



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2009

ÉTUDE DES MOTEURS U 51 EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS

Durée 3 h – Coefficient 3

CORRIGÉ

CODE ÉPREUVE : 0906MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
SESSION 2009	CORRIGÉ	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS U51	
Durée : 3 h	Coefficient : 3		Corrigé du sujet n° 17NB05 Page 1/6

A : Exploitation du tableau

1- Tableau 1

	Evolution avec l'augmentation d' EGR de 0 à 45%	Ecart maxi en %
Taux d'EGR		
Remplissage standard		-75
Richesse		+300
Pression plenum (entrée cylindre)		86
Pression entrée turbine (sortie cylindre)		80
PMI (bar)		-11
PMI Basse Pression (bar)		-70
Cse (g.kW ⁻¹ .h ⁻¹)		-8

2- Tableau 2

	Relation	Valeur à 0% d'E.G.R	Valeur à 40% d'E.G.R
η effectif (%)	$\eta_e = \frac{P_e}{P_c} = \frac{P_e}{q_{mc} \cdot PCI}$	23	24,9
PMI Haute Pression (bar)	$PMI_{HP} = PMI + PMI_{BP}$	3,86	3,25
PMF (bar)	$PMF = PMI - PME$	1,14	0,94
η mécanique (%)	$\eta_m = \frac{PME}{PMI}$	63,8	67,6
η indiqué (%)	$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_m}$	36	37

3.1- La PMI BP diminue lorsque le taux d'EGR augmente car :

- . P amont turbine diminue=> diminution de la contre pression échappement
- . P plénum diminue=> diminution du travail turbine
diminution du travail compresseur
le rendement isentropique compresseur diminue
diminution de la pression de suralimentation

3.2- Le rendement effectif augmente lorsque le taux d'EGR augmente (entre 0 et 40%) car :

- . Le rendement indiqué augmente de 2% et le rendement mécanique de 6%,
- le rendement indiqué augmente car : le rapport W_i / Q augmente même si la PMI HP diminue car la PMI BP diminue également et la chaleur introduite a tendance à diminuer.
- Le rendement mécanique augmente car la PMI HP diminue, les contraintes de pression sur le piston et l'attelage mobile diminuent et font chuter la PMF.

B : Influence de l'EGR sur la combustion et la création de NOx

1- Tableau 3

	Définition	Valeur à 0% d'E.G.R	Valeur à 40% d'E.G.R
Délai d'auto-inflammation en degré	Angle en degré entre le début injection (levée d'aiguille) et le CA 10 qui matérialise le début combustion.	20,5°	23,5°
Temps de combustion en degré à partir des CA	C'est la différence en degré entre le CA 90 et le CA 10	17°	23°
CA 50	C'est l'angle en degré pour lequel 50% de l'énergie est libérée par la combustion	14°	18°
Pression maximum		75 bar	52 bar

2.1- A partir des débits d'air et d'EGR :

$$m_0 = (qm_{air0} + qm_{EGR0}) \cdot \frac{60x}{N} = (45,45 + 0,146) \cdot \frac{60 \cdot 2}{1997} \Rightarrow m_0 = 2,74g$$

$$m_{40} = (qm_{air40} + qm_{EGR40}) \cdot \frac{60x}{N} = (12,81 + 8,689) \cdot \frac{60 \cdot 2}{1995} \Rightarrow m_{40} = 1,29g$$

2.2- Températures au PMH pour 0 et 40% d'EGR :

Relation des gaz parfaits

$$P \cdot V = m \cdot r \cdot T \Rightarrow T = \frac{PV}{mr}$$

avec :

P, pression au PMH en Pa, relevée sur le graphe 1 du document 3
V, volume au PMH en m³ (volume chambre de combustion), calculé à partir du document 1
m, masse en g enfermée dans le cylindre, calculée à la question précédente
r, constante d'état en J.g⁻¹.K⁻¹ du gaz considéré.

Calcul de V_{PMH} :

$$V_{PMH} = \frac{\text{Cylindrée}}{4} \cdot \frac{1}{(\varepsilon - 1)} = \frac{1896}{4 \cdot (19 - 1)} = 26,3cm^3$$

Masse enfermée par cylindre = masse enfermée par cycle divisée par le nombre de cylindres

$$T_0 = \frac{P_0 \cdot V_{PMH}}{r_0 \cdot \frac{m_0}{4}} = \frac{75 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 26,3 \cdot 10^{-6}}{0,285 \cdot 2,7} = 1026K \Rightarrow T_0 = 753^\circ C$$

$$T_{40} = \frac{P_{40} \cdot V_{PMH}}{r_{40} \cdot \frac{m_{40}}{4}} = \frac{52 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 26,3 \cdot 10^{-6}}{0,3 \cdot 1,3} = 1404K \Rightarrow T_{40} = 1131^\circ C$$

3- Justification de la diminution des NOx :

Les NOx dépendent principalement de deux paramètres :

- .T° maxi de combustion
- .concentration en oxygène dans la chambre

Dans notre cas, la température au PMH est plus élevée, c'est donc la diminution de la concentration en oxygène dans la masse d'air admise qui est prépondérante sur la diminution des NOx.

C- Isotaux d'EGR

1- Courbe 1 : Couple effectif pleine charge ou PME pleine charge
Courbe 2 : Domaine antipollution de bouclage EGR

2- Lorsque la charge augmente :

- . le volume injecté augmente
- . la richesse augmente
- . on se rapproche de la limite fumée
- . nécessité de diminuer le taux d'EGR pour ne pas dépasser la limite fumée

D- Positionnement sur le point de fonctionnement

1- N et PME

. $N=1000 \text{ tr.min}^{-1}$ pour $25 \text{ km.h}^{-1} \Rightarrow$ pour une vitesse de 50 km.h^{-1} , **$N=2000 \text{ tr.min}^{-1}$**

$$. \text{PME} = \frac{W_e}{V} = \frac{P_e \cdot t}{V} = \frac{P_e \cdot 60x}{V \cdot N} \quad \text{avec } P_e = \left[\left(\frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot C_x \cdot v_3 \right) + (m \cdot r \cdot v) \right] \frac{1}{\eta_T}$$

AN : $P_e = 6474 \text{ W}$ et **$PME = 2 \text{ bar}$**

2- A $N=2000 \text{ tr.min}^{-1}$ et $PME=2 \text{ bar}$

$\Gamma_{\text{EGR}} = 30,5\%$

$\text{CO} = 461,6 \text{ ppm}$

$\text{HC} = 134 \text{ ppm}$

$\text{NOx} = 81,08 \text{ ppm}$

Fumées = 1,3 fsn

3- Démonstration

$$E_{\text{poll}} = \frac{qm_{\text{poll}}}{P_e} = \frac{qv_{\text{poll}} \cdot \rho_{\text{poll}}}{P_e} = \frac{qv_{\text{éch}} \cdot [C_{\text{poll}}] \cdot \rho_{\text{poll}}}{P_e} = \frac{qm_{\text{éch}} \cdot [C_{\text{poll}}] \cdot \rho_{\text{poll}}}{\rho_{\text{éch}} \cdot P_e}$$

$$E_{\text{poll}} = (qm_{\text{air}} + qm_{\text{c}}) \cdot \frac{\rho_{\text{poll}}}{\rho_{\text{éch}}} \cdot \frac{[C_{\text{poll}}]}{P_e} = \frac{qmc}{P_e} \cdot \left(1 + \frac{PCO}{\mathfrak{R}} \right) \cdot \frac{\rho_{\text{poll}}}{\rho_{\text{éch}}} \cdot [C_{\text{poll}}] = Cs \left(1 + \frac{PCO}{\mathfrak{R}} \right) \cdot \frac{\rho_{\text{poll}}}{\rho_{\text{éch}}} \cdot [C_{\text{poll}}]$$

4- Calcul des émissions en $\text{g.kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

Application numérique à partir des questions 2, 3 et 4 :

$$E_{\text{poll}} = \text{constante} \times \rho_{\text{poll}} \times [C_{\text{poll}}] \quad \text{avec } cte = Cs \left(1 + \frac{PCO}{\mathfrak{R}} \right) \frac{1}{\rho_{\text{éch}}} = 7897$$

$$E_{\text{NOx}} = 7897 \times 2,052 \times 81,08 \cdot 10^{-6} = 1,314 \text{ g.kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

E- Optimisation des réglages

1- Limites

- Pas de contraintes en fumées, elles sont toujours en dessous 5fsn
- HC maxi=HC au taux d'EGR de $30,26\% \times 1,25 = 5 \text{ g.h}^{-1}$
soit un taux d'EGR inférieur à 40%
- CO inférieur à 50 g.h^{-1} soit un taux d'EGR inférieur à 39,2%
- Pas de dégradation de Cs, soit un taux d'EGR compris entre 30,26% et 37%

2- Choix du taux d'EGR

Le choix du taux d'EGR est imposé par la contrainte de Cs, il faut réduire les NOx au maximum, on choisira donc un taux d'EGR de 37%.

3- Robustesse du point de réglage

Pour que le réglage soit robuste, on choisira le taux de 35,5% ce qui permet de toujours répondre au cahier des charges.

4- Gain sur les NOx

$$\text{Gain}(\%) = \frac{(E_{NOx\text{-départ}}) - (E_{NOx\text{-final}})}{E_{NOx\text{-départ}}} \times 100 = \frac{7 - 5}{7} \times 100 = 28,6\%$$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé