

SYSTEME DE FREIN MOTEUR OPTIBRAKE

DOSSIER TRAVAIL

PROBLEMATIQUE :

Le nouveau camion **Renault Magnum 500.19T** est équipé du moteur DXi 13. Cette dernière génération de moteur est équipée du frein moteur Optibrake.

La techline et le réseau d'après-vente ont fait remonter plusieurs problèmes récurrents à imputer au système Optibrake dont le symptôme principal est la perte d'efficacité du freinage moteur (position de la commande frein moteur sur 2).

L'analyse du système nous permettra de retrouver les causes possibles de ces dysfonctionnements.

TRAVAIL DEMANDE :

1. Analyse fonctionnelle

L'objectif de cette partie est de justifier le système Optibrake.

1.1 Définir en quelques lignes ce qu'apporte le système Optibrake par rapport à un frein sur échappement classique. Répondre sur copie.

2. Performances du système

L'objectif de cette partie est de définir les performances du système Optibrake et ainsi de savoir si le frein moteur Optibrake fonctionne correctement ou non.

Le constructeur annonce, pour le système Optibrake, une puissance de freinage (au niveau du volant moteur) de **320 kW à 2300 tr/min**.

On considère que le rendement de la chaîne cinématique du véhicule est égal à 1.

On rappelle 1 pouce = 25,4 mm.

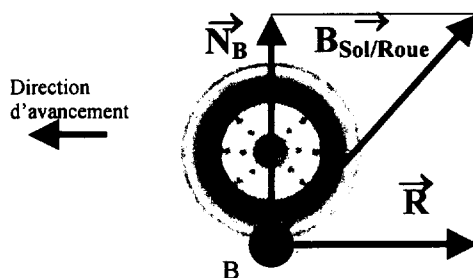
L'ensemble des réponses de cette partie est à rédiger sur copie.

2.1 Déterminer le diamètre théorique de la roue d_{roue} .

2.2 On prendra comme rayon de roulement sous charge $r_{\text{roue}} = 0,5$ m. Calculer la vitesse **V** du véhicule en **km/h**, moteur à **2300 tr/min**, pour les rapports **2P** et **6P**.

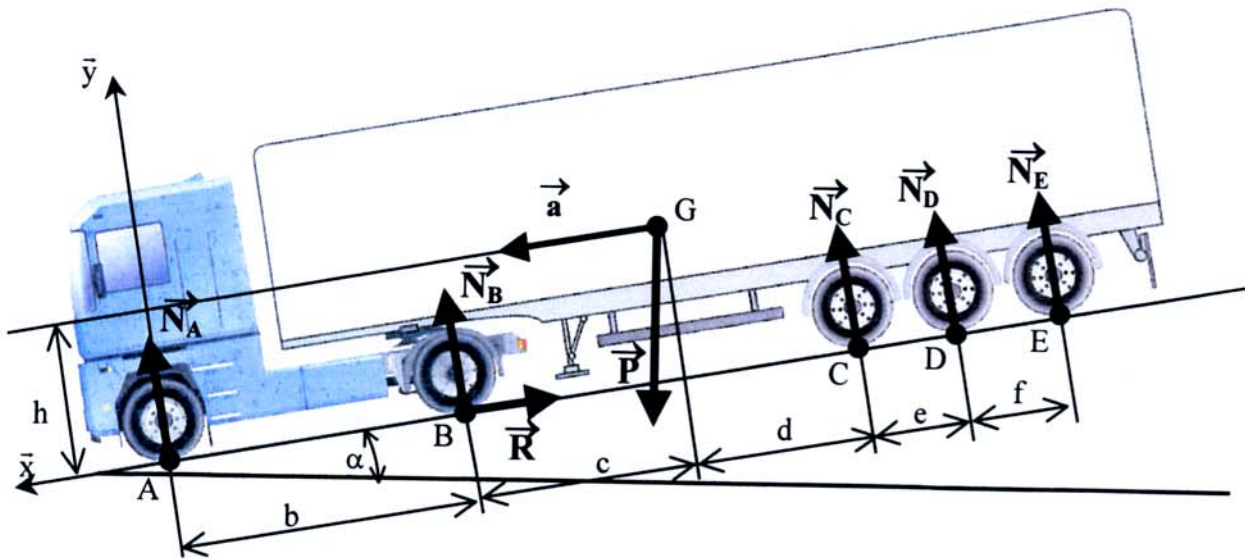
2.3 En partant de la puissance de freinage, calculer le moment du couple de freinage à la roue **Cr** en **N.m**, pour le rapport **2P** et **6P**.

2.4 Calculer, pour le rapport **2P** et **6P**, la composante tangentielle **R** de l'action du sol sur la roue en phase de freinage (aussi appelé effort retardateur, voir figure ci-dessous).



C.R.D.P.
75, cours Alsace et Lorraine
33075 BORDEAUX CEDEX
Tél. : 05 56 01 56 70

La figure ci-dessous représente un camion Renault Magnum 500.19T dans une descente.



Les actions du sol sur le véhicule sont données sur la figure ci-dessus.

Le vecteur accélération du véhicule est $\vec{a} = a \cdot \vec{x}$

La masse du véhicule est notée m .

Les positions relatives des points sont définies par les distances b, c, d, e, f et h .

La pente est définie par l'angle α .

- 2.5 Appliquer le **théorème de la résultante dynamique en projection sur \vec{x}** au véhicule en mouvement par rapport au sol. En déduire la relation littérale qui donne a en fonction de $\sin(\alpha)$, m , g , et R .
- 2.6 Le système de frein est efficace tant que $a \leq 0$ (décélération ou vitesse stabilisée), à partir de l'équation de $a = 0$, déterminer la relation littérale qui donne $\sin(\alpha)$ en fonction de m , g , et R .
- 2.7 Calculer α l'angle maxi de pente, puis la **pente maxi en %** ($\tan(\alpha)$) pour les rapports 2P et 6P. La vitesse moteur est à **2300 tr/min**, on prendra $R = 83000 \text{ N}$ en 2P et $R = 21780 \text{ N}$ en 6P. Le véhicule est chargé jusqu'à sa Masse Totale Roulante Autorisée donc $m = 44000 \text{ kg}$. $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.
- 2.8 Un véhicule, dont la Masse Totale Roulante est de **30000 kg**, roulant à la vitesse de **63 km/h** (environ **2300 tr/min**) en rapport **6P**, aborde une pente de **5%** environ. Le frein Optibrake est activé (position 2). Sans action du chauffeur sur l'accélérateur ou le frein de service, le véhicule prend de la vitesse dans la descente. Est-ce normal ? Justifier vos réponses.

3. Etude thermodynamique d'un moteur doté de l'Optibrake

L'objectif de cette partie est d'analyser, à l'aide du diagramme de Clapeyron (ou diagramme pV), les cycles théoriques subis par les gaz dans les cas qui suivent.

Cas 1 : L'accélérateur est enfoncé. La commande de frein moteur est sur 0.

Cas 2 : L'accélérateur est relâché (injection coupée). La commande de frein moteur est sur 0.

Cas 3 : L'accélérateur est relâché. La commande de frein moteur est sur 1 (seul le frein d'échappement est actif).

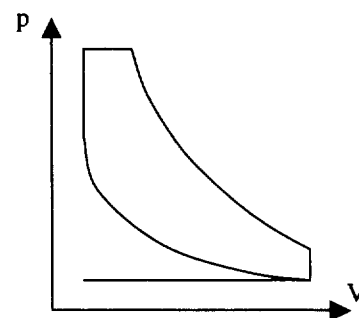
Cas 4 : L'accélérateur est relâché. La commande de frein moteur est sur 2 (le frein d'échappement et le frein Optibrake sont actifs).

Les réponses seront à donner sur le document réponse C1/4

3.1 Dans le **cas 1**, le cycle mixte (ou cycle de Sabathé) s'approche au mieux du cycle subi par le mélange. Il est représenté ci-contre. Compléter, sur le document réponse, ce cycle en précisant :

- par des flèches, le sens du parcours du cycle.
- faire apparaître les 4 temps du cycle.
- si le travail de ce cycle noté $W_{\text{cycle 1}}$ est positif, négatif ou nul.*
- si le travail est moteur, récepteur ou autre.*

* **Rayer les mauvaises réponses.**



3.2 Dans le **cas 2**, représenter le cycle sur le diagramme de Clapeyron vierge, en précisant :

- par des flèches, le sens du parcours du cycle.
- si le travail de ce cycle noté $W_{\text{cycle 2}}$ est positif, négatif ou nul.*
- si le travail est moteur, récepteur ou autre.*

* **Rayer les mauvaises réponses.**

3.3 Dans le **cas 3**, il vous est demandé de :

- préciser si le travail de ce cycle noté $W_{\text{cycle 3}}$ est positif, négatif ou nul.*
- préciser si le travail est moteur, récepteur ou autre.*
- comparer le travail du cycle 3 $W_{\text{cycle 3}}$ au travail du cycle 2 $W_{\text{cycle 2}}$.*

* **Rayer les mauvaises réponses.**

3.4 Dans le **cas 4**, on vous propose le modèle présent sur le document réponse C1/4.

- préciser si le travail de ce cycle noté $W_{\text{cycle 4}}$ est positif, négatif ou nul.*
- préciser si le travail est moteur, récepteur ou autre.*
- comparer le travail du cycle 4 $W_{\text{cycle 4}}$ au travail du cycle 3 $W_{\text{cycle 3}}$.*

* **Rayer les mauvaises réponses.**

3.5 Dans le **cas 4**, indiquer la position des soupapes d'échappement (ouvertes ou fermées) :

- durant la phase 1-2.
- durant la phase 3-4-5.

L'objectif de cette partie est d'évaluer la puissance de freinage apportée par l'ensemble frein d'échappement plus Optibrake (Cas 4).

Les réponses de cette partie sont à rédiger sur copie.

Hypothèses :

Le travail du cycle 4 pour un cylindre $W_{\text{cycle 4}}$ sera considéré comme la somme du travail du cycle 0-1-7-8-0 et du travail du cycle 2-3-4-5-6-2.

On considère les transformations 2-3 et 5-6 comme des transformations **adiabatiques**. ($\gamma = 1,4$)

Données constructeur :

La pression à l'admission $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$.

La pression en début de compression $p_2 = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Le volume en fin de compression $V_3 = 187,1 \text{ cm}^3$

La pression en début de détente $p_5 = 70 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

La pression en fin d'échappement $p_8 = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Calculs préliminaires :

3.6 Déterminer la cylindrée unitaire.

3.7 Déterminer le volume au point mort haut V_0 et au point mort bas V_1 .

3.8 Déterminer la pression p_3 et p_6 .

Détermination du travail dans un cylindre pendant le cycle 4 $W_{\text{cycle 4}}$:

3.9 Déterminer le travail pendant la phase d'admission dans le cylindre W_{0-1} .

3.10 Déterminer le travail pendant la phase d'échappement dans le cylindre W_{7-8} .

3.11 Déterminer les travaux W_{1-7} et W_{8-0} .

3.12 En déduire le travail du cycle 0-1-7-8-0 dans le cylindre $W_{0-1-7-8-0}$.

3.13 Déterminer le travail du cycle 2-3-4-5-6-2 dans le cylindre $W_{2-3-4-5-6-2}$ (justifier vos calculs)

3.14 En déduire le travail du cycle 4 dans le cylindre $W_{\text{cycle 4}}$.

Détermination de la puissance de freinage du moteur :

On prendra pour les questions suivantes $W_{\text{cycle 4}} = 1913 \text{ J}$.

3.15 Sachant que le régime moteur est à **2300 tr/min**, déterminer la puissance thermodynamique de freinage développée par le moteur.

Etude d'une possibilité de panne et d'une mesure en vue du diagnostic :

3.16 Si, à cause de l'usure des bossages Optibrake de la came d'échappement, la levée Optibrake des soupapes ne s'effectue plus, quelle est alors la valeur de la puissance de freinage à **2300 tr/min** ?

3.17 Compléter le document réponse C3/4 ligne « **Arbre à cames** » en y indiquant les symptômes que l'on observerait dans cette situation et les mesures ou vérifications qui doivent être réalisées afin d'effectuer le diagnostic.

4. Fonctionnement de l'électrovanne de commande.

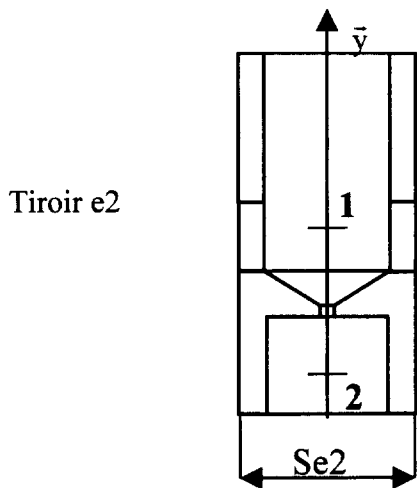
L'objectif de cette partie est d'analyser le fonctionnement de l'électrovanne. (Voir document B5/11 et B6/11))

4.1 Sur le document réponse C2/4, identifier les divers orifices et inscrire leur nom sur le schéma hydraulique représentant l'électrovanne (voir pages A5/11 et A6/11).

Code des couleurs pour les coloriages des figures de l'électrovanne :

- rouge : pression d'alimentation.
- vert : pression de retour.
- bleu : pression régulée à 1 bar.

4.2 Sur chacune des deux figures du document réponse C2/4 représentant l'électrovanne « Moteur tournant, Optibrake désactivé, régulation à 1bar » et « Moteur tournant, Optibrake activé », colorier les différentes pressions avec le code couleur précédent. (voir A5/11 et A6/11)



On rappelle la relation de **Bernoulli** en terme de pression pour un écoulement entre 1 et 2 avec une perte de charge ΔP_{12} due à une restriction :

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (V_2^2 - V_1^2) + (p_2 - p_1) + \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) + \Delta P_{12} = 0$$

On rappelle aussi que la **perte de charge** entre 1 et 2 est du type : $\Delta P_{12} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \rho \cdot V^2$ avec V la vitesse dans la restriction.

4.3 En utilisant la relation de Bernoulli à travers l'orifice (e12) (voir points 1 et 2 sur le document réponse C2/4), montrer que la relation entre p_1 et p_2 est $p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \rho \cdot V^2$.

4.4 Etudier l'équilibre du tiroir (e2) et en déduire l'équation d'équilibre sur l'axe \bar{y} . Répondre sur copie.

4.5 A partir des deux équations précédentes, montrer que le tiroir reste toujours en position haute lorsque l'orifice (e10) est fermé. Répondre sur copie.

Implication de l'électrovanne dans les dysfonctionnements :

En vous aidant de l'étude ci-dessus :

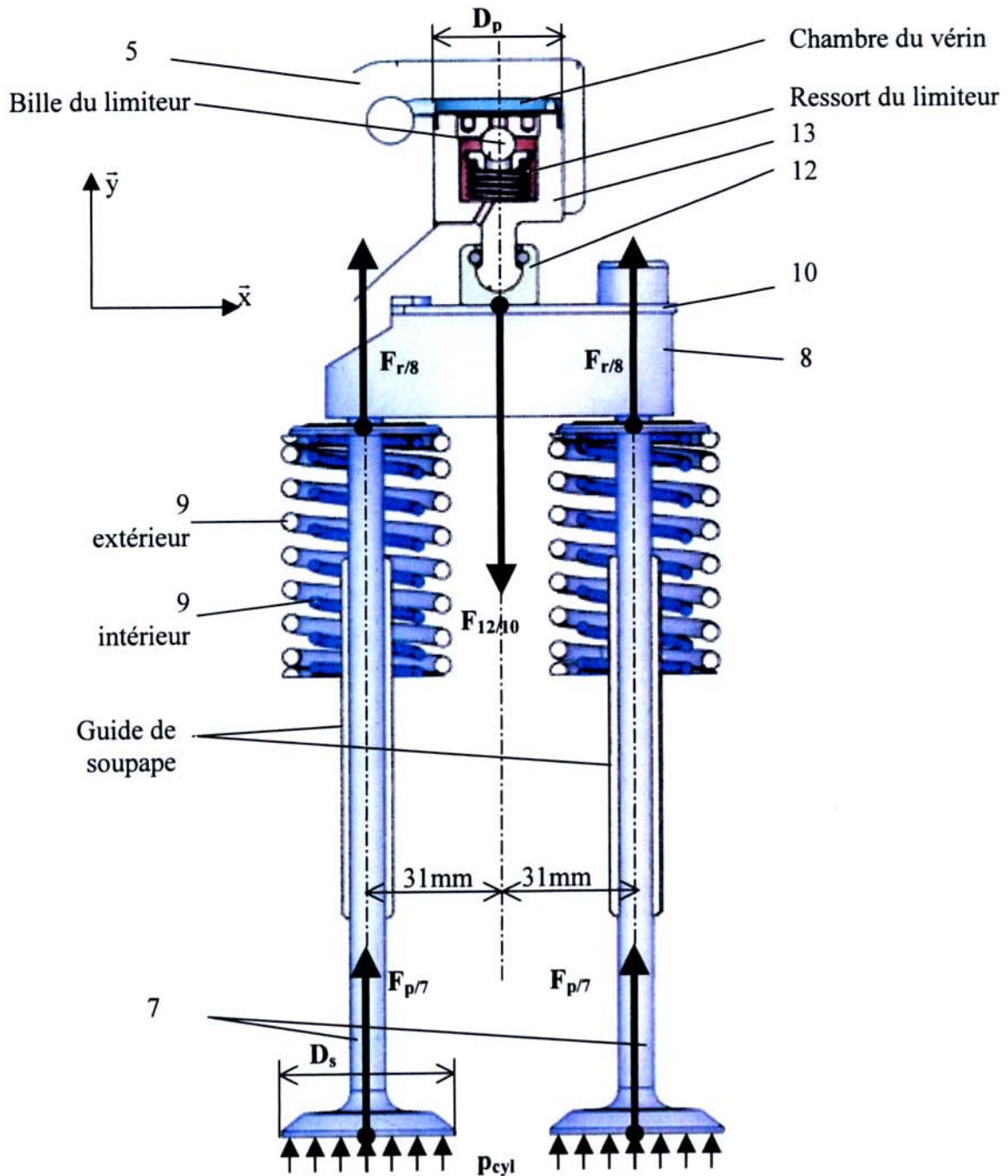
4.6 Dans le cas où le solénoïde (e7) est hors-service, compléter le document réponse C3/4, en indiquant les symptômes et la valeur de la pression p_1 si on la mesure.

4.7 Dans le cas où l'orifice (e10) est bouché, compléter le document réponse C3/4, en indiquant les symptômes et la valeur de la pression p_1 si on la mesure.

5. Effort d'ouverture des soupapes

L'objectif de cette partie est de déterminer la valeur de pression de tarage du limiteur.

La figure ci-dessous représente les soupapes d'échappement, l'Optibrake est activé et le clapet anti-retour (bille 14) est fermé.



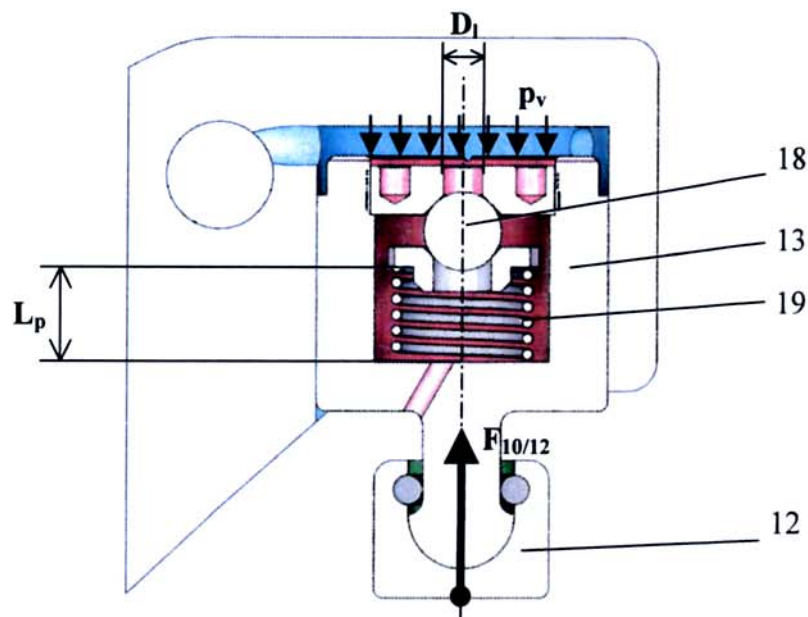
- Ressort (9) extérieur : Raideur $k_e = 39,3 \text{ N/mm}$ Longueur à vide $l_{0e} = 73,8 \text{ mm}$
- Ressort (9) intérieur : Raideur $k_i = 18,1 \text{ N/mm}$ Longueur à vide $l_{0i} = 70,5 \text{ mm}$
- Longueur des ressorts en position soupapes fermées $l_r = 56 \text{ mm}$
- Diamètre de la tête de chaque soupape $D_s = 40 \text{ mm}$
- Pression maxi dans le cylindre en fin de compression Optibrake : $p_{cyl} = 75 \text{ bar}$.
- Diamètre du piston (13) $D_p = 30 \text{ mm}$

Les réponses de cette partie sont à rédiger sur copie.

Détermination de la pression dans le vérin :

- 5.1 Calculer l'effort $F_{p/7}$ généré par la pression dans le cylindre sur la surface d'une soupape en fin de compression Optibrake, lorsque les soupapes sont fermées.
- 5.2 Calculer l'effort $F_{r/8}$ des 2 ressorts gigognes (9) sur une soupape, lorsque les soupapes sont fermées.
- 5.3 Isoler l'ensemble : « Cale (10), étrier (8), soupapes (7) ». Déterminer par une étude statique simple l'effort $F_{12/10}$ que doit exercer au minimum l'embout de vérin (12) sur l'ensemble pour commencer à ouvrir les soupapes.
- 5.4 Isoler l'ensemble : « Embout (12), piston (13) ». Déterminer par une étude statique simple la pression p_v dans la chambre du vérin qui s'exerce sur la surface du piston (13).

La figure ci-dessous représente le piston (13) dans le culbuteur (5).



Fonctionnement du limiteur de pression :

On a démonté un culbuteur (5) et un piston (13) sur un cylindre dont l'Optibrake ne fonctionne pas. Le piston a été désassemblé et l'on a effectué des mesures sur le ressort (19) du limiteur de pression :

Longueur à vide : $l_0 = 15 \text{ mm}$ Longueur sous une charge de $F_c = 50 \text{ N}$: $l_c = 11 \text{ mm}$

Longueur du ressort (19) en position dans le piston (13) $l_p = 10 \text{ mm}$

Diamètre du trou du limiteur $D_l = 2 \text{ mm}$

- 5.5 Calculer la raideur k en N/mm du ressort (19) du limiteur de pression.
- 5.6 Calculer la pression p_l d'ouverture du limiteur.
- 5.7 Comparer la pression p_v à la pression p_l d'ouverture du limiteur. En déduire l'origine du problème en complétant la ligne « culbuteur et vérin » du tableau récapitulatif du document réponse C3/4.

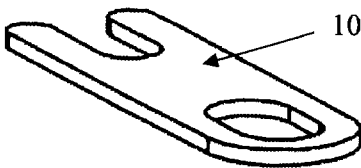
6. Réglage du jeu aux soupapes d'échappement spécifique à l'Optibrake.

L'objectif de cette partie est de compléter partiellement une méthode simple et efficace de réglage du jeu aux soupapes.

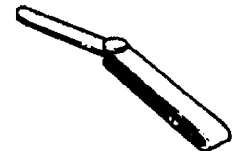
L'origine de la panne est identifiée. La remise en conformité nécessite le remplacement d'un culbuteur Optibrake et d'un vérin. Ce remplacement implique le réglage du jeu aux soupapes.

Ce jeu est de **1,6 mm**, il est plus important que sur un moteur sans Optibrake (seulement **0,8 mm**). Ce jeu permet, lorsque l'Optibrake est inactif, de laisser passer les bossages Optibrake (3) et (4) de la came (1) sans action sur les soupapes.

Il peut être mesuré à l'aide d'un ensemble de jauges d'épaisseur comme ci-contre.



Et il est réglé par la cale (10), elle est disponible en toutes épaisseurs allant de 0,05 mm en 0,05 mm.



Le système étant récent, la plupart des techniciens de maintenance n'ont pas reçu de formation Optibrake, et ne savent pas régler le jeu aux soupapes pour ce système qui intègre un vérin hydraulique.

1^{er} cas :

Certaines fois, les techniciens règlent le jeu correspondant à celui d'un moteur sans Optibrake.

6.1 Dans ce cas, quels peuvent être les symptômes du système Optibrake et/ou du moteur ? Répondre sur copie.

2nd cas :

Il semblerai parfois que le vérin soit encore plein d'huile à cause du piston (15) et du ressort (17) qui referment le passage de l'huile.

Cela fausse le réglage du jeu, celui-ci devant être réalisé avec le piston (13) en butée mécanique dans le culbuteur.

6.2 Dans ce cas de mauvais réglage, comment est le jeu aux soupapes ? Trop grand ou trop petit ? Expliquer pourquoi. Répondre sur copie.

6.3 Quels peuvent être les symptômes du système Optibrake et/ou du moteur ? Répondre sur copie.

Réalisation du réglage :

Le document réponse C4/4 est une séquence de la méthode de réparation sur le contrôle et le réglage du jeu aux soupapes d'échappement Optibrake.

L'arbre à cames est déjà dans une position qui permet le réglage du jeu pour le culbuteur donné.

Afin d'assurer que le piston (13) soit en butée mécanique, on propose l'outil à main ci-dessous. Cet outil passant par le trou du chapeau percé (20) permet de comprimer le ressort (17) et ainsi d'ouvrir la communication entre la chambre du vérin et la rampe de culbuteur. (voir pages A8/11 et A9/11)



6.4 Compléter le document réponse C4/4 afin de rédiger la procédure de réglage.

Utiliser le vocabulaire technique et former des phrases de construction simple utilisant des verbes d'action à l'infinif.