

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2008

ÉTUDE DES MOTEURS

U 51 EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS

Durée 3 h – Coefficient 3

Aucun document autre que le sujet n'est autorisé.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet comporte 14 pages numérotées de la façon suivante :

- Le texte du sujet, pages 2/7 à 7/7
- Les documents de données, pages DD 1/6 à DD 6/6
- Les documents réponses à rendre obligatoirement, pages DR 1/2 et DR2/2

CODE ÉPREUVE : 0806MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2008	SUJET	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS - U51			Calculatrice autorisée : OUI
Durée : 3h	Coefficient : 3	Code Sujet : 171NB05			Page : 1/7

ORGANISATION DU SUJET

1. PROBLÉMATIQUE

- Les normes de pollution EURO IV imposent des niveaux d'émission sévères. Pour les moteurs Diesel, le compromis oxydes d'azote ($NOx \leq 0,25 \text{ g.km}^{-1}$) et ($HC + NOx \leq 0,30 \text{ g.km}^{-1}$) associé à un niveau de particules ($\leq 0,025 \text{ g.km}^{-1}$) est particulièrement difficile à atteindre, et suppose des techniques de dépollution performantes.
- L'étude menée dans ce sujet porte sur l'un des aspects de ces techniques : la « Recirculation des Gaz d'Echappement » (RGE).
- Le moteur Diesel comporte un pré-catalyseur, un catalyseur + filtre à particules.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

- Il s'agit de déterminer :
 - Le débit de gaz d'échappement pour réaliser le taux de RGE voulu,
 - La vanne RGE à utiliser,
 - Les réglages d'injection à retenir en accord avec un Cahier des Charges donné.

3. PLAN DE L'ÉTUDE

- Partie 1 : expression du besoin en RGE.
- Partie 2 : dimensionnement du circuit de RGE.
- Partie 3 : choix des réglages pour un point harmonisé.

4. TEMPS CONSEILLÉ ET BARÈME

- lecture du sujet 15' ;
- partie n°1 : 60'
- partie n°2 : 35'
- partie n°3 : 70'

les 3 parties sont indépendantes

Le barème est établi en fonction de la durée de chaque partie.

La clarté des réponses, la précision de l'argumentation et la présentation seront prises en compte dans la notation.

Conseil : bien lire le sujet, en particulier les objectifs, données et hypothèses pour chaque partie.

Partie n°1 : EXPRESSION DU BESOIN EN RGE

Objectifs de cette partie

- Effectuer un calcul de première approche du débit de gaz d'échappement requis pour atteindre une cible d'émission en NO_x
- Pour cela il vous faudra, à partir de résultats d'essai : document de données DD1/6
 - calculer la masse de gaz d'échappement recyclée à l'admission : m_{RGE}
 - évaluer le taux de RGE

Problématique

Afin d'évaluer le taux de RGE, la difficulté réside dans l'évaluation de la valeur de la m_{RGE} puisqu'elle n'est pas mesurable directement.

Il existe différentes méthodes pour évaluer la m_{RGE} ou le taux de RGE :

- Méthode par mesures du CO₂ :
C'est la méthode la plus fiable. Toutefois celle-ci nécessite des baies d'analyses CO₂, avec les problèmes de disponibilité et la lourdeur de mise en œuvre que cela suppose.
- Méthode par bilan enthalpique lors du mélange des gaz frais et de la RGE :
C'est une méthode de calcul de la m_{RGE} en fonction d'autres paramètres mesurés. Celle-ci est plus économique du point de vue des moyens et de leur mise en œuvre.

C'est cette dernière méthode que l'on vous propose d'utiliser.

Données

- Document de données DD1/6 : tableau de résultats d'essai sur un point de fonctionnement peu chargé
- Cahier des charges : la cible à atteindre, du point de vue des polluants, pour ce point de fonctionnement donnée : CO ≤ 25g·h⁻¹ HC ≤ 10g·h⁻¹ Particules ≤ 0,63g·h⁻¹ NO_x ≤ 4g·h⁻¹
- Document réponse 1/2 : vue d'ensemble de la boucle d'air d'un MCI Diesel suralimenté
tableau réponse : questions 1.3.1 et 1.3.2

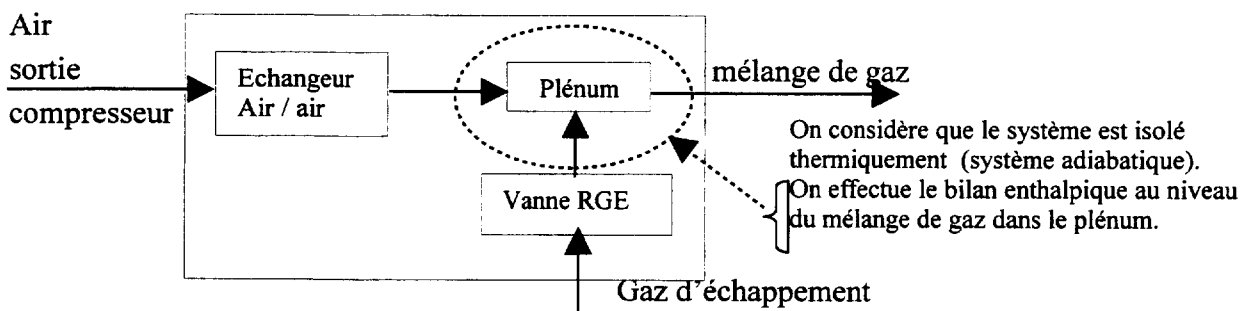
Travail à effectuer

11 GÉNÉRALITÉS CONCERNANT LE « RGE »

- 1.1.1. Donner une définition du taux de RGE sous forme de rapport de masse
- 1.1.2. Tracer sur un graphe l'allure typique de la courbe montrant l'évolution des émissions de NO_x en fonction du taux de RGE .
Justifier en huit lignes maximum cette évolution.

12 APPROCHE GÉNÉRALE DE LA MÉTHODE PAR BILAN ENTHALPIQUE

le système d'admission peut-être assimilé au modèle suivant :



- 1.2.1. Donner une relation générale de la thermodynamique appliquée au mélange de gaz (gaz frais et RGE) dans le plénum et qui effectue le bilan enthalpique.
- 1.2.2. a) Ecrire les relations exprimant la variation d'enthalpie que subissent les gaz frais d'une part et la variation d'enthalpie que subissent les gaz brûlés d'autre part.
b) En déduire l'expression qui permettra de déterminer la m_{RGE} en fonction de la masse d'air, des C_p et des températures.
- 1.2.3. Instrumentation

Utilisez l'expression par bilan enthalpique simplifiée où l'on considère $C_{p_{RGE}} = C_{p_{air}}$

$$m_{RGE} = m_{AIR} \times \frac{T_{AIR} - T_{mélange}}{T_{mélange} - T_{RGE}}$$

Sur le document réponse 1/1 :

- a) En vous référant aux mesures effectuées lors des essais (document de données DD1/6), mentionner les différents points de mesure de température nécessaires pour déterminer la m_{RGE} (en conservant les mêmes indices).
- b) De quels moyens disposez-vous pour l'acquisition de la masse d'air.

13 CALCUL DU TAUX DE « RGE » PAR LA MÉTHODE DU BILAN ENTHALPIQUE

- 1.3.1. Calculer le taux de RGE pour chacun des points d'essai qui répondent au cahier des charges rappelé ici :
- Cahier des charges : la cible à atteindre, du point de vue des polluants, pour ce point de fonctionnement donné :
 $CO \leq 25g \cdot h^{-1}$ $HC \leq 10g \cdot h^{-1}$ $Particules \leq 0,63g \cdot h^{-1}$ $NO_x \leq 4g \cdot h^{-1}$
 Compléter le tableau du document réponse 1 / 1 à savoir :
 - relever les valeurs à partir du document DD1/6 pour compléter les colonnes 1 à 4
 - calculer les valeurs pour les colonnes 5 et 6
- 1.3.2. Déterminer ensuite le débit de RGE (exprimé en $g \cdot s^{-1}$) pour ces mêmes points d'essai :
- a) Indiquer sous forme d'expression littérale la relation que vous allez utiliser.
- b) Compléter le tableau du document réponse 1 / 1 (colonne 7).

Partie n°2 : DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT DE RGE

Objectifs de cette partie

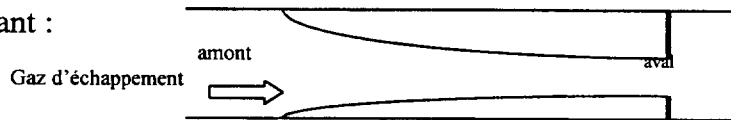
- Déterminer et choisir une vanne de RGE

Données

- vous prendrez le débit de RGE de $12,3 \text{ g.s}^{-1}$ et les conditions d'essai se rapportant à la ligne N°19
- la relation de Barré St Venant vous est donnée sous la forme :

$$Q_m = \frac{P_{\text{amont}}}{r T_{\text{amont}}} \times \left(\frac{P_{\text{aval}}}{P_{\text{amont}}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \times S_{\text{efficace}} \times \sqrt{2 \left(\frac{r \gamma}{\gamma - 1} \right) T_{\text{amont}} \left[1 - \left(\frac{P_{\text{aval}}}{P_{\text{amont}}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}$$

avec le modèle suivant :



- Document de données DD2/6 :

Catalogue de différentes vannes RGE avec courbes caractéristiques prises dans les conditions de références : Pression amont = 1013 hPa, $T_{\text{Camont}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\Delta P = 50 \text{ hPa}$

Hypothèses

Pour les gaz d'échappement, on supposera : $r = 287 \text{ J. kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $\gamma = 1,4$

Travail à effectuer

21 DÉTERMINATION DE LA SECTION EFFICACE DE VANNE PAR BARRÉ ST VENANT

- 2.1.1. Le débit massique compte tenu des conditions en aval, peut s'écrire sous la forme :

$$Q_m = \rho_{\text{aval}} \cdot S_{\text{eff}} \cdot C_{\text{aval}}$$

Identifier, dans la relation de Barré St Venant, les deux termes :

. ρ_{aval} : masse volumique des gaz au point aval

. C_{aval} : vitesse isentropique des gaz au point aval

Préciser les unités de chaque terme dans le système international.

- 2.1.2. Calculer la masse volumique et la vitesse isentropique des gaz au point aval dans les conditions d'essai (ligne N°19 du document DD1/6) .
- 2.1.3. Calculer la section efficace nécessaire pour faire passer ce débit massique corrigé.

22 CHOIX DE LA VANNE SUR CATALOGUE

Quelles vannes répondent au besoin strict pour ce point de fonctionnement ?

Laquelle pourra répondre aux besoins du moteur sur toutes les situations de fonctionnement ?

Partie n°3 : CHOIX DES RÉGLAGES DE L'INJECTION

Objectifs de cette partie

- Optimiser à partir de résultats d'essais les réglages de base du contrôle moteur pour respecter le Cahier des Charges du point de vue : émissions, CSE, bruit.

Les réglages de base à déterminer concerneront le système d'injection, à savoir : le réglage de la pression d'injection, le réglage du phasage de l'injection principale, le réglage du phasage de l'injection pilote.

Données

- Documents de données : DD3/6 à DD6/6, graphes de résultats d'essai exprimés en isolignes concernant le point de fonctionnement : Régime: 1300 tr.min⁻¹ – PME: 1 bar
- Cahier des charges : critères à prendre par ordre de priorité
 - 1) $\text{NOx} \leq 81 \text{ ppm}$
 - 2) $\text{CSE} \leq 437 \text{ g.kW}^{-1}\text{h}^{-1}$
 - 3) Bruit minimum
 - 4) Fumées minimum
 - 5) Robustesse des prestations NOx et CSE vis-à-vis des réglages
- Document réponse 2/2 : Graphe en isolignes
Résultats des réglages

Travail à effectuer

31 ANALYSE DES RÉSULTATS D'ESSAIS

- 3.1.1. Graphe : $\text{NOx} = f(\text{phasage main} / \text{phasage pilote})$ sur le document DD 5/6
Justifier l'influence du phasage de l'injection principale sur les émissions de NOx.
(Formuler votre réponse en six lignes maximum)
Vous raisonnerez avec un phasage de l'injection pilote fixe.
- 3.1.2. Graphe : $\text{CSE} = f(\text{phasage main} / \text{phasage pilote})$ sur le document DD 6/6
Décrire la tendance observée lorsque le phasage de l'injection principale varie avec une valeur de phasage de l'injection pilote fixe.
Justifier cette tendance en vous appuyant sur l'observation des autres graphiques (par ex. CO et HC sur DD5/6 et T°C gaz échappement DD6/6). Formuler votre réponse en huit lignes maximum.
- 3.1.3. Robustesse des prestations NOx et CSE vis-à-vis des réglages de phasage des injections :
On peut estimer que le système de « contrôle moteur » peut introduire des erreurs de réglage sur le phasage des différentes injections de l'ordre de +/- 0,5°.
Après observation des graphiques NOx et CSE = f(phasage main/ phasage pilote) :
pour quel réglage de phasage de l'injection est-il impératif de ménager une garde suffisante afin d'assurer la robustesse du choix de réglage ?

32 CHOIX ET VALIDATION DES RÉGLAGES

- 3.2.1 Choix de la pression d'injection : documents de données DD 3/6 et 4/6
La pression d'injection retenue est de 530000 hPa.
Le débit de RGE retenu de 12,3g.s⁻¹ conditionne le débit d'air, vous prendrez :
 $\text{MAF (ou } Q_m \text{ air)} = 255 \text{ mg /TDC}$
Réaliser un constat sur ces choix de réglage, au regard des critères : NOx, CSE, bruit, fumée, du cahier des charges.
Discuter ces choix en mettant en évidence le(s) critère(s) sacrifié(s).

- 3.2.2. Choix du phasage de l'injection principale et de l'injection pilote: documents DD 5/6 et 6/6
- 3.2.2.1. Aidez-vous du document réponse DR2/2
Isoler sur le document de données DD 5/6 une zone qui réponde au premier critère :
 $\text{NO}_x \leq 81 \text{ ppm}$.
Reporter cette zone sur le document réponse qui prend en compte le deuxième critère du cahier des charges : $\text{CSE} \leq 437 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.
- 3.2.2.2. Dans ce domaine, proposer un couple de valeurs de réglage : [phasage principale-phasage pilote], afin de respecter les deux critères suivants du cahier des charges, par ordre de priorité : **bruit minimum - émission de fumées minimale** .
Compléter le document réponse.
Argumenter votre choix pour les deux réglages : « phasage de l'injection principale » et « phasage de l'injection pilote ».
- 3.2.2.3. Robustesse des réglages choisis :
Commenter vos choix pour leur robustesse vis-à-vis des critères du cahier des charges concernant les émissions de NO_x et la CSE.