overline{\Omega}_{R_1/R_0}$

3.3.3. Exprimer le vecteur $\overline{V}_{G_{26}/0}$ définissant le vecteur vitesse du point G appartenant à **26** par rapport à **0** en fonction de (y_A, g, β, ω) .

3.3.4. Exprimer le vecteur $\overline{\Gamma}_{G_{26}/0}$ définissant le vecteur accélération du point G appartenant à **26** par rapport à **0** en fonction de (y_A, g, β, ω) .

3.3.5. Exprimer le vecteur $\overline{\delta}_{A_{26}/0}$ définissant le moment dynamique de la masselotte **26** au point A dans son mouvement par rapport à **0**.

Nota: Quelque soit le résultat de la question 4.3.4., on prendra $\overline{\Gamma}_{G_{26}/0} = -r \omega^2 \vec{y}_1$.

$$\text{Avec: } r = \overline{OG} \cdot \vec{y}_1$$

3.3.6. En utilisant le résultat de la question 3.2, exprimer le moment de l'action du manchon **25** / masselotte **26** ($\vec{B}_{25/26}$) par rapport au point A en fonction de (e, c, b, F_1, α) .

Nota: on prendra $\overline{AB} = b \cdot \sin \alpha \vec{x}_1 - b \cdot \cos \alpha \vec{y}_1$

Hypothèse: le poids de la masselotte **26** est négligé.

3.3.7. Appliquer le théorème du moment dynamique au point A en projection sur l'axe Az_1 , en déduire l'expression de ω en fonction de $(m, a, e, c, r, b, \beta, \alpha, F_1)$.

3.3.8. Application numérique :

$$\begin{aligned} c &= 21 \text{ mm} ; & e &= 46 \text{ mm} ; & r &= 25 \text{ mm} ; & b &= 18,5 \text{ mm} ; & a &= 11,5 \text{ mm} \\ m &= 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \\ \beta &= 45^\circ ; & \alpha &= 7^\circ \\ F_1 &= 35 \text{ N} \end{aligned}$$

- calculer C en N.
- calculer B en N
- calculer ω en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et N en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$

3.3.9. Quelle opération faut-il effectuer pour régler la fréquence de rotation à la valeur assignée par le constructeur de $2750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$? Justifier votre réponse à l'aide de la relation établie en 3.3.7.

4ÈME PARTIE – ETUDE D’UN NOUVEAU SYSTÈME DE CALAGE INTERNE DE LA POMPE

Matière d'oeuvre: documents techniques DT1, DT7 et DT8.

Domaine étudié: liaison de la poulie **41** avec l'arbre d'entraînement **29**.

Objectif: concevoir la liaison entre la poulie **41** et l'arbre d'entraînement **29**, ainsi que le système de calage interne.

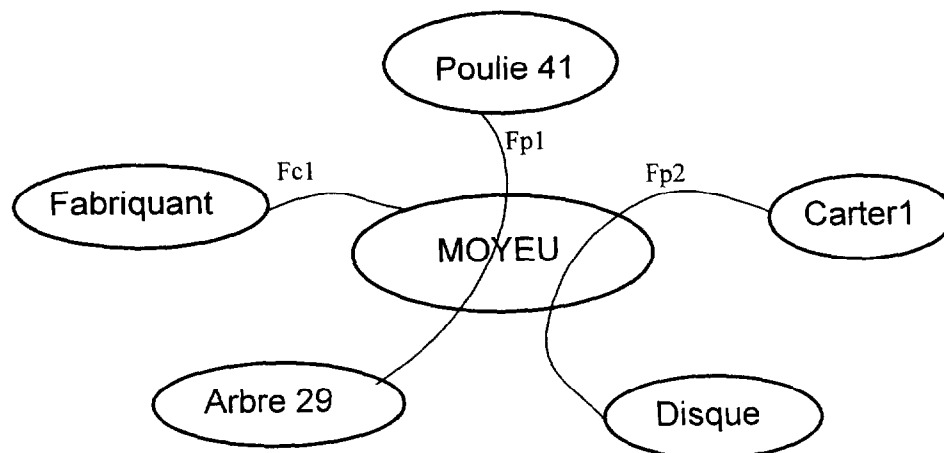
4-1. Principe du calage d'une pompe

Une des particularités des pompes à injection, est qu'elles doivent être calées par rapport à la distribution. Dans cette opération de calage on distingue le calage externe du calage interne.

Le calage externe est permis par un déplacement angulaire de toute la pompe par rapport au bloc moteur. Cette rotation est autorisée sur la pompe DPC par des lumières usinées sur le carter **1** (voir DT1 coupe BB).

Le calage interne est une mise en référence de la poulie **41** par rapport au carter **1**, au moment précis du début d'injection.

On demande de concevoir le moyeu et le disque mobile permettant de respecter les fonctions décrites ci-dessous, et respectant les extraits du cahier des charges.



- Fp₁ : Permettre la liaison complète démontable de la poulie **41** / arbre **29**.
- Fp₂ : Permettre le calage interne de la pompe.
- Fc₁ : Être réalisable en grande série.

4.2. Extrait du cahier des charges:

Fp1 : - La liaison complète démontable entre le moyeu et l'arbre **29** est réalisée par un emmanchement conique et un entraînement par obstacle.

- La liaison entre la poulie **41** et le moyeu est réalisée par un centrage cylindrique court et un appui plan. L'immobilisation est réalisée par 3 vis d'assemblage.

- Le positionnement angulaire poulie/moyeu doit être unique.

Fp2 : - La liaison entre le disque et le moyeu est réalisée par un centrage cylindrique court et un appui plan. L'immobilisation est réalisée par 3 vis d'assemblage qui autorisent un débattement angulaire de 10° du disque par rapport au moyeu.

- Le disque permettra le guidage de la pige sur une longueur minimale de 15 mm.

4.3. Travail demandé

- La vue en coupe amorcée sur le document **DR2** sera complétée aux instruments.
- Les autres vues nécessaires à la définition des solutions retenues et à la bonne compréhension sont laissées à l'initiative du candidat (vues extérieures, coupes, sections, perspectives à main levée).