

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2009

### 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 15 pages, numérotées de la façon suivante :

- La présentation de l'étude et les objectifs des différentes parties, page 2 et 3
- Le texte du sujet, pages 4 à 7
- Les documents de données, pages 8 à 11
- Les documents réponse à **rendre obligatoirement**, pages 12 à 15

CODE ÉPREUVE : 0906MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2009	SUJET	ÉPREUVE: ÉTUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS - U51			Calculatrice autorisée : oui
Durée : 3h	Coefficient : 3	Code sujet : 17NB05		Page : 1/15	

# Influence et optimisation de la recirculation des gaz d'échappement sur moteur diesel

## Objectif de l'étude.

A partir d'un essai réalisé au banc moteur (sur un point de fonctionnement en stabilisé), on doit effectuer le traitement, l'analyse et la synthèse des résultats.

Cette étude doit permettre aussi d'interpréter l'influence du taux d'EGR sur les performances et les émissions de polluants afin de choisir le taux d'EGR le mieux adapté à un cahier des charges.

**L'étude comprend deux parties :**

### Partie 1 :

Exploitation des résultats d'essai à partir d'un tableau de données pour mettre en évidence l'influence du taux d'EGR sur les performances.

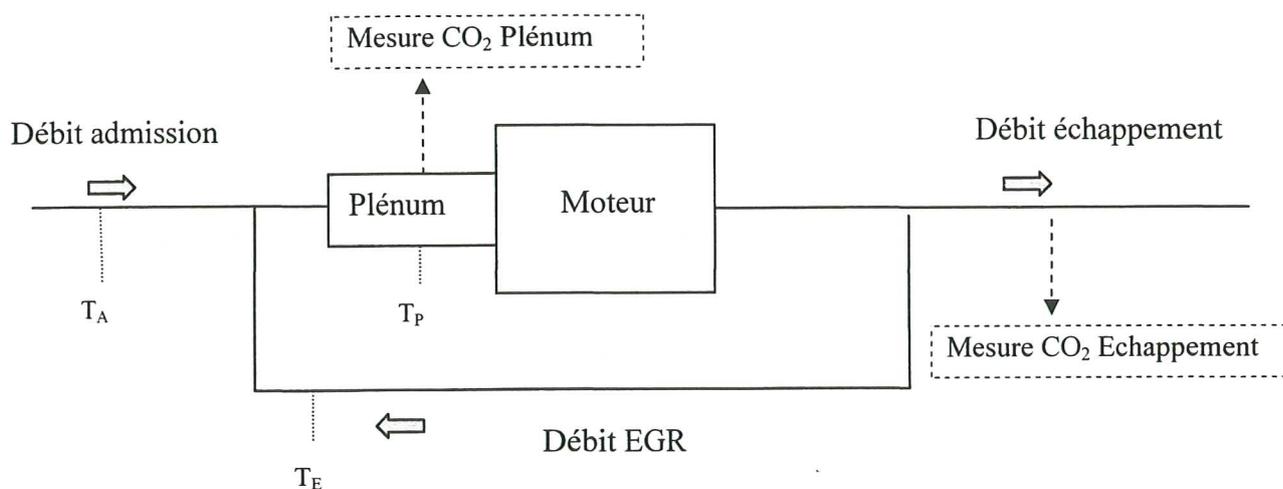
### Partie 2 :

Exploitation des courbes des émissions de polluants afin de choisir le taux d'EGR le mieux adapté au cahier des charges.

### Temps conseillé :

- Lecture du sujet : 15 minutes
- 1<sup>ère</sup> partie : 1h30 minutes
- 2<sup>ème</sup> partie : 1h15 minutes

## Présentation de l'EGR



**Débit admission :** Débit massique d'air frais

**Débit EGR :** Débit massique de gaz d'échappement brut recyclé

**Débit plénum :** Débit admission + débit d'EGR = Débit aspiré par le moteur

$T_A$  : Température aval échangeur

$T_E$  : Température EGR

$T_P$  : Température plénum

Le taux d'EGR est défini de la manière suivante pour cette étude :

$$\text{Taux.EGR}(\%) = \frac{qmEGR}{qm_{admission} + qmEGR} \times 100 = \frac{qmEGR}{qm_{plénum}} \times 100$$

En pratique, il est mesuré de la manière suivante :

$$\text{EGR}(\%) = \frac{CO_2 \text{ plénum} - CO_2 \text{ ambient}}{CO_2 \text{ échappement} - CO_2 \text{ ambient}} \times 100$$

Hypothèse :  $CO_2 \text{ ambient} = 0$

## 1<sup>ère</sup> partie : Influence de l'EGR

### (documents 1 et 2 et documents réponse 1 et 2)

Un constructeur automobile réalise 6 essais à P.M.E constante (2 bar) et à régime constant (2000 tr.min<sup>-1</sup>). Dans le premier essai, le moteur est réglé sans EGR. Dans les autres essais, le moteur est réglé avec un taux d'EGR croissant.

L'objectif de ces essais est de comparer l'influence de l'EGR sur le fonctionnement du moteur au niveau du remplissage, de la richesse, du rendement et de l'évolution des polluants. Ces mesures sont exploitées sous forme de tableau (document 1). Pendant les 5 essais, on mesure et on exploite aussi la pression dans la chambre de combustion en fonction de l'angle vilebrequin (documents 1 et 2).

**Les sous parties A et B sont indépendantes.**

#### **A : Exploitation du tableau : document 1.**

**1- A partir de la lecture du document 1, compléter le tableau 1 (document réponse 1).**

Dans chaque case, déterminer les sens de variation du facteur et calculer les variations manquantes **en % avec le premier essai sans EGR comme référence.**

**2- En exploitant le document 1, calculer et compléter le tableau 2 (document réponse 1) :**

- Avec les expressions littérales utilisées et les unités (2<sup>ème</sup> colonne : relation)
- En réalisant l'application numérique (3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> colonnes).

**3- A partir du document réponse 1 :**

**3.1-** Justifier l'évolution de la boucle basse pression en fonction de l'augmentation du taux d'EGR. (5 lignes maximum)

**3.2-** Justifier l'évolution du rendement effectif en fonction de l'augmentation du taux d'EGR. (5 lignes maximum)

## **B : Influence de l'EGR sur la combustion et la création de NOx : documents 1 et 2.**

1- A partir du document 2, compléter le tableau 3 sur le **document réponse 2**.

2- On désire estimer les températures au Point Mort Haut (PMH) pour un essai sans EGR ( $T_0$ ) et pour un essai avec un taux d'EGR de 40% ( $T_{40}$ ) en exploitant les documents 1 et 2.

Hypothèses :

- Les gaz sont considérés comme des gaz parfaits avec  $r_0$  sans EGR =  $285 \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $r_{40}$  avec EGR =  $300 \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ( $r$  est la constante d'état du gaz considéré)
- Les gaz résiduels sont négligeables.
- Les masses enfermées dans le cylindre sont composées d'air et d'EGR.

2.1- Calculer les masses enfermées pour les 4 cylindres par cycle dans les 2 cas à l'aide du document 1.

**Pour la suite du problème, on prendra  $m_0 = 2,7\text{g}$  et  $m_{40} = 1,3\text{g}$**

2.2 - A partir des documents 1 et 2, estimer les températures  $T_0$  et  $T_{40}$  au PMH en °C.

3- Justifier par un argument la baisse de création des NOx en fonction du taux d'EGR.

## **2<sup>ème</sup> Partie : Choix du taux d'EGR**

**(documents 1, 3 et 4 et documents réponse 3 et 4)**

**Les sous parties C et D sont indépendantes.**

### **C- Isotaux d'EGR dans le diagramme Pme - Régime**

1- Expliquer ce que représente la courbe repérée 1 et la zone délimitée par la courbe 2 sur le document 3.

2- Justifier, en 4 lignes maximum, la diminution du taux d'EGR lorsque la charge augmente (évolution constatée sur le document 3).

## D- Positionnement sur le point de fonctionnement

Après analyse du prélèvement modal des gaz d'échappement sur le cycle MVEG au banc à rouleau, le constructeur désire optimiser le point de fonctionnement à **50 km.h<sup>-1</sup> sur le rapport de 3ème**. Pour optimiser les réglages et la calibration sur ce point au banc moteur en stabilisé, on vous demande :

1- De déterminer le régime et la PME du moteur sur ce point de fonctionnement à partir des données du document 4.

Vous calculerez tout d'abord la puissance nécessaire à la roue compte tenu des différentes résistances précisées dans le document 4. Ensuite vous les rapporterez aux valeurs effectives demandées.

2- De déterminer sur ce point de fonctionnement le taux d'EGR utilisé (document 3), les émissions de CO, HC, NOx en % et ppm et les fumées. (Document 1)

**Quels que soient les résultats précédents, on prendra : N = 2000 tr.min<sup>-1</sup> et PME = 2bar**

3- Afin de démontrer que l'expression des émissions de polluants en g.kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> notée E<sub>poll</sub> s'écrit :

$$E_{poll} = C_s \times \left(1 + \frac{PCO}{\mathfrak{R}}\right) \cdot \frac{\rho_{poll}}{\rho_{éch}} \cdot [C_{poll}]$$

Avec C<sub>s</sub>, consommation spécifique en g.kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>

PCO, pouvoir comburivore

℞, richesse

ρ<sub>poll</sub> = ϕ<sub>poll</sub>, masse volumique du polluant considéré

ρ<sub>éch</sub> = ϕ<sub>éch</sub>, masse volumique des gaz d'échappement

[C<sub>poll</sub>], concentration du polluant considéré

et

q<sub>mpoll</sub>, débit massique du polluant considéré

q<sub>méch</sub>, débit massique échappement

q<sub>m</sub>, débit massique de carburant

P<sub>e</sub>, puissance effective

Hypothèse : Le débit de blow-by est considéré comme négligeable.

On vous demande :

3.1- Exprimer  $E_{poll}$  à partir de  $q_{mpoll}$  et de la  $P_e$ .

3.2- Exprimer  $q_{mpoll}$  à partir de  $q_{méch}$ , de  $\varphi_{poll}$ ,  $\varphi_{éch}$  et de  $[C_{poll}]$ .

3.3- Exprimer  $q_{méch}$  à partir de  $q_{mc}$ , du PCO et de la richesse.

3.4- Exprimer  $E_{poll}$  à partir de  $q_{mc}$ ,  $P_e$ ,  $\varphi_{poll}$ ,  $\varphi_{éch}$ , PCO, richesse et de  $[C_{poll}]$ .

4- Calculer les émissions de NOx en  $g.kW^{-1}.h^{-1}$  à partir des valeurs du document 1 et des données du document 4.

### **E- Optimisation des réglages dans le diagramme Pme – Régime**

**Quel que soit le taux d'EGR trouvé à la partie D, on prendra comme point de départ le taux d'EGR de 30,26% pour cette partie.**

On désire réduire **les NOx au maximum** en respectant le cahier des charges suivant :

- . Fumées maxi  $< 5$  fsn
- . Augmentation maximum des HC de 25%
- . CO maximum =  $50 g.h^{-1}$
- . Pas de dégradation de Cs

1- Placer les différentes limites énoncées ci-dessus sur les documents réponses 3 et 4 en commentant vos calculs et démarches.

2- Déterminer le nouveau taux d'EGR à choisir pour respecter le cahier des charges.

3- On désire une robustesse du point de réglage de  $\pm 1,5\%$  sur le taux d'EGR.

$$\text{Taux d'EGR} - 1,5\% \leq \text{Taux d'EGR} \leq \text{Taux d'EGR} + 1,5\%$$

Le cahier des charges est-il toujours respecté ?

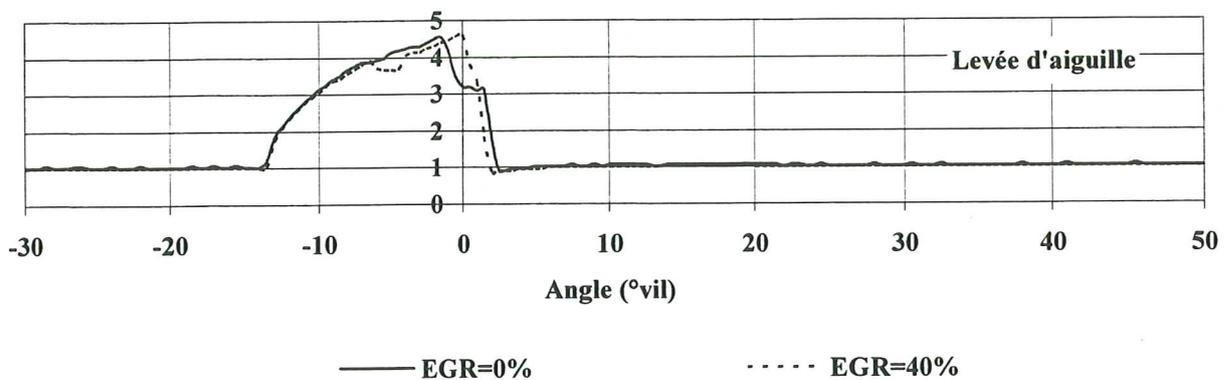
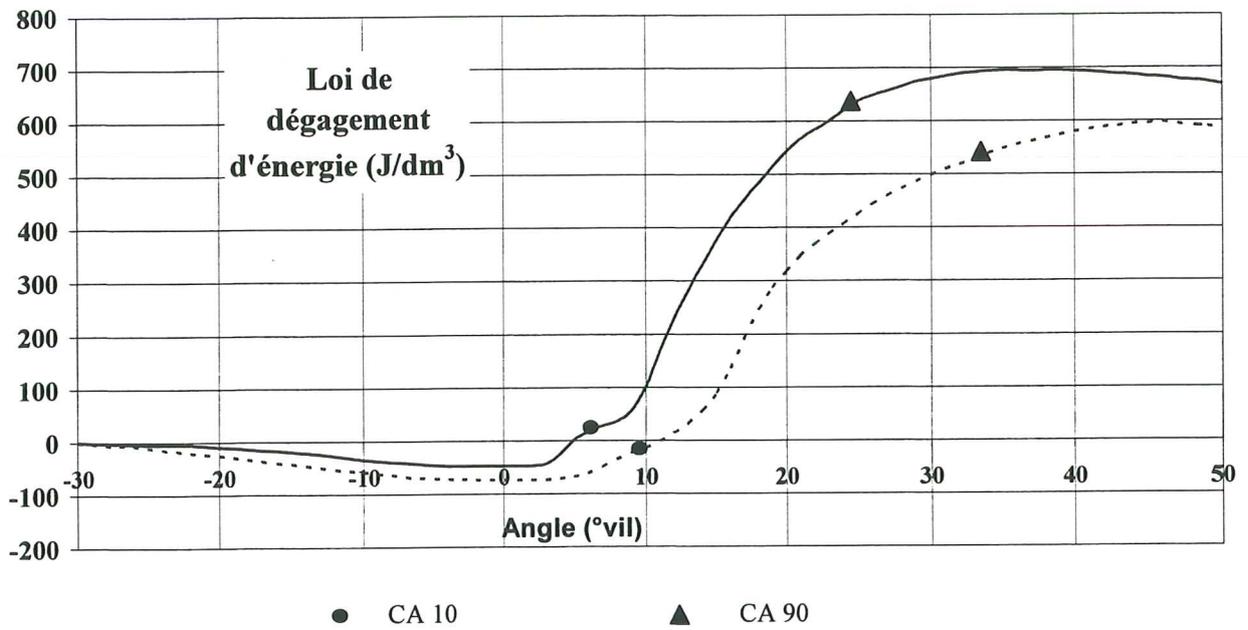
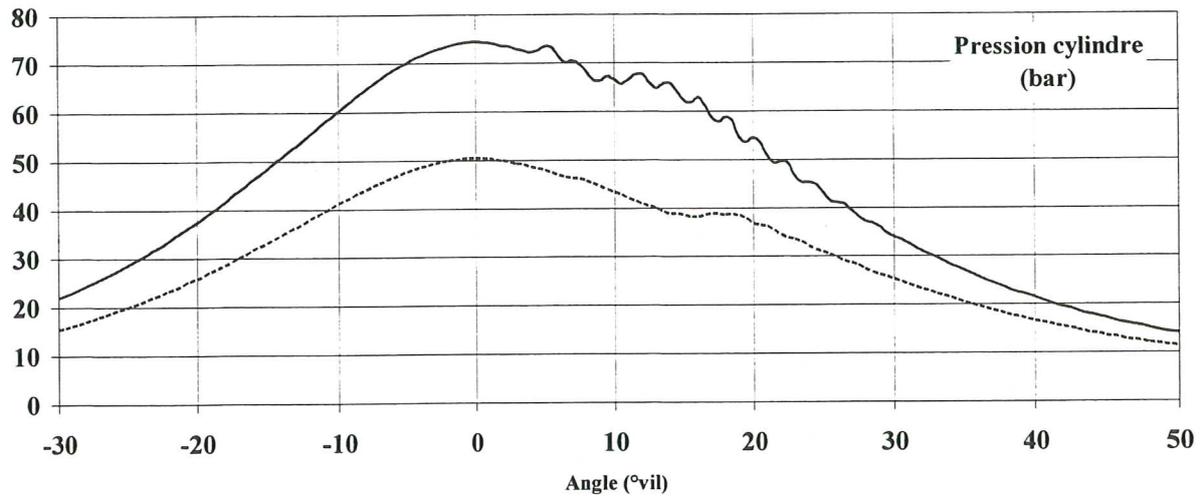
Faites une proposition finale du taux d'EGR à retenir .

4- Calculer le gain en % sur les émissions de NOx du nouveau réglage par rapport au réglage initial.

## Document 1

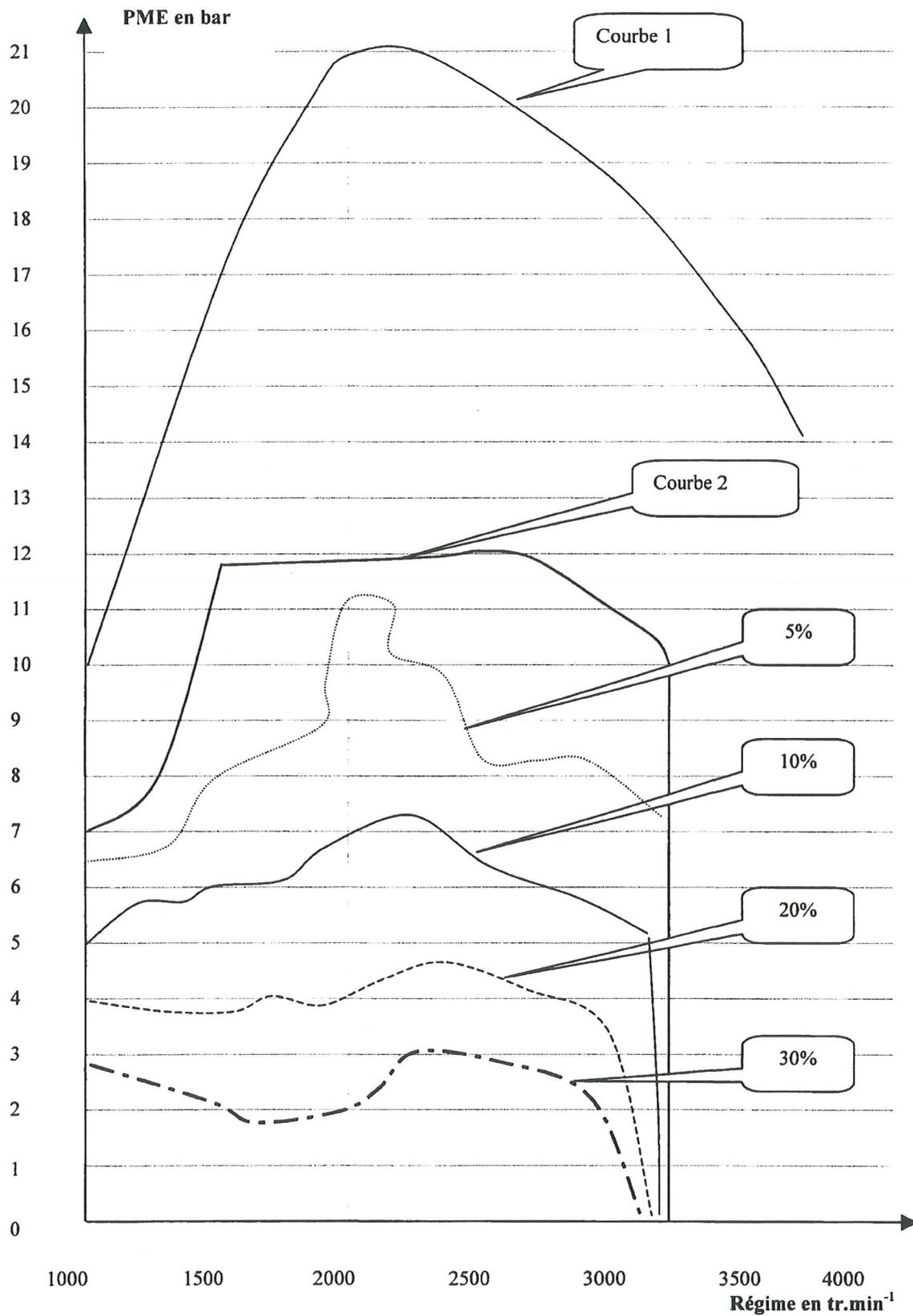
Titre de l'essai:		<b>Balayage EGR à 2000 tr/min Pme 2 bar.</b>					
Type moteur : DIESEL	Cylindrée (cm3): 1896	Nombre de cylindres: 4					
Alésage (mm): 79.5	Course (mm): 95.5	Rapport volumétrique: 19					
Carburant: 109D			Comburant				
H sur C: 1.85			Pression atmo (mbar): 1012				
O sur C: 0.00			T° air hygrométrie (°C): 22.91				
Masse vol. carb: 835 g/dm <sup>3</sup>			Hygrométrie (%): 36.81				
PCI: 43142 J.g <sup>-1</sup>			Norme utilisée: ISO 1585				
Pouvoir comburivore: 14.56							
N° du point		1	2	3	4	5	6
<b>REGLAGES</b>							
<b>Régime</b>	<b>tr/min</b>	1997	1999	1992	1997	1995	1994
<b>PME</b>	<b>bar</b>	2,011	2,024	2,043	2,052	2,049	1,99
<b>Couple</b>	<b>N.m</b>	30,34	30,54	30,83	30,96	30,92	30,02
<b>P.brute</b>	<b>kW</b>	6,345	6,393	6,431	6,475	6,46	6,269
<b>CSE</b>	<b>g/kW.h</b>	363,1	341,2	342,6	334,7	334,4	363
<b>PMI</b>	<b>bar</b>	3,15	2,95	2,82	2,79	3,03	2,95
<b>PMI BP (boucle négative)</b>	<b>bar</b>	0,713	0,548	0,363	0,294	0,217	0,219
<b>CARBURANT / AIR</b>							
<b>Masse consommée</b>	<b>g</b>	32	30,3	30,6	30,1	30	31,6
<b>Temps de consommation</b>	<b>s</b>	50	50	50	50	50	50
<b>Q.mass. par coup</b>	<b>mg/coup</b>	9,614	9,095	9,217	9,044	9,023	9,749
<b>Q.d'air richesse</b>	<b>g/s</b>	45,45	35,8	25,98	18,16	12,81	11,32
<b>Air sur Fuel</b>		71,02	59,08	42,46	30,16	21,35	17,46
<b>Rempl. Air standard</b>		1,232	0,97	0,706	0,492	0,348	0,307
<b>CIRCUIT ADMISSION / ECHAPPEMENT</b>							
<b>T amont compresseur</b>	<b>°C</b>	22	22	22	22	22	22
<b>T aval compresseur</b>	<b>°C</b>	61	54	43	36	33	32
<b>T aval échangeur</b>	<b>°C</b>	54	48	38	33	30	30
<b>T Plenum</b>	<b>°C</b>	50,3	60,1	85,7	124,3	177,9	209,7
<b>T amont turbine</b>	<b>°C</b>	241	249	275	311	371	414
<b>T aval turbine</b>	<b>°C</b>	170	186	212	242	279	303
<b>Pression admission</b>	<b>mbar</b>	-2,452	-1,57	-0,981	-0,589	-0,294	-0,196
<b>P amont compresseur</b>	<b>mbar</b>	-9	-8	-7	-6	-6	-5
<b>P aval compresseur</b>	<b>mbar</b>	463	361	219	129	84	66
<b>P aval échangeur</b>	<b>mbar</b>	452	352	214	123	80	63
<b>P amont turbine</b>	<b>mbar</b>	975	760	465	308	232	198
<b>P aval turbine</b>	<b>mbar</b>	6	0	-7	-11	-14	-11
<b>POLLUANTS</b>							
<b>Richesse</b>		0,205	0,246	0,343	0,483	0,682	0,822
<b>HC</b>	<b>ppm</b>	32,18	39,78	63,58	134	230,1	1055
<b>NOX</b>	<b>ppm</b>	178,4	159,1	126,7	81,08	49,45	36,79
<b>CO</b>	<b>ppm</b>	153,7	186,8	281	461,6	1320	5353
<b>O2</b>	<b>%</b>	16,71	15,89	13,96	11,12	7,01	4,13
<b>CO2</b>	<b>%</b>	3,17	3,75	5,14	7,22	10,22	11,98
<b>CO2 plénum</b>	<b>%</b>	0,06	0,42	1,06	2,22	4,16	5,36
<b>Fumée</b>	<b>fsn</b>	0,43	0,6	0,67	1,3	2,59	1,9
<b>EGR</b>							
<b>T_EGR</b>	<b>°C</b>	17,6	162,8	204,7	246,6	305,6	340,1
<b>Q.EGR</b>	<b>g/s</b>	0,146	3,978	6,432	7,879	8,689	9,077
<b>Taux d'EGR</b>	<b>%</b>	0	10	19,84	30,26	40	45

## Document 2



**Document 3**

**ISO taux d'EGR en %**



## Document 4

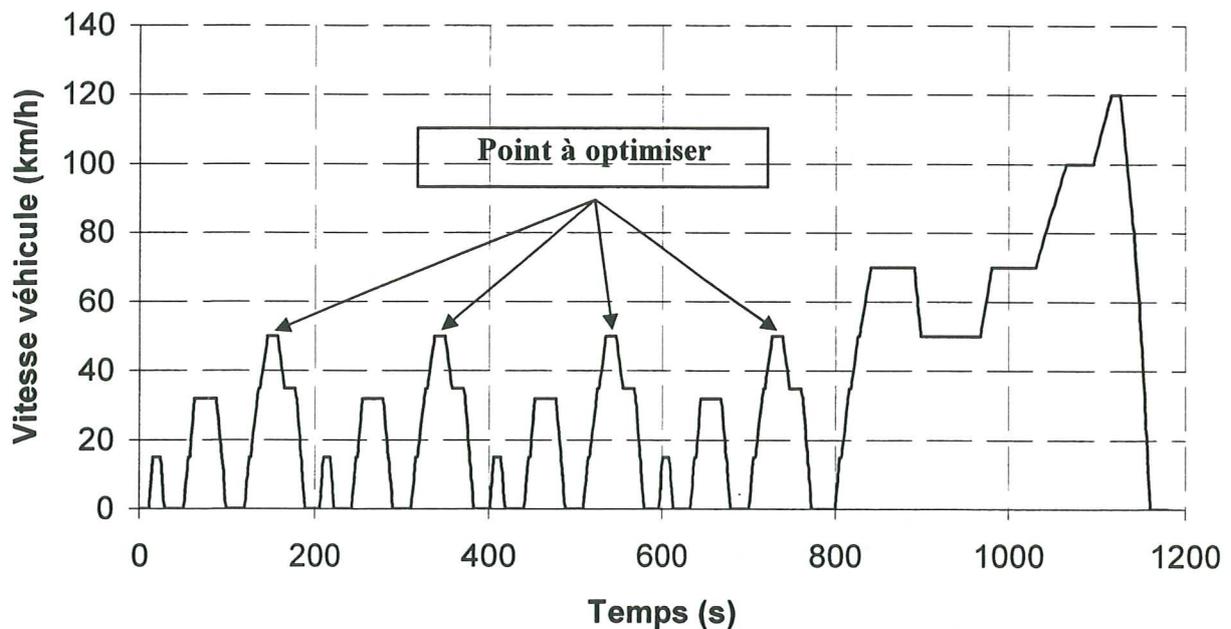
### Caractéristiques du véhicule

- Moteur diesel
- 4 temps
- 4 cylindres à injection directe
- Cylindrée :  $1896 \text{ cm}^3$
  
- Masse en ordre de marche : 1880 kg
- S.Cx : 0,75
- Résistance au roulement :  $r = 166,8 \text{ N}$  par tonne
  
- Vitesse en  $\text{km.h}^{-1}$  pour  $N = 1000 \text{tr.min}^{-1}$  sur le rapport de 3<sup>ème</sup> :  $25 \text{ km.h}^{-1}$
- Rendement de transmission = 0,858
  
- Masse volumique de l'air dans les conditions d'essai :  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$

### Masse volumique des polluants ramenée aux conditions de référence

Masse volumique moyenne des gaz d'échappement :	$\varphi_{\text{éch}} = 1,32 \text{ g.dm}^{-3}$
Masse volumique du CO :	$\varphi_{\text{CO}} = 1,249 \text{ g.dm}^{-3}$
Masse volumique des HC :	$\varphi_{\text{HC}} = 0,618 \text{ g.dm}^{-3}$
Masse volumique des NOx :	$\varphi_{\text{NOx}} = 2,052 \text{ g.dm}^{-3}$

### **Cycle MVEG**



## Document réponse 1

N°anonymat :

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)		
PMI Basse Pression (bar)		
Cse (g.kW <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )		-8

Tableau 2			
	Relation	Valeur à 0% d'E.G.R	Valeur à 40% d'E.G.R
$\eta$ effectif (%)			
PMI Haute Pression (bar)			
PMF (bar)			
$\eta$ mécanique (%)			
$\eta$ indiqué (%)			

Document réponse 2

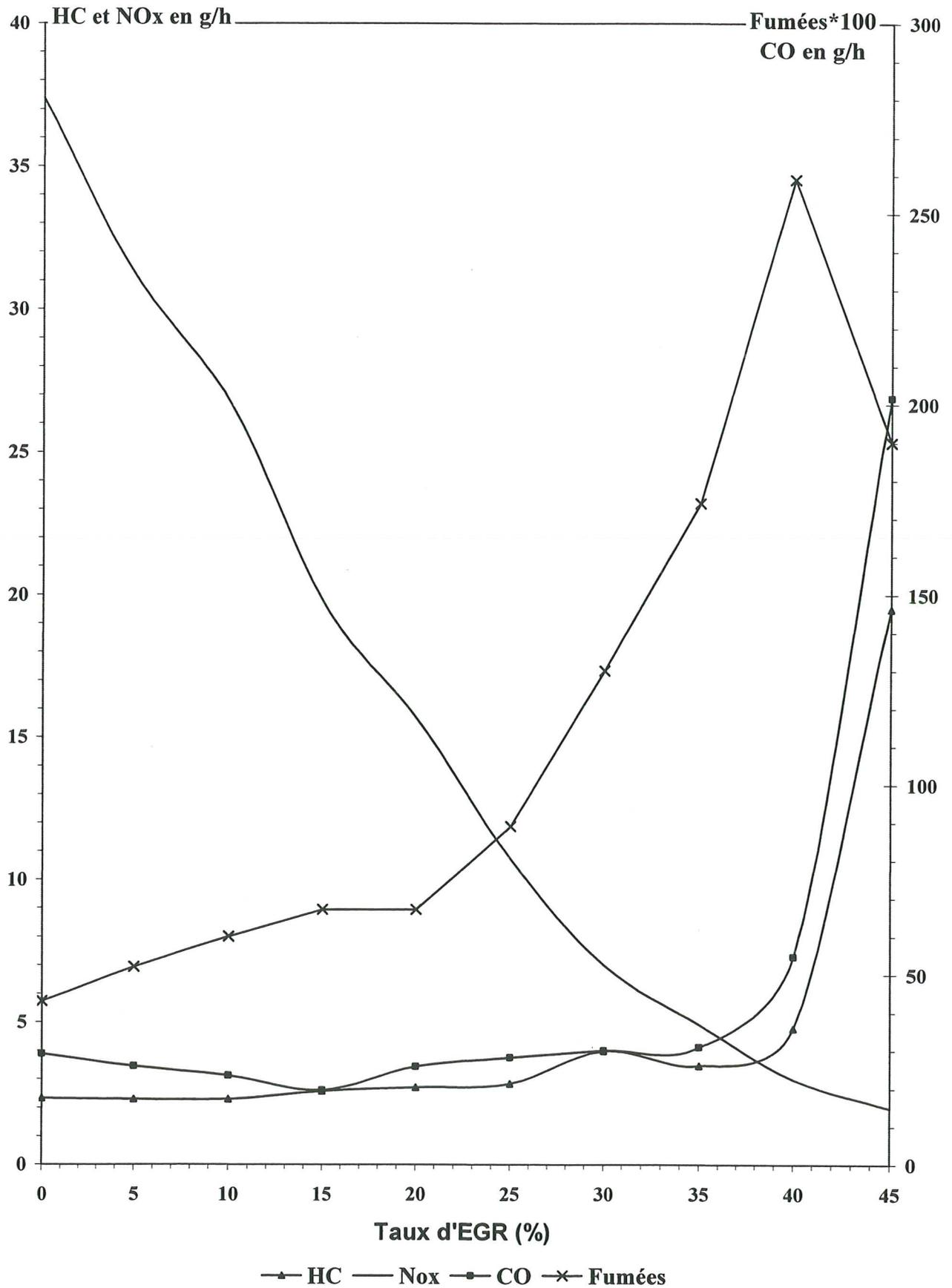
N°anonymat :

<b>Tableau 3</b>			
	<b>Définition</b>	<b>Valeur à 0% d'E.G.R</b>	<b>Valeur à 40% d'E.G.R</b>
<b>Délai d'auto-inflammation en degré</b>			
<b>Temps de combustion en degré à partir des CA</b>			
<b>CA 50</b>			
<b>Pression maximum</b>			

**NB : Ne pas remplir la case grisée**

### Document réponse 3

N°anonymat :



## Document réponse 4

N°anonymat :

Cs en g/kW.h

