

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR	SESSION 2009	
Spécialité : APRES-VENTE AUTOMOBILE	Code : AVE4SCP	
Épreuve : E4 ANALYSE DES SYSTEMES ET CONTROLE DES PERFORMANCES	Durée : 6h	Coef : 4

BTS AVA
ANALYSE DES SYSTEMES ET CONTROLE DES PERFORMANCES

Frein auxiliaire de poids-lourd Optibrake

Composition du sujet :

Dossier Technique	Pages	A1/11	à	A11/11
Dossier Travail	Pages	B1/8	à	B8/8
Dossier Réponses	Pages	C1/4	à	C4/4

Il est recommandé de lire la totalité du dossier technique.

Les questions posées sont souvent indépendantes, mais il est préférable de suivre la progression proposée pour bien répondre à la problématique posée.

Le Dossier Réponses est à compléter et à joindre à la feuille de copie.

Barème : sur 200 points

N°	1.1										Total
Points	4										4
N°	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8			Total
Points	4	8	8	4	9	8	6	3			50
N°	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	Total
Points	4	4	4	4	2	2	4	3	2	2	31
N°	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	3.17				Total
Points	2	2	6	2	4	4	4				24
N°	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7				Total
Points	4	6	6	6	4	3	3				32
N°	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7				Total
Points	4	4	4	6	6	7	3				34
N°	6.1	6.2	6.3	6.4							Total
Points	3	3	3	16							25

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

SYSTEME DE FREIN MOTEUR OPTIBRAKE

DOSSIER TECHNIQUE

1. Présentation

Le freinage des véhicules industriels a toujours fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des constructeurs, tant les enjeux sécuritaires et économiques sont cruciaux.

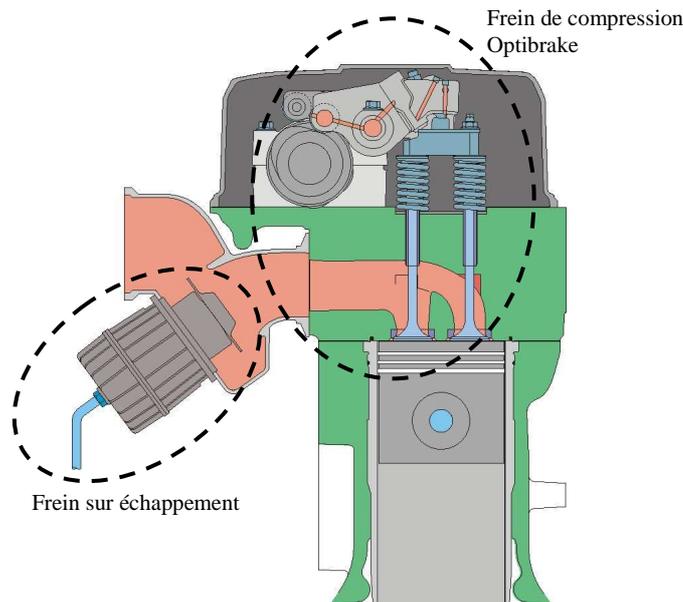
Des freins efficaces et fiables font partie des principaux facteurs déterminants dans la sécurité de conduite. Les véhicules sont équipés de plusieurs systèmes qui interagissent pour offrir la meilleure performance de freinage possible dans toutes les conditions. Aux freins de roues et ralentisseur hydraulique s'ajoute un **frein moteur** efficace (frein sur échappement et frein de compression), en l'occurrence le système **Optibrake**.

La technologie de l'optibrake repose sur une **interaction entre le frein sur échappement**, qui régule le flux des gaz d'échappement, **et le frein de compression Optibrake**, qui régule la pression à l'intérieur des cylindres par **un remplissage et une évacuation**.

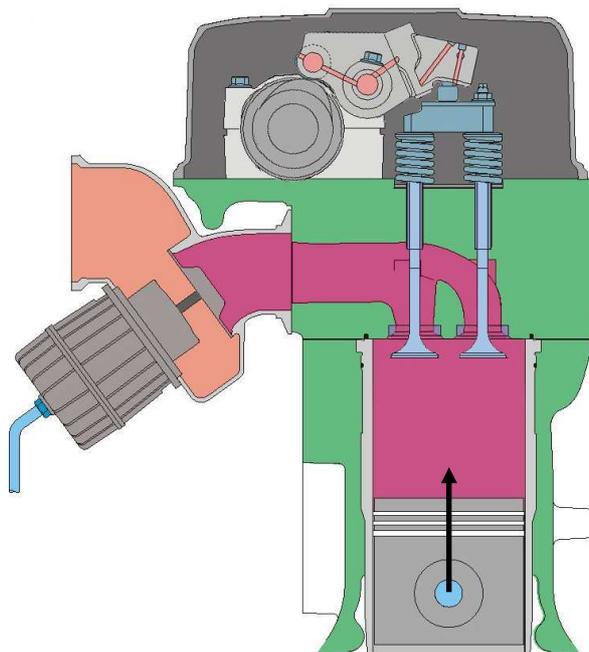
Pour profiter pleinement de la puissance procurée par l'Optibrake, une seule règle, amener le régime moteur entre **1800 et 2300 tr/min**. "Certains chauffeurs mal informés utilisent l'Optibrake comme un système de freinage classique, c'est-à-dire sans se soucier de faire monter le moteur dans les tours. C'est évidemment une erreur : on n'emploie pas un Optibrake à **1300 tr/min**", confie un pilote d'essai. "C'est d'autant plus dommage qu'ils se privent ainsi d'un formidable outil : grâce à l'Optibrake, je descends le Mont-Blanc à 60 km/h sans quasiment toucher mes freins de service, qui restent donc pleinement opérationnels en cas de freinage d'urgence."

Au-delà de son apport sécuritaire, l'Optibrake contribue à une réduction des frais de maintenance (diminution de l'usure des freins de service de l'ordre de 25 %) mais aussi à une augmentation de la productivité (possibilité de tenir une vitesse moyenne plus élevée, les descentes pouvant être abordées plus rapidement).

2. Identification du frein sur échappement et du frein de compression Optibrake



3. Principe d'action du frein sur échappement



Le frein sur échappement permet la quasi-fermeture du collecteur d'échappement grâce à un actionneur commandé pneumatiquement.

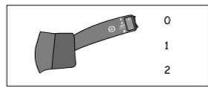
Le frein sur échappement régule une contre-pression dans le collecteur d'échappement en s'opposant à l'échappement libre des gaz.

Lorsque les soupapes d'échappement s'ouvrent au temps moteur « Echappement », la remontée du piston est freinée par la contre-pression dans le collecteur d'échappement.

La fonction de ce système est de créer un travail résistant dans le cycle thermodynamique au temps moteur « Echappement ».

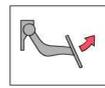
4. Conditions de mise en service du frein Optibrake (Consignes)

Pour que le frein moteur fonctionne, les conditions suivantes doivent être remplies:



Commande frein moteur :

- **en position 1** : frein sur échappement seul.
- **en position 2** : frein sur échappement et frein de compression Optibrake.



Pédale d'embrayage entièrement libérée



Régime moteur au-delà de 900 tr/min



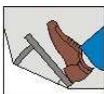
Température d'huile moteur supérieur à 55°C



Vitesse au compteur supérieure à 5 km/h



Pression du turbo compresseur en dessous de 0.5 bar



Pédale d'accélérateur entièrement libérée

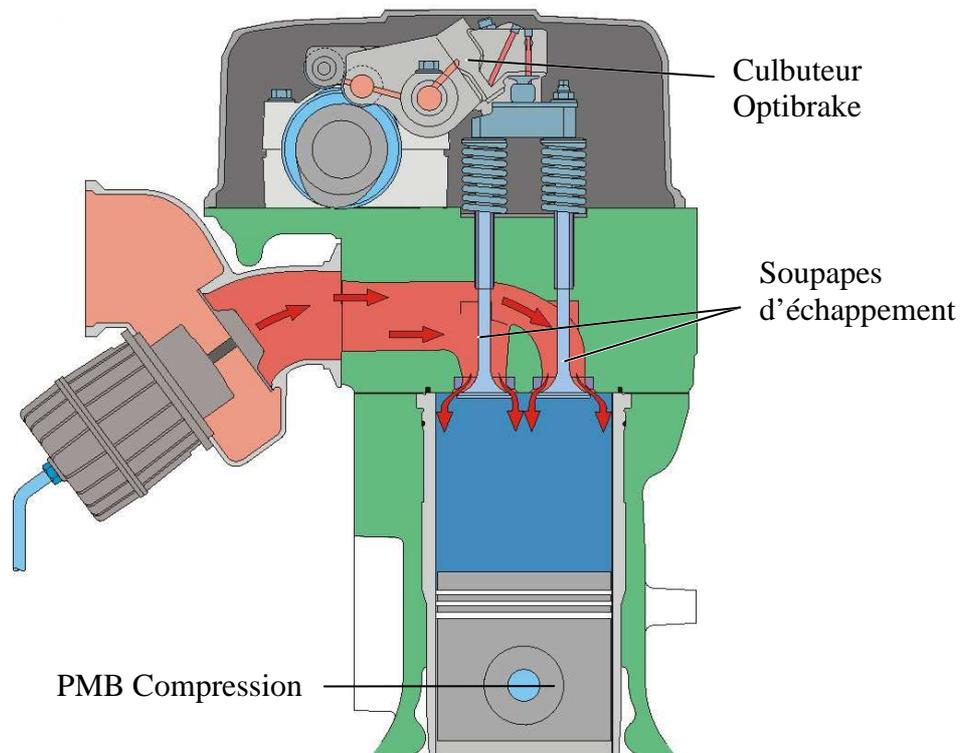
Il n'y a pas de combustion en même temps que le frein moteur est actif (quantité de carburant injectée nulle).

5. Principe d'action du frein de compression Optibrake

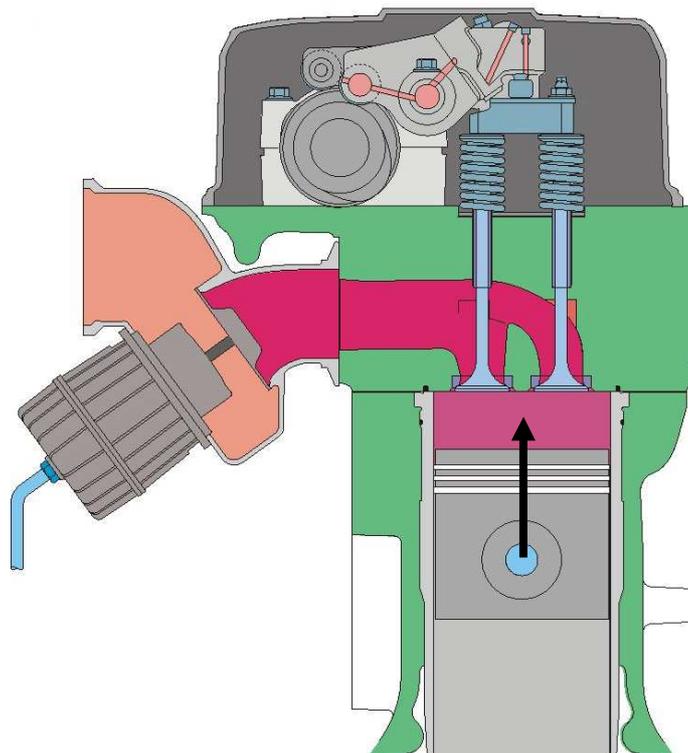
L'Optibrake est activé.

Lorsque le piston est à la position PMB au début du temps moteur « Compression », le culbuteur Optibrake ouvre les soupapes d'échappement.

L'air sous pression, présent dans le collecteur d'échappement piégé par le frein d'échappement, pénètre dans le cylindre.

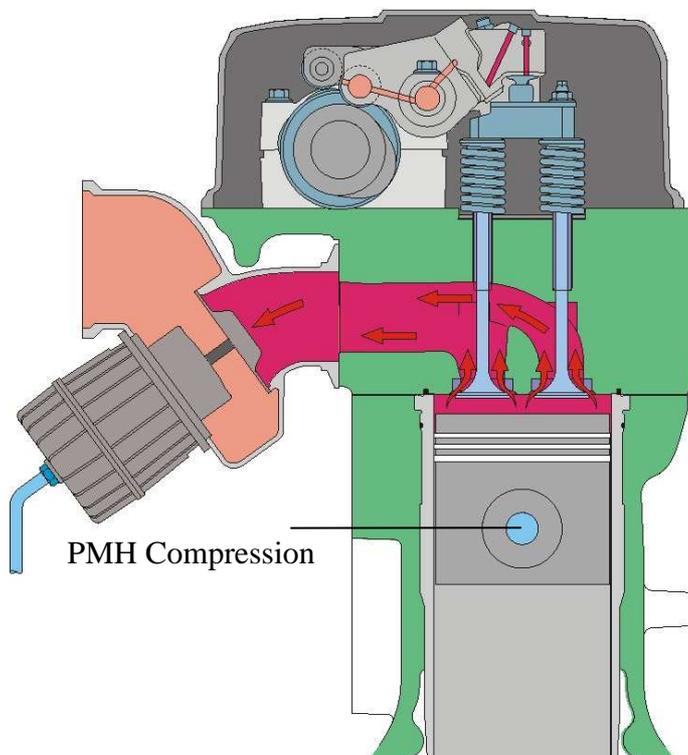


Les soupapes d'échappement se referment et le piston en remontant comprime l'air dans le cylindre.



Lorsque le piston est à la position PMH à la fin du temps moteur « Compression », le culbuteur Optibrake ouvre à nouveau les soupapes d'échappement.

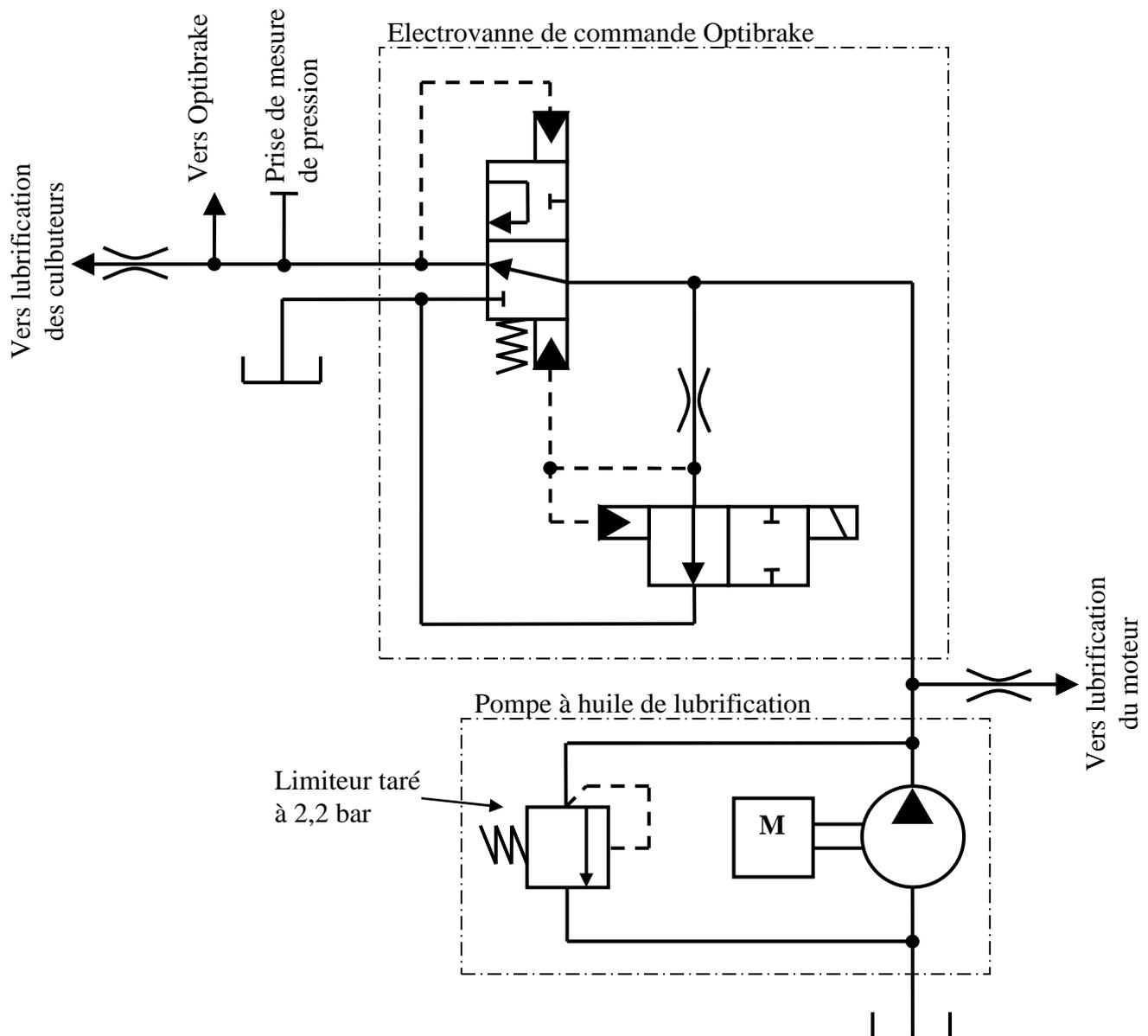
L'air comprimé par le piston s'échappe vers le collecteur d'échappement.



Ainsi, l'énergie transférée dans la compression de l'air, ne sera pas restituée au piston dans le temps moteur suivant (« Détente »).

La fonction de ce système est de créer un travail résistant dans le cycle thermodynamique au temps moteur « Compression ».

6. Schéma hydraulique de commande de l'Optibrake

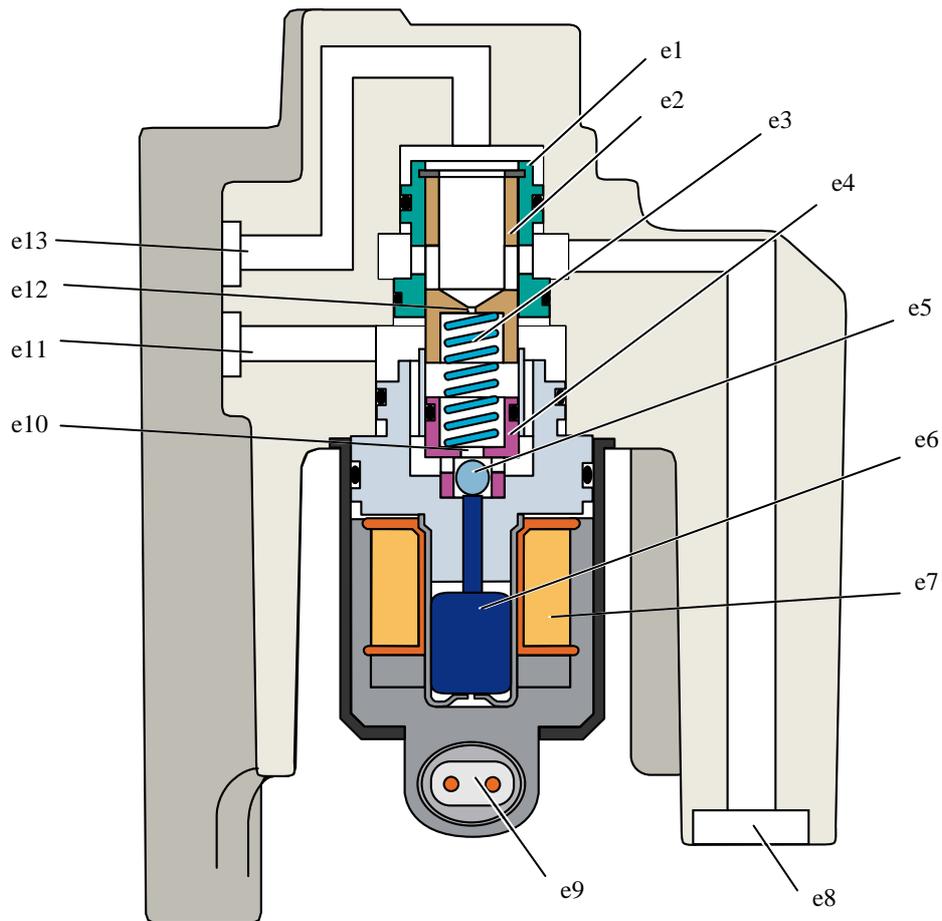


Le débit d'huile est créé par la pompe à huile de lubrification.

La commande du système Optibrake est réalisée par une électrovanne qui permet de délivrer deux niveaux de pression d'huile : **1 bar** en position Optibrake désactivé, **2,2 bar** en position Optibrake activé.

L'huile sous pression est acheminée vers les culbuteurs et l'Optibrake par un perçage dans l'axe des culbuteurs. A ce niveau une prise de mesure de pression est prévue pour le raccordement d'un manomètre afin de mesurer la pression dans la rampe de culbuteur lors d'une opération de maintenance.

7. L'électrovanne de commande.



- | | |
|---|---|
| e1 Douille | e8 Arrivée de pression |
| e2 Tiroir | e9 Raccord électrique |
| e3 Ressort de tarage | e10 Orifice de régulation pour la pression pilote |
| e4 Siège de ressort avec support de bille | e11 Retour |
| e5 Bille de fermeture | e12 Orifice calibré |
| e6 Piston | e13 Passage d'huile vers les culbuteurs Optibrake |
| e7 Bobine magnétique | |

Moteur tournant, Optibrake désactivé, régulation à 1 bar : (voir C2/4)

Le moteur tourne et l'Optibrake est désactivé. Si la pression aux culbuteurs et donc dans l'orifice (e13) dépasse **1 bar**, alors le tiroir (e2) comprime le ressort (e3). En se déplaçant, le tiroir (e2) met en communication l'orifice (e13) et l'orifice (e11) et ferme l'arrivée de pression. La pression dans (e13) est ainsi régulée à **1 bar**.

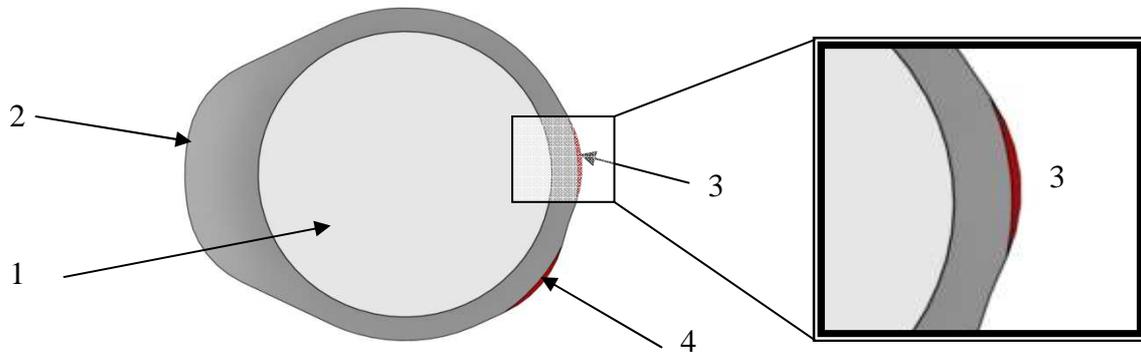
Moteur tournant, Optibrake activé : (voir C2/4)

Lorsque le moteur tourne et que l'Optibrake est activé, le solénoïde (e7) est alimenté et la bille (e5) est repoussée, fermant ainsi le retour par l'orifice (e10). Le tiroir (e2) ne peut plus se déplacer, l'électrovanne ne fait plus la régulation à 1 bar. L'huile venant de la pompe, dont la pression est limitée à **2,2 bar**, arrive donc à l'axe de culbuteurs et le frein de compression Optibrake entre en service.

8. Structure de l'Optibrake

Il y a un frein de compression Optibrake par cylindre.

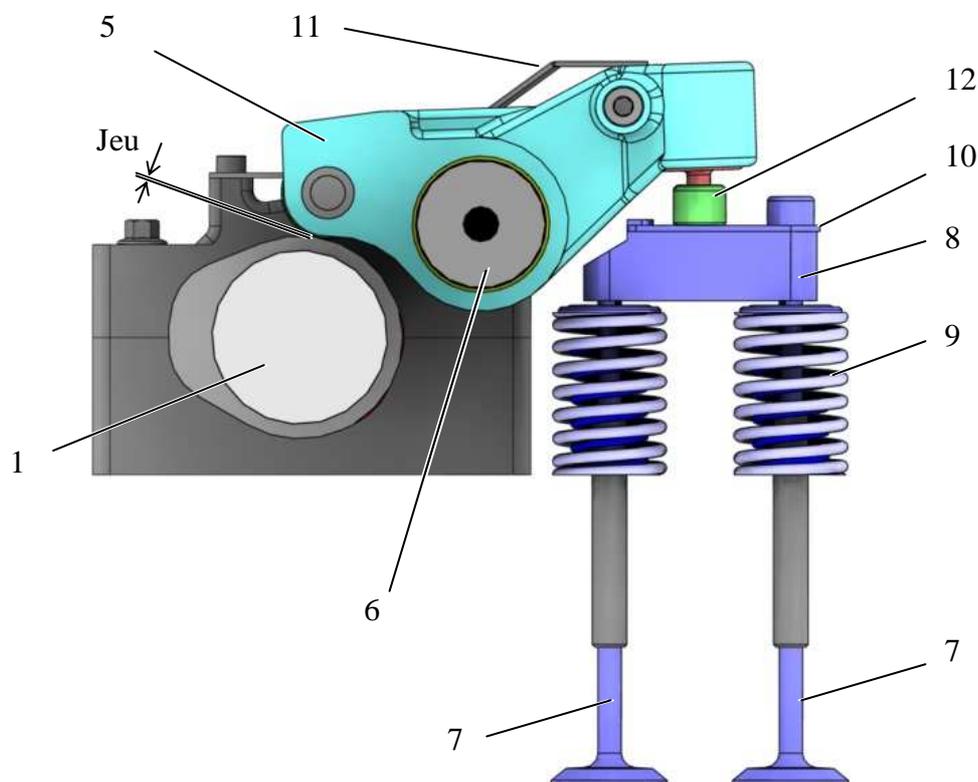
Afin que l'Optibrake puisse ouvrir les soupapes 2 fois dans le temps moteur de compression en plus de l'ouverture nécessaire à l'échappement, la came d'échappement (1) comporte un bossage d'ouverture d'échappement (2), un bossage d'ouverture au début de la compression (3) et un bossage d'ouverture à la fin de la compression (4).



Le culbuteur (5) est guidé sur un arbre (6) creux à travers lequel passe l'huile provenant de l'électrovanne de commande.

Les deux soupapes d'échappement (7) sont liées par un étrier (8). Chaque soupape est associée à deux ressorts gigognes (9). Sur le dessus de l'étrier est fixée une cale de réglage (10) permettant de régler le jeu aux soupapes.

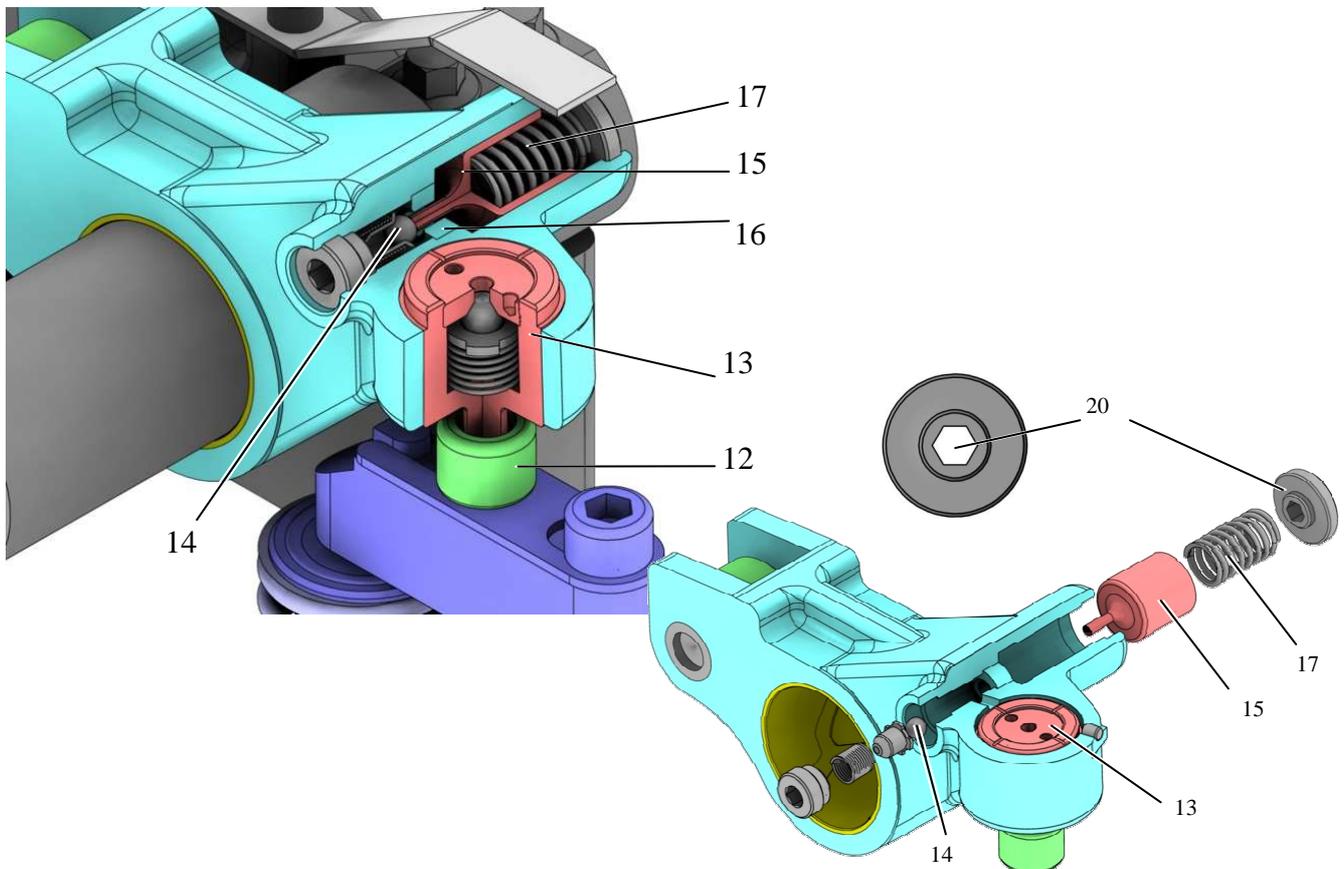
Une lame de ressort (11) maintient le culbuteur à sa position de repos contre l'étrier de soupape, le jeu étant reporté entre le galet du culbuteur et la came (1).



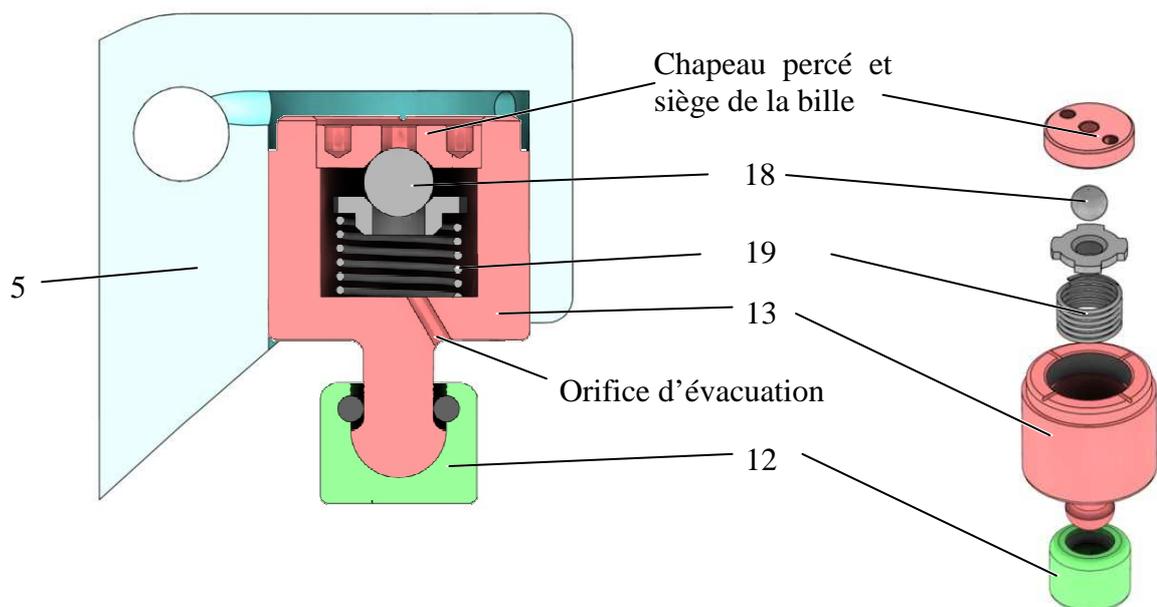
Le culbuteur (5) comporte un vérin hydraulique dont l'embout (12) reste au contact avec l'étrier de soupape (8) et la cale de réglage (10)

Clapet anti-retour et limiteur de pression :

Les figures suivantes montrent le piston (13) du vérin hydraulique et son embout (12). On peut voir aussi le système de clapet anti-retour composé d'un coté de la bille (14) de clapet et de son siège (16) et de l'autre d'un piston (15) de désactivation du clapet anti-retour.

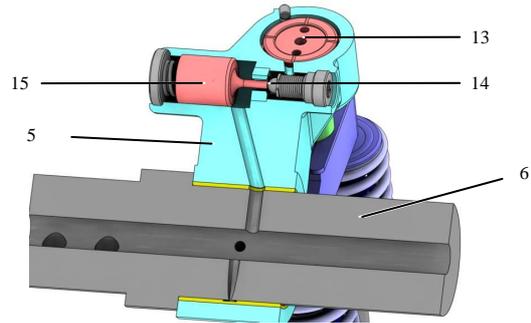


Le piston (13) inclut un limiteur de pression constitué d'une bille (18) et d'un ressort (19). Ce limiteur permet, en cas de surcharge à l'ouverture des soupapes, de relâcher la pression contenue dans le vérin. Ainsi l'ouverture Optibrake des soupapes n'a pas lieu.



Fonctionnement du clapet anti-retour :

La coupe ci-contre montre comment est amenée l'huile depuis le centre de l'arbre de culbuteurs (6) vers le piston (13) du vérin hydraulique et vers les paliers afin d'assurer leur lubrification.



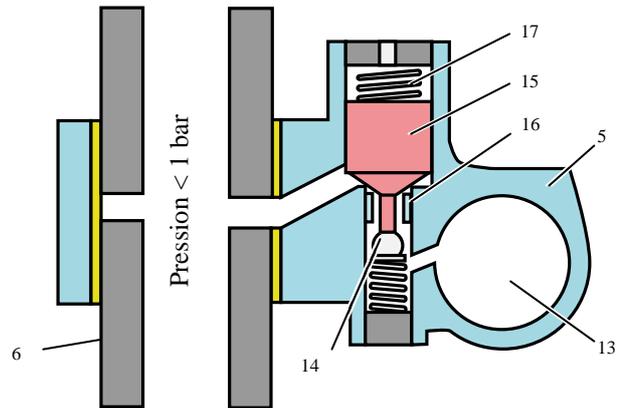
Moteur arrêté et démarrage du moteur :

Au démarrage du moteur, c'est la fonction lubrification des paliers de culbuteurs qui est assurée en premier.

La pression de l'huile dans l'arbre de culbuteur (6) est **inférieure à 1 bar**.

Le ressort (17) maintient le piston (15) plaqué sur le siège (16) de façon à ce que l'huile ne puisse accéder au piston (13).

L'huile lubrifie les paliers avant d'alimenter le vérin.

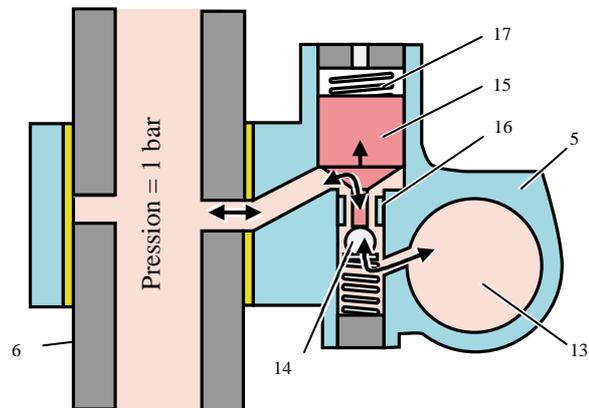


Moteur tournant, Optibrake désactivé :

Lorsque la pression de l'huile dans l'arbre de culbuteur (6) vaut **1 bar**, la pression s'exerçant sur le piston (15) comprime un peu le ressort (17) et repousse le piston (15).

L'huile peut accéder au piston (13) mais l'extrémité du piston (15) repousse la bille (14) de son siège (16), le clapet anti-retour ne peut se refermer.

Si le piston (13) est repoussé alors l'huile sera évacuée dans l'arbre de culbuteurs (6). Le piston (13) peut remonter jusqu'au fond du vérin pour se trouver en butée mécanique.



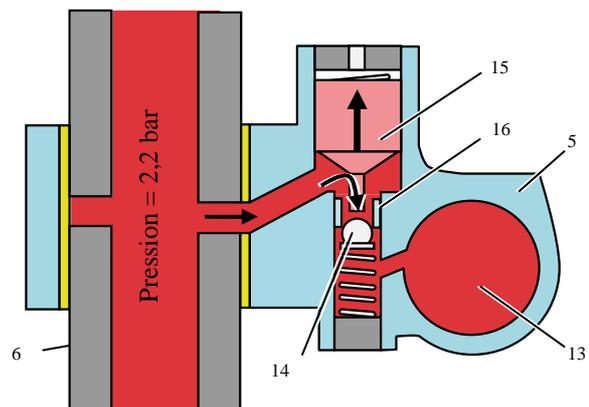
Moteur tournant, Optibrake activé :

Lorsque la pression de l'huile dans l'arbre de culbuteur (6) vaut **2,2 bar**, la pression sur la surface du piston (15) comprime le ressort (17).

La bille (14) est repoussée par son ressort sur son siège (16), le clapet anti-retour est fermé.

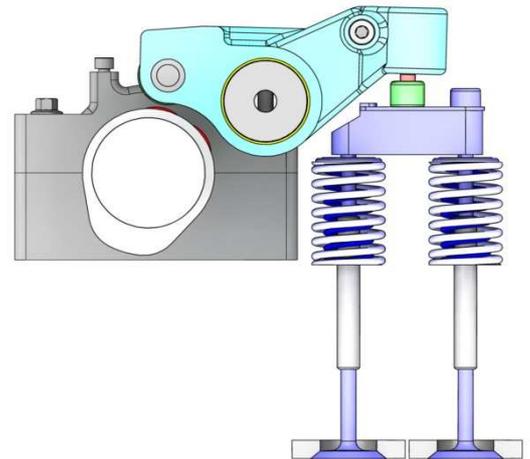
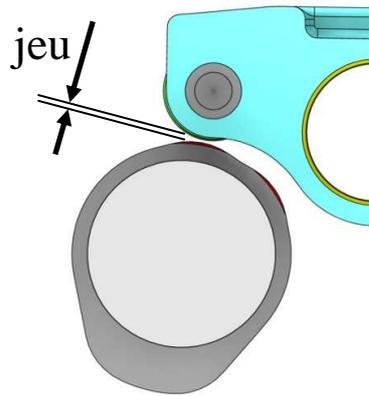
L'huile accède au piston (13) et remplit donc le vérin mais ne peut en ressortir.

Le piston (13) ne peut plus remonter dans le vérin, il est en blocage hydraulique.

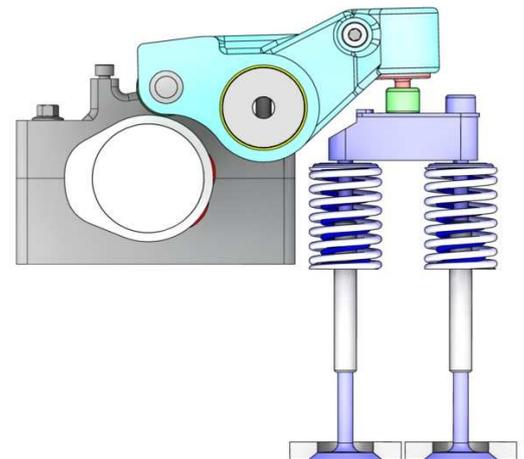
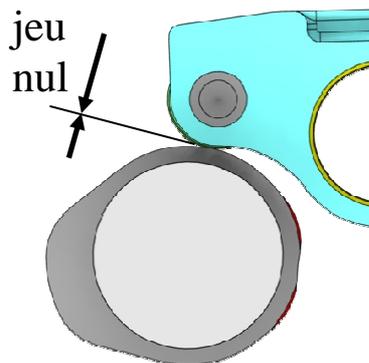


Activation de l'Optibrake :Optibrake non activé :

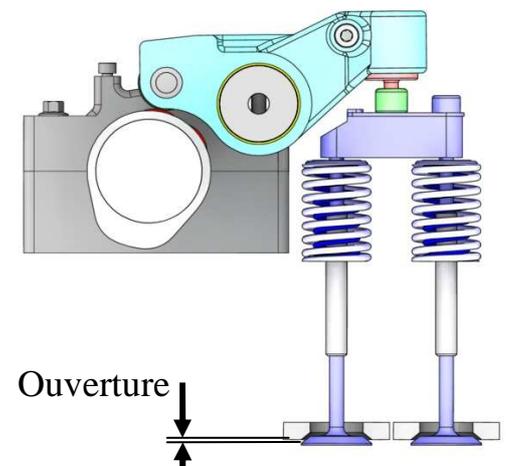
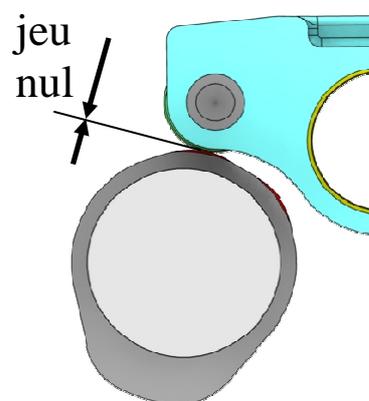
- Pression d'huile à **1 bar**.
- Le vérin ne permet pas de rattraper le jeu.
- Les bossages Optibrake (3) et (4) passent sans toucher le culbuteur.
- Pas d'ouverture des soupapes.

Optibrake activé :

- Pression d'huile à **2,2 bar**.
- Le clapet anti-retour se ferme.
- Le vérin rattrape le jeu.



- Au passage des bossages Optibrake (3) et (4), le culbuteur bascule.
- Les soupapes s'ouvrent.



9. Caractéristiques techniques Renault Magnum 500.19T, moteur DXi13 équipé de l'Optibrake

MOTEUR DXi13

Puissance maximale 368 kW
 Régime de puissance maximale 1600→1800 tr/min
 Couple maximal 2450 Nm
 Régime de couple maximal 1050 → 1450 tr/min
 Nombre de cylindres 6
 Cylindrée 12780 cm³
 Rapport volumétrique 18,1/1

BOITE BV.ZF.16 S 2520 TO

Rapport de boite	1P	1G	2P	2G	3P	3G	4P	4G	5P	5G	6P	6G	7P	7G	8P	8G
Rapport de transmission	13,80	11,5 4	9,4 9	7,9 3	6,5 3	5,4 6	4,5 7	3,8 2	3,0 2	2,5 3	2,0 8	1,7 4	1,4 3	1,2 0	1,0 0	0,8 4

On rappelle que le rapport de transmission est $\frac{\omega_E}{\omega_S} = \frac{C_S}{C_E}$

PONT P13170

Rapport de transmission 3,36

PNEUMATIQUES

Dimensions 315/70R22,5

OPTIBRAKE

Puissance maxi 320 kW
 Régime de puissance maxi 2300 tr/min
 Pression d'huile, axes de culbuteurs
 Optibrake non activé 1 bar
 Optibrake activé 2,2 bar

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.

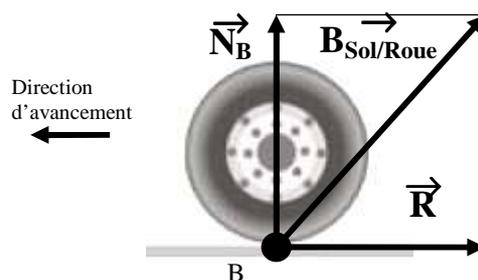
L'ensemble des réponses de cette partie est à rédiger sur copie.

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

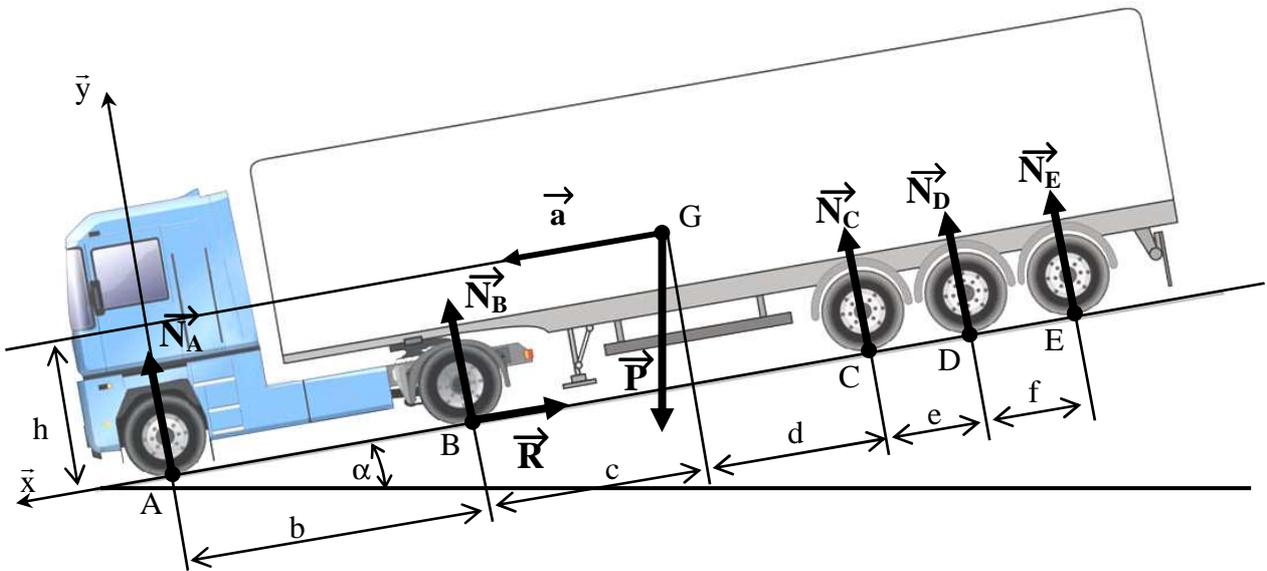
2.2 On prendra comme rayon de roulement sous charge $r_{\text{roue}} = 0,5$ m. Calculer la vitesse **V** du véhicule en **km/h**, moteur à **2300 tr/min**, pour les rapports **2P** et **6P**.

2.3 En partant de la puissance de freinage, calculer le **moment du couple de freinage à la roue C_r** 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).



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(α)**, **m**, **g**, et **R**.
- 2.6 Le système de frein est efficace tant que **a ≤ 0** (décélération ou vitesse stabilisée), à partir de l'équation de **a = 0**, déterminer la relation littérale qui donne **sin(α)** 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 N en 2P** et **R= 21780 N en 6P**. Le véhicule est chargé jusqu'à sa Masse Totale Roulante Autorisée donc **m=44000 kg**. **g=9.81 m/s²**.
- 2.8 Un véhicule, dont la Masse Totale Roulante est de **30000 kg**, roulant à la vitesse de **63km/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).

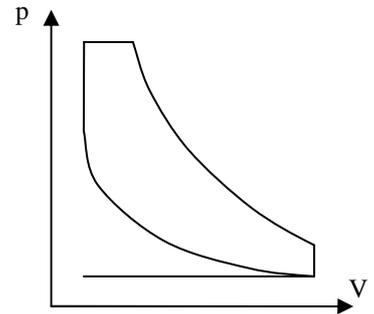
Cas 4 : L'accélérateur est relâché. La commande de frein moteur est sur 2 (le frein d'échappement et le frein Optibrake sont actifs).

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.

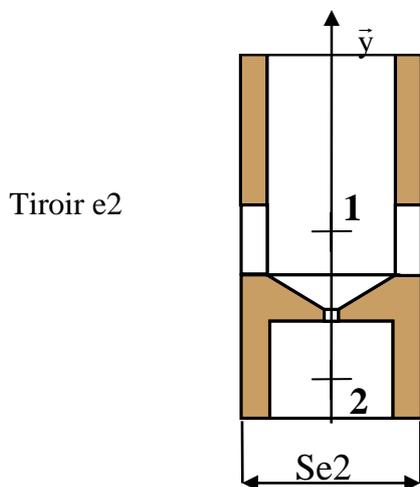
L'objectif de cette partie est d'analyser le fonctionnement de l'électrovanne. (Voir document B5/11 et B6/11))

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 :

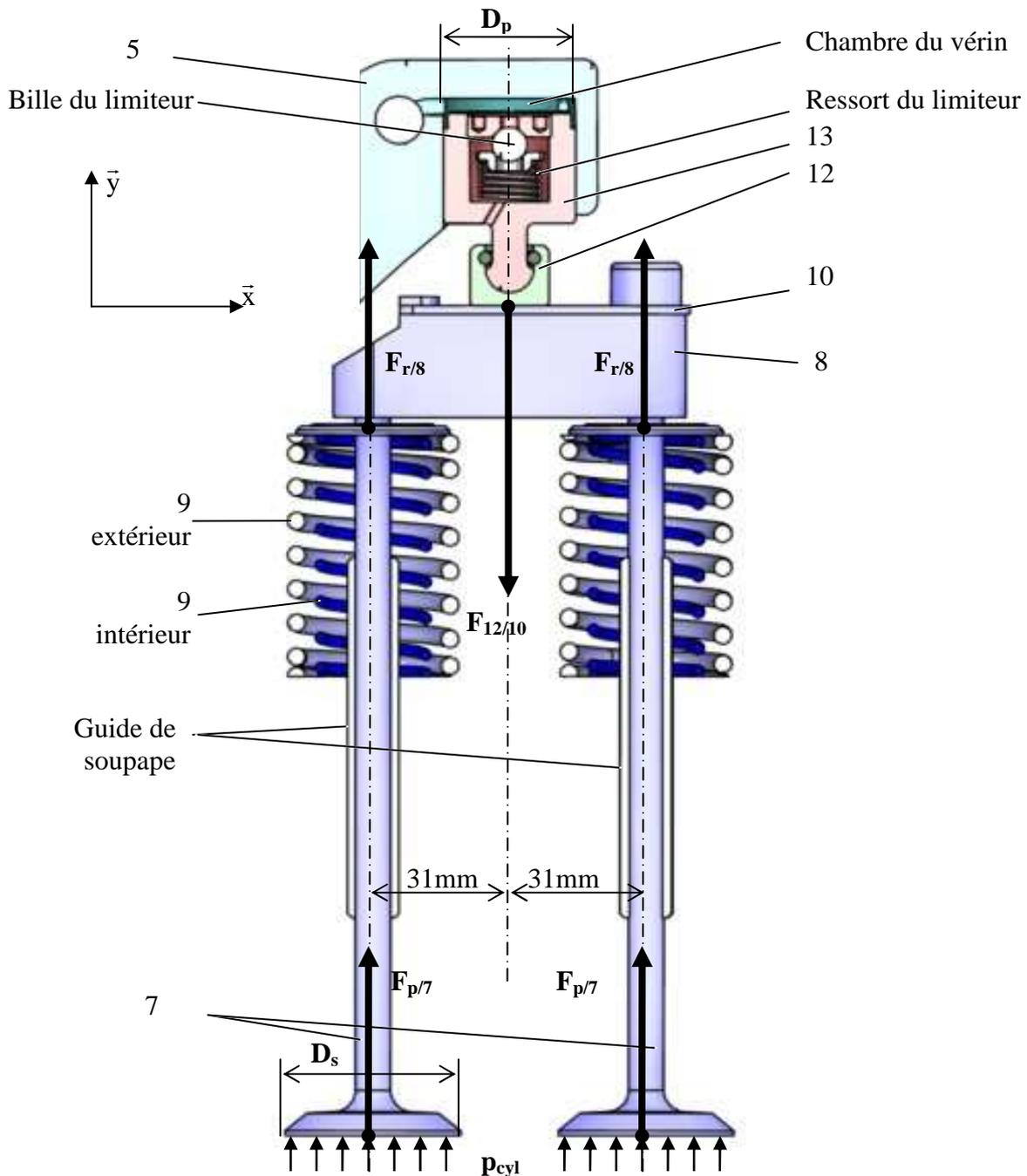
4.6 Dans le cas où le **solénoïde (e7) est hors-service**, compléter le document réponse C3/4, en indiquant les symptômes et la valeur de la pression p_1 si on la mesure.

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.



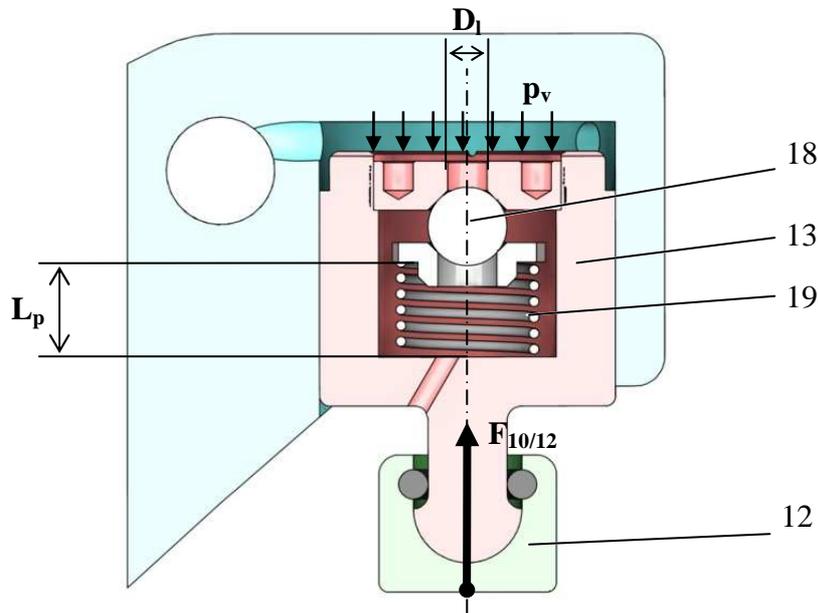
Ressort (9) extérieur : Raideur $k_e = 39,3 \text{ N/mm}$ Longueur à vide $l_{0e} = 73,8 \text{ mm}$
 Ressort (9) intérieur : Raideur $k_i = 18,1 \text{ N/mm}$ Longueur à vide $l_{0i} = 70,5 \text{ mm}$
 Longueur des ressorts en position soupapes fermées $l_r = 56 \text{ mm}$
 Diamètre de la tête de 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 $D_1 = 2 \text{ mm}$

- 5.5 Calculer la raideur k en N/mm du ressort (19) du limiteur de pression.
- 5.6 Calculer la pression p_1 d'ouverture du limiteur.
- 5.7 Comparer la pression p_v à la pression p_1 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.

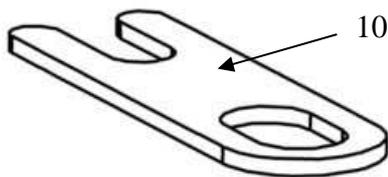
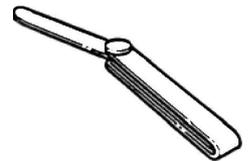
6. Réglage du jeu aux soupapes d'échappement spécifique à l'Optibrake.

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 semblerait 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.

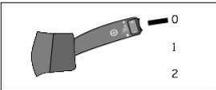
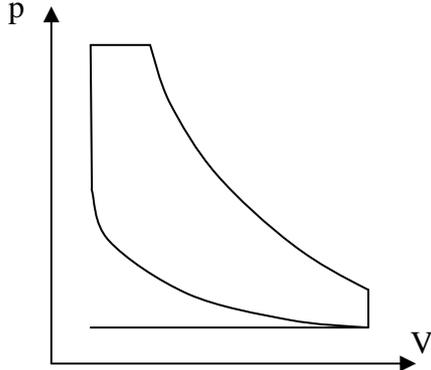
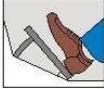
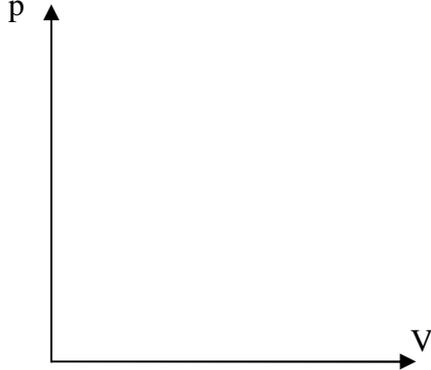
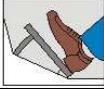
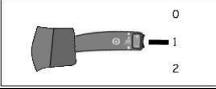
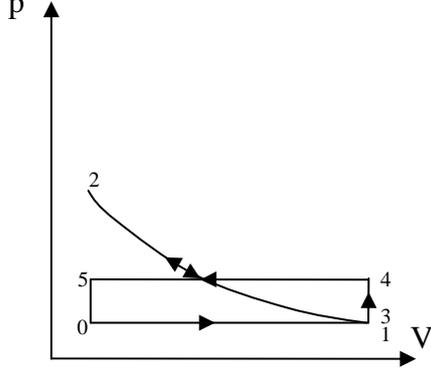
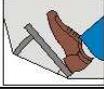
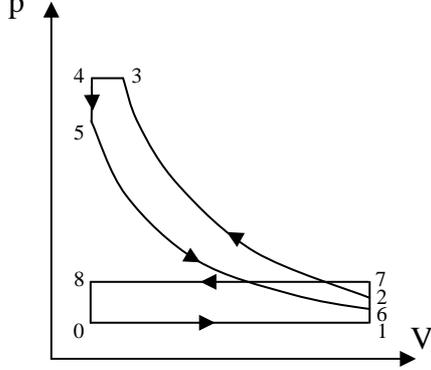
Afin d'assurer que le piston (13) soit en butée mécanique, on propose l'outil à main ci-dessous. Cet outil passant par le trou du chapeau percé (20) permet de comprimer le ressort (17) et ainsi d'ouvrir la communication entre la chambre du vérin et la rampe de culbuteur. (voir pages A8/11 et A9/11)



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'infinitif.

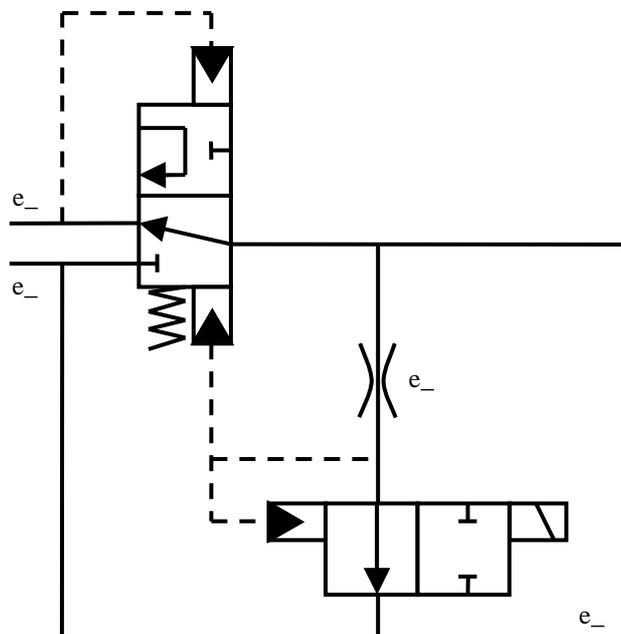
SYSTEME DE FREIN MOTEUR OPTIBRAKE - DOSSIER REponses

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

Cas 1				
	$W_{\text{cycle 1}}$			
	>0	=0	<0	
Cas 2				
	$W_{\text{cycle 2}}$			
	>0	=0	<0	
Cas 3				
	$W_{\text{cycle 3}}$			
	>0	=0	<0	
	moteur	récepteur	nul	
Cas 4				
	$W_{\text{cycle 4}}$			
	>0	=0	<0	
	moteur	récepteur	nul	
	$W_{\text{cycle 4}}$			
	> $W_{\text{cycle 3}}$	= $W_{\text{cycle 3}}$	< $W_{\text{cycle 3}}$	
Phase 1-2 :				
Phase 3-4-5 :				

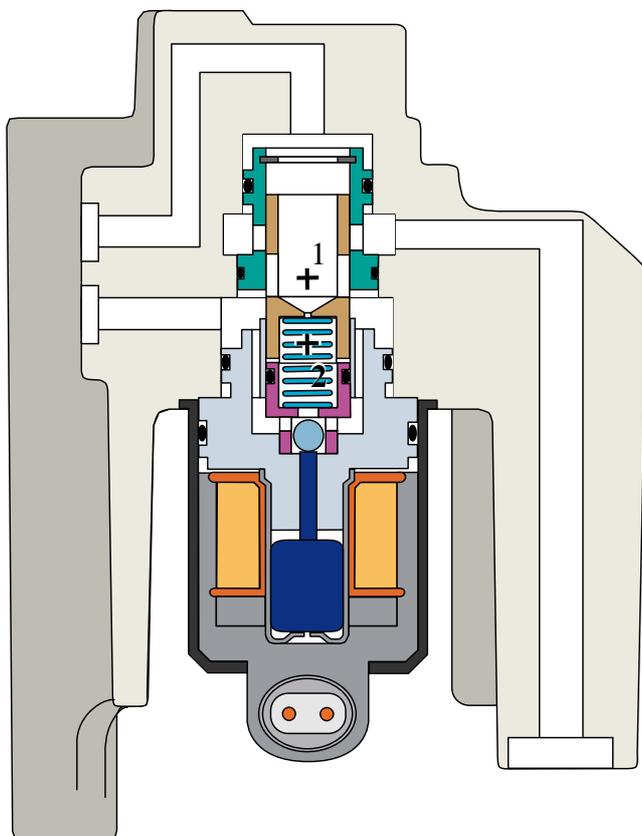
4. Fonctionnement de l'électrovanne de commande.

4.1 Schéma hydraulique



4.2

Moteur tournant, Optibrake désactivé,
régulation à 1 bar



Moteur tournant, Optibrake activé

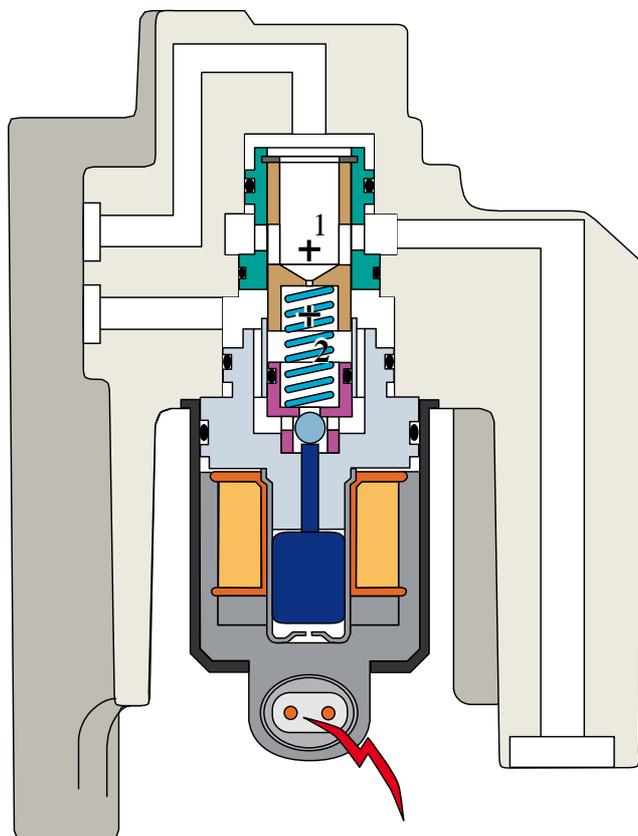
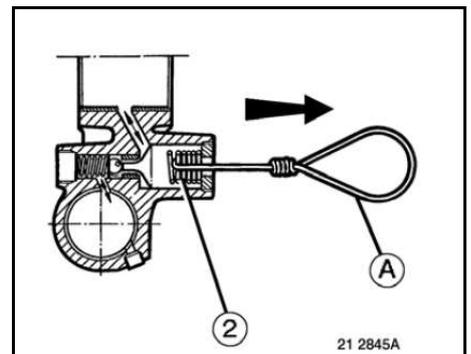
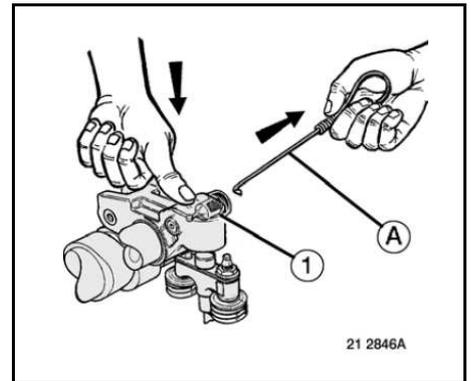


Tableau récapitulatif

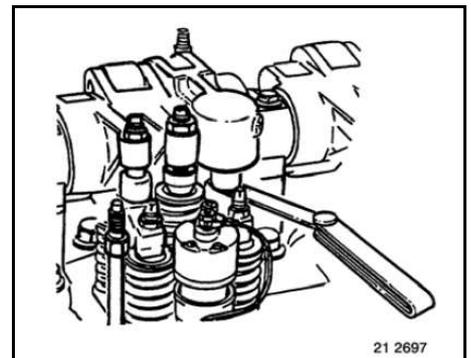
Origine du problème		Conséquence	Symptômes	Vérifications ou mesures
Arbre à cames	Usure des bossages Optibrake (3) et (4)	Ouverture Optibrake des soupapes nulle		
Electrovanne	Solénoïde (e7) hors-service	Disfonctionnement électrovanne		Valeur pression $p_1=$
	Orifice (e10) bouché	Disfonctionnement électrovanne		Valeur pression $p_1=$
Culbuteur et vérin		Pas de levée Optibrake sur un cylindre	Baisse de puissance de freinage en position 2 (Optibrake)	Aucune vérification possible sans démontage.

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

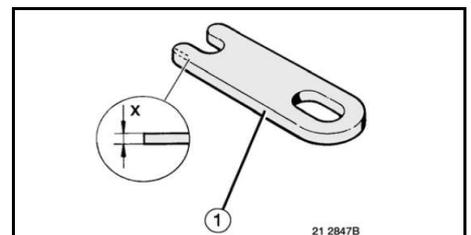
- Avant d'effectuer le réglage,...



-



-



- Contrôler à nouveau le jeu entre l'étrier et l'embout du piston de culbuteur.

