



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2006

ÉTUDE DES MOTEURS
U51 EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS

Durée 3 h - Coefficient 3

CORRIGÉ

CODE ÉPREUVE : 0606MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2006	CORRIGÉ	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS U51		
Durée : 3 h	Coefficient : 3		Code sujet : 172NB05	11 pages

U51 - ANALYSE D'ESSAIS SUJET 174NB05

ÉLÉMENTS DE CORRIGÉ

Q1-1 : voir DR4

Q1-2 :

$$\triangleright M_{\text{azote}} = M_{\text{air}} \cdot \frac{3,78 \cdot 28}{32 + 3,78 \cdot 28} = 0,768 \cdot M_{\text{air}}$$

$$M_{\text{carbone}} = M_{\text{carburant}} \cdot \frac{12}{12 + 1,826} = 0,868 \cdot M_{\text{carburant}}$$

$$\left[\frac{M_{\text{carbone}}}{M_{\text{azote}}} \right]_{\text{stoechi}} = \frac{0,868 \cdot M_{\text{carburant}}}{0,768 \cdot M_{\text{air}}} = \frac{0,868}{0,768 \cdot P_{\text{CO}}} = \underline{\underline{0,0779}}$$

→ valeur à l'échappement

$$\frac{M_{\text{carbone}}}{M_{\text{azote}}} = \frac{(0,4381 + 0,3229 + 6,65) \cdot 12}{[100 - (0,4381 + 0,3229 + 0,0396 + 6,65 + 11,24)] \cdot 28} = \underline{\underline{0,0391}}$$

→ la richesse calculée par la méthode proposée vaut

$$\boxed{\phi = \frac{0,0391}{0,0779} = 0,502}$$

Q1-3 :

Richesse par les débits :

$$\text{dosage} = \frac{2,74}{71,8} = 0,0381$$

$$\text{dosage stoechi} = \frac{1}{P_{\text{CO}}}$$

$$\boxed{\phi = 0,0381 \cdot 14,53 = 0,553}$$

Tableau de Synthèse :

%CO₂ mesuré = 6,65
%CO mesuré = 0,3229
%O₂ mesuré = 11,24
%CH₄ mesuré = 0,4381
%N₂ calculé = 81,35

Conditions d'essai (N, P_{me}) : [2000, 3]

richesse moyenne 4 sondes : 0,439
sonde ligne d'échappement : 0,465
calcul par les émissions : 0,502
calcul par les débits : 0,553

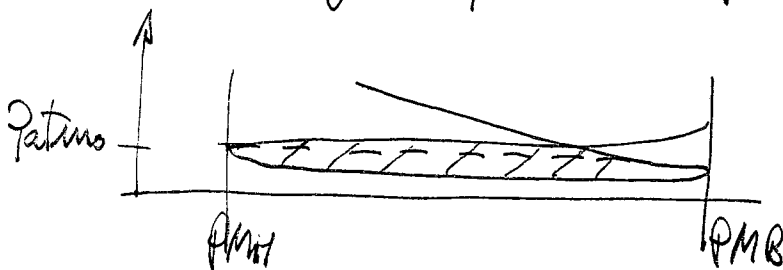
- ▷ les valeurs des sondes sont en net décalage par rapport aux 2 valeurs calculées, il conviendrait de vérifier leur étalonnage sur ces valeurs très faibles de richesse.
- ▷ le CO₂ présent dans l'air augmente le rapport $\frac{\text{carbone}}{\text{azote}}$ calculé à l'échappement ce qui augmente la richesse calculée \Rightarrow le calcul par les émissions pourrait alors se rapprocher de la valeur des sondes (si nous le corrigions) et c'est alors la balance de masse qui serait à vérifier ?

Le taux d'EGR ne modifie pas les résultats

- ▷ Résultats acceptables, la valeur des sondes sera prise en référence (elle s'appuie sur un total de 5 sondes)

Q2-1 : Sur DR 2

La P_{mi BP} est définie par la surface de la sonde sans premier



Cette sonde est due en majeure partie à la P < P_{atmo} et elle croît si P_{atm} ↓

▷ à haut régime le débit augmente pour une même P_{tub} . La perte de charge des conduits et de la soupape devient importante et augmente la P_{miBP} .

Q2-3 : sur DR 3 $\Rightarrow \Delta P_{tub} \approx 0,36$

Q2-4 : le $\Delta P_{miBP} = 0,3 \cdot (-1,04) = \underline{\underline{-0,316}}$
pour la suite $\Delta P_{miBP} = -0,46$

Q3-1 : $\eta_{eff. strat} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{C_{se} \cdot P_{ci}} = 0,27$

Q3-2 : $P_{miBP strat.} = 3,78 - 3,67 = 0,116$

la P_{miBP} chute de 0,46 en passant de l'homogène au stratifié

$\Rightarrow P_{miBP homo} = 0,516$

$P_{miHP homo} = 0,51 + \textcircled{P_{mi}}$ constante car P_{me} et P_{mf} n'évoluent pas.
 $= 0,51 + 3,67 = 4,186$

la même carb/cycle augmente de $\frac{4,18}{3,78}$ donc la débit carburant et la C_{se} dans la même proportion

$\Rightarrow C_{se homo} = 298 \cdot \frac{4,18}{3,78} = 329,5 \text{ g/kW.h.}$

ce qui permet de calculer

$\eta_{eff. homo} = 0,251$

le gain de rendement est donc de $\frac{0,27 - 0,251}{0,251} = 0,076$

soit 7,6% grâce à la stratification.

Q3-3 : Le gain de rendement se produit à faible P_{me} .
donc pour l'utilisateur les gains de consommation
seront particulièrement intéressants en circulation
urbaine.

Q4-1 :

▷ la plus faible consommation à 90 km/h sera réalisée
à 2000 tr/min.

▷ sur ce point :

$$\left. \begin{array}{l} C_{se} = 241 \text{ g/kW.h} \\ P_{eff} = 13,7 \text{ kW} \end{array} \right\} \text{cons} = 3,30 \text{ kg/h}$$

$$\text{soit } 4,58 \text{ l/h}$$

$$\text{soit } \underline{5,1 \text{ l/100 à 90 km/h}}$$

Cette conso sera atteinte avec une transmission
de démultiplication 45 km/h. 2000 tr/min

Q4-2 :

$$\text{Carbone total } X = 9,233\%$$

$$M_{\text{mol carburant sp}} = 18,68 \text{ mol/kW.h}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \rightarrow M_{\text{mol poll. sp}} = \% \text{polluant} \cdot 2,001$$

↳ résultats sur DR5

Q4-3 :

$$\text{émission g/km} = \text{émission spécifique} \cdot \frac{13,7}{90}$$

↳ résultats sur DR5

ISOREGIME 1500 tr/mn

couple effectif	N.m	15,6	44,3	74	87,7	103	116,4	126,4				
PME	bar	1,07	3,03	5,07	6,01	7,06	7,97	8,66				
Cse	g/Kw.h	497	267	285	281	286	281	419				
PMI	bar	1,53	3,62	5,45	6,42	7,4	8,49	9,28				
PMI de la boucle HP	bar	1,97	3,71	5,79	6,65	7,55	8,57	9,34				
Phasage de la fin d'injection	°V	-52	-59	-318	-313	-286	-266	-257				
Débit d'air admis	Kg/h	39,5	57,2	45,6	52,6	62,3	71,6	72,2				
CO ₂ présent dans l'air	%	1,33	0,54	0,94	0,64	0,06	0,06	0,07				
Pression d'air amont soupape	bar	0,716	0,948	0,755	0,827	0,897	0,991	1,019				
taux d'EGR	%	23,6	8,2	6,3	4,2	0	0	0				
débit massique de carburant	Kg/h	1,22	1,86	3,32	3,87	4,66	5,17	8,36				
HC	ppm	7115	1632	2562	2400	2140	1682	9998				
CO	ppm	2313	2622	6399	6509	7633	8017	79881				
NOx	ppm	122	618	881	1211	2357	2073	59				
CO ₂	%	5,49	6,13	14,32	14,31	14,25	14,19	7,14				
O ₂	%	12,53	11,75	0,35	0,27	0,69	0,55	0,02				
richesse moyenne 4 sondes		0,383	0,401	1,006	1,011	0,999	1,002	1,379				
richesse sonde dans la ligne d'éch.		0,383	0,417	1,01	1,011	1,007	1,009	1,385				

ISOREGIME 2000 tr/mn

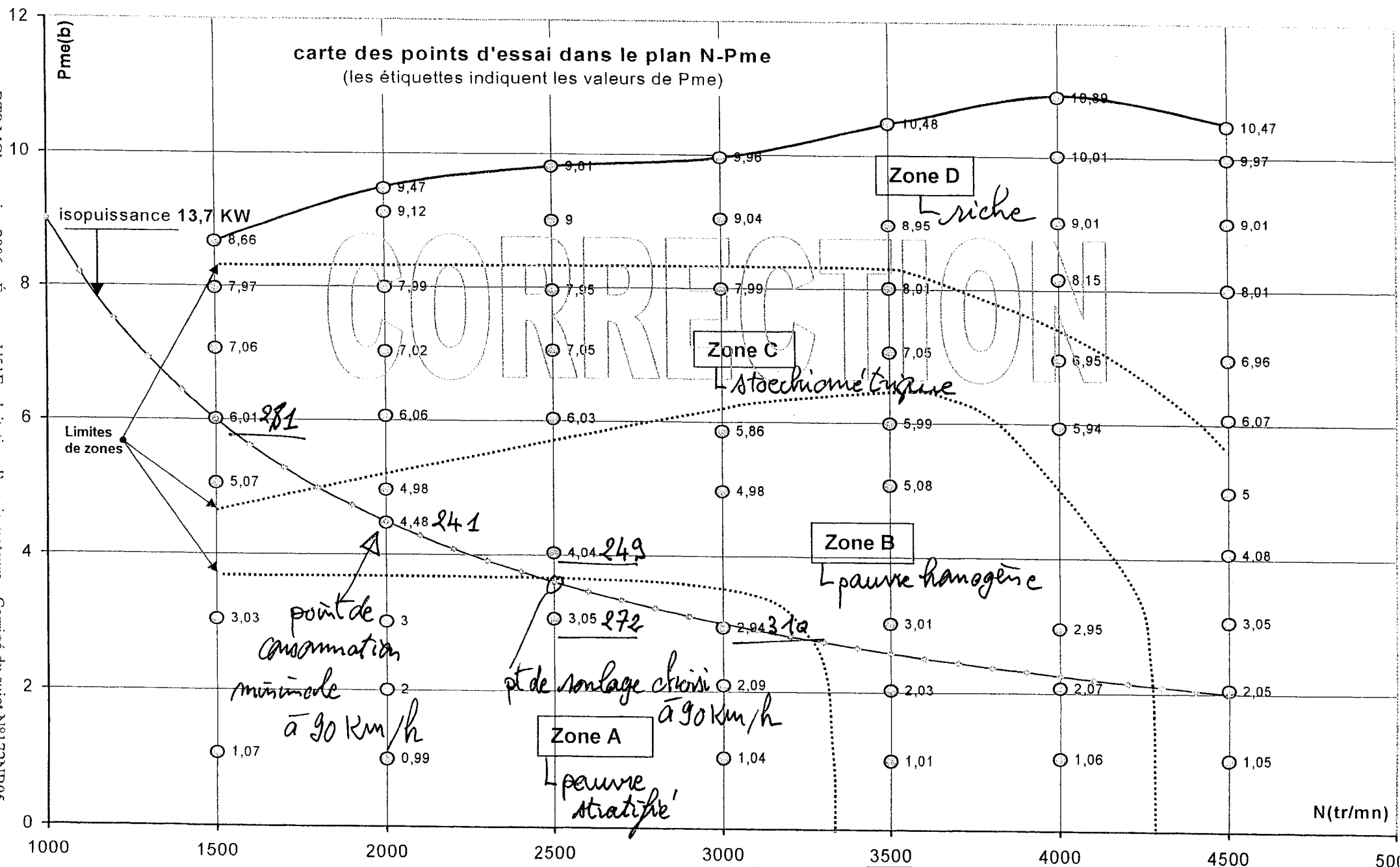
couple effectif	N.m	14,4	29,2	43,8	65,3	72,2	84,4	102,4	116,5	133,1	138,3	
PME	bar	0,99	2	3	4,48	4,98	6,06	7,02	7,99	9,12	9,47	
Cse	g/Kw.h	473	291	298	241	268	261	248	258	274	290	
PMI	bar	1,72	2,68	3,67	5,04	5,46	6,59	7,56	8,29	8,96	8,99	
PMI de la boucle HP	bar	2,12	2,89	3,78	5,33	5,69	6,81	7,69	8,36	9,02	9,02	
Phasage de la fin d'injection	°V	-63	-62	-62	-307	-301	-318	-302	-285	-279	-278	
Débit d'air admis	Kg/h	48,3	61,6	71,8	68,6	75,2	65,6	76,4	87,5	97,7	98,7	
CO ₂ présent dans l'air	%	0,96	0,72	0,53	0,04	0,04	1,06	0,43	0,07	0,07	0,07	
Pression d'air amont soupape	bar	0,681	0,828	0,903	0,76	0,813	0,796	0,858	0,927	1,001	1,014	
taux d'EGR	%	17	11,4	7,4	0	0	7,1	2,8	0	0	0	
débit massique de carburant	Kg/h	1,43	1,78	2,74	3,3	4,08	4,84	5,34	6,31	7,66	8,41	
HC	ppm	7471	5616	4381	3108	2968	2761	2694	2267	2774	3192	
CO	ppm	2145	2567	3229	894	902	6672	6992	7121	27055	45779	
NOx	ppm	186	264	396	1009	811	1288	2102	2388	1350	715	
CO ₂	%	5,44	5,98	6,65	9,84	9,84	14,36	14,25	14,16	13,14	12	
O ₂	%	12,86	12,2	11,24	7,08	7,1	0,5	0,49	0,45	0,03	0	
richesse moyenne 4 sondes		0,374	0,396	0,439	0,664	0,661	1,008	1,001	0,999	1,069	1,131	
richesse sonde dans la ligne d'éch.		0,381	0,414	0,465	0,672	0,669	1,011	1,007	1,008	1,073	1,134	

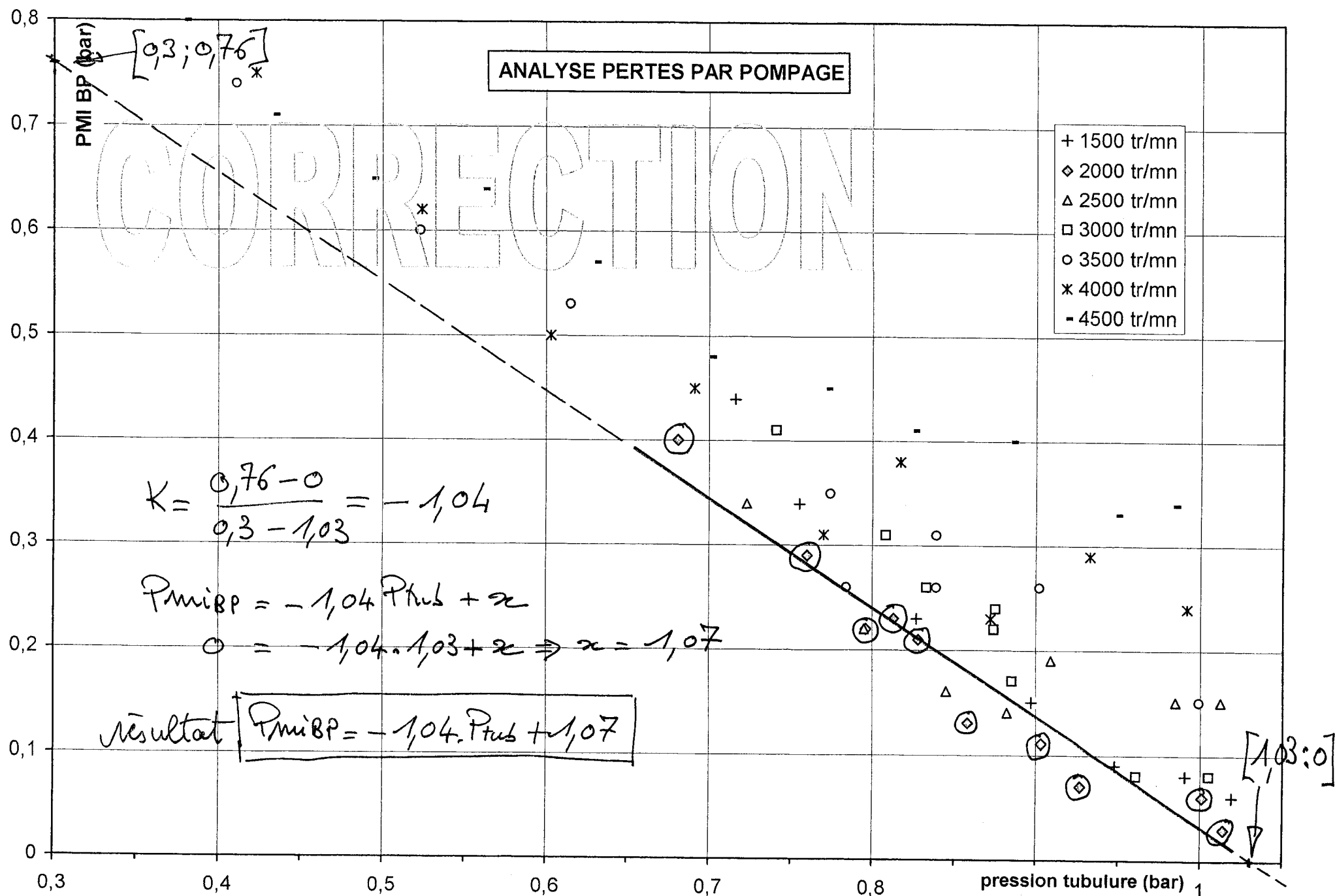
ISOREGIME 2500 tr/mn

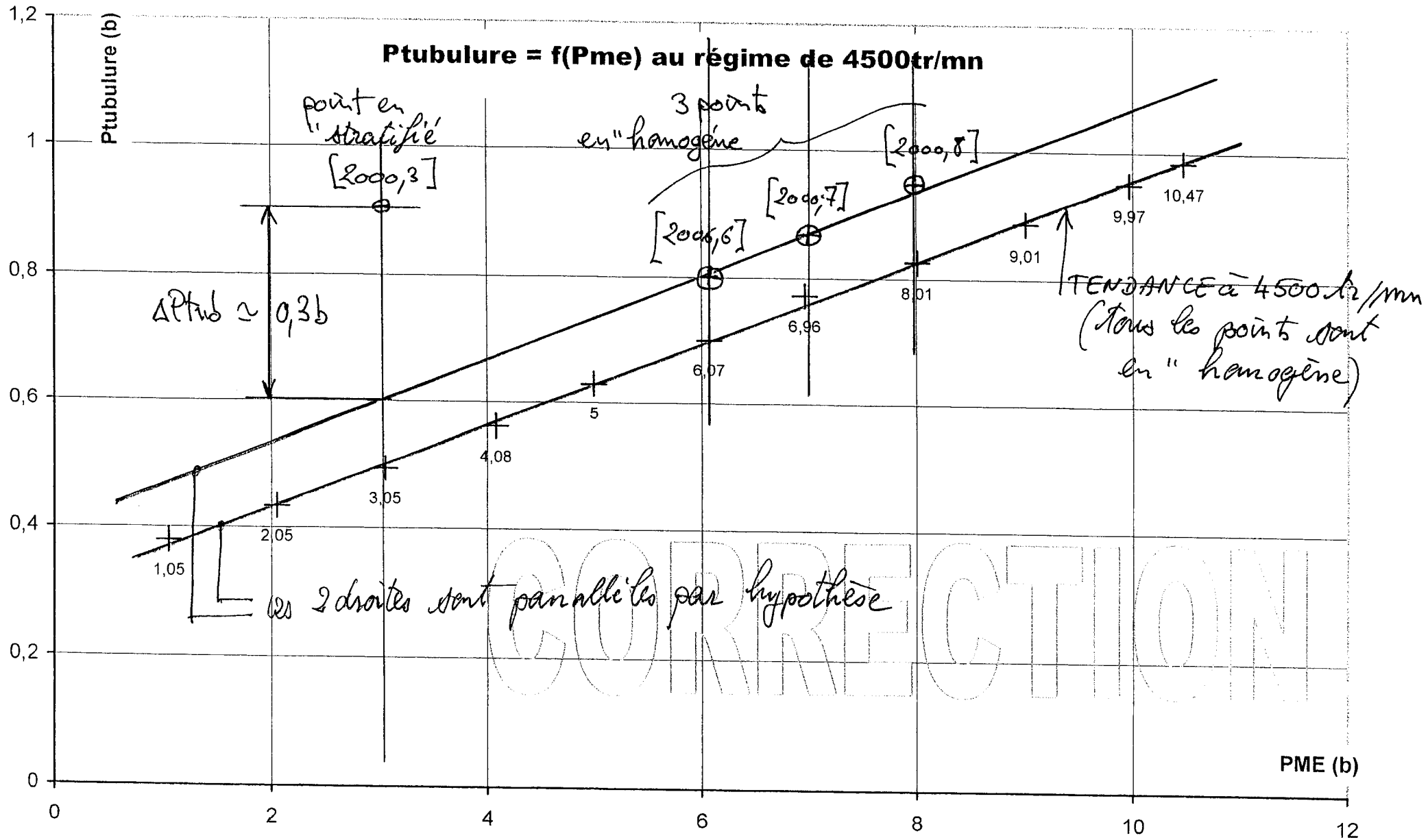
couple effectif	N.m	44,5	58,9	88,1	102,9	116	131,4	143,2				
PME	bar	3,05	4,04	6,03	7,05	7,95	9	9,81				
Cse	g/Kw.h	272	249	253	242	251	264	286				
PMI	bar	3,81	4,78	6,65	7,73	7,95	9,06	9,06				
PMI de la boucle HP	bar	3,95	5,12	6,87	7,89	8,14	9,21	9,21				
Phasage de la fin d'injection	°V	-70	-311	-318	-302	-283	-273	-273				
Débit d'air admis	Kg/h	88,3	81,7	84,5	96,5	109,2	122	127,3				
CO ₂ présent dans l'air	%	0,64	0,07	0,91	0,37	0,07	0,06	0,06				
Pression d'air amont soupape	bar	0,882	0,723	0,795	0,845	0,909	0,985	1,012				
taux d'EGR	%	8,4	0	6,2	2,3	0	0	0				
débit massique de carburant	Kg/h	3,17	3,84	5,85	6,52	7,65	9,12	10,76				
HC	ppm	4273	2944	2716	2228	1853	2354	3217				
CO	ppm	3779	1000	6677	7189	7512	15703	45230				
NOx	ppm	478	945	1410	2024	2235	1769	749				
CO ₂	%	7,11	9,83	14,17	17,11	14,1	13,75	11,97				
O ₂	%	10,2	6,8	0,47	0,5	0,48	0,21	0,04				
richesse moyenne 4 sondes		0,473	0,667	1,003	1,007	1,003	1,035	1,131				
richesse sonde dans la ligne d'éch.		0,508	0,673	1,008	1,01	1,009	1,04	1,132				

ISOREGIME 3000 tr/mn

couple effectif	N.m	15,1	30,5	42,9	72,7	85,5	116,6	131,9	145,3			
PME	bar	1,04	2,09	2,94	4,98	5,86	7,99	9,04	9,96			
Cse	g/Kw.h	606	345	310	258	240	247	256	271			
PMI	bar	1,97	3	3,74	5,81	6,6	8,62	8,97	8,97			
PMI de la boucle HP	bar	2,38	3,31	3,96	6,07	6,84	8,79	9,05	9,05			
Phasage de la fin d'injection	°V	-72	-72	-73	-297	-297	-286	-272	-272			
Débit d'air admis	Kg/h	100,4	107,5	121,5	123,8	131,5	130	145,3	155,2			
CO ₂ présent dans l'air	%	0,29	0,33	0,31	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05			
Pression d'air amont soupape	bar	0,741	0,874	0,833	0,833	0,875	0,885	0,961	1,005			
taux d'EGR	%	5,4	5,2	4,4	0	0	0	0	0			
débit massique de carburant	Kg/h	2,88	3,3	4,18	5,89	6,44	9,05	10,62	12,38			
HC	ppm	9971	5969	5043	3426	2391	2011	2326	3049			
CO	ppm	2133	2424	2797	1215	1253	7285	1524	3887			
NOx	ppm	185	347	539	243	2543	1869	963				
CO ₂	%	4,58	5,64	6,14	9,24	9,82	14,01	13,69	12,3			
O ₂	%	13,81	12,33	11,57	7,51	6,7	0,51	0,2	0,04			
richesse moyenne 4 sondes		0,33	0,342	0,364	0,626	0,663	1,001	1,037	1,113			
richesse sonde dans la ligne d'éch.		0,32	0,387	0,422	0,636	0,672	1,008	1,04	1,114			







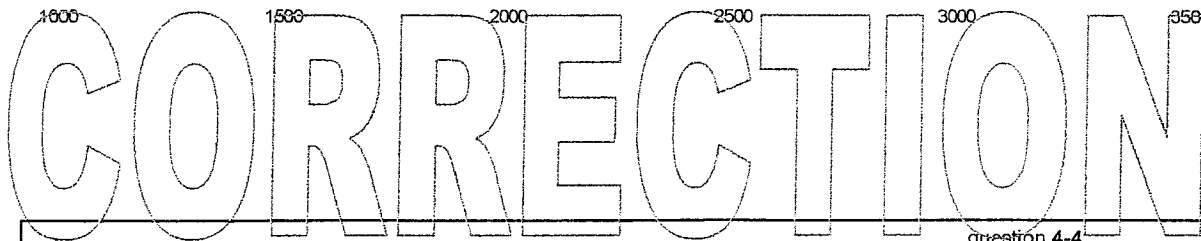
Réf zone	Valeurs de richesse caractéristiques	Valeurs de phasage injection	Commande de l'EGR	Teneurs en O ₂	Teneurs en CO ₂	Conclusion sur le type de mélange
A	de l'ordre de 0,35	injection très tardive : fin à 72° avant PMH	faible : taux EGR $\approx 5\%$	11 à 14%	4 à 6%	mélange pauvre stratifié
B	$\approx 0,65$	↑ injection anticipée	↑ EGR nul.	$\approx 7\%$	9 à 10%	mélange pauvre homogène
C	= 1 (Stoechi.)	durant la course d'admission		$\approx 0,5\%$	↑ 12 à 14%	mélange stoechiométrique
D	riche jusqu'à 1,1	↓	↓	$\approx 0\%$	↓	mélange riche

Commentaires sur les paramètres de la zone de charge stratifiée :

- ▷ l'injection se fait le plus tard possible, juste avant l'allumage, pour éviter la dispersion du carburant dans la charge d'air. La richesse près de la bougie permet alors l'inflammation.
- ▷ le mélange est extrêmement pauvre ce qui explique la forte teneur en O₂ et la faible valeur de CO₂ à l'échappement.
- ▷ le faible taux d'EGR permet probablement de réduire les émissions de NO_x qui se produisent en mélange pauvre.

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

DR4


$$\bar{a}4b$$

$$\bar{a}3b$$
$$\text{Valeur interpolée} = \text{Valeur inférieure} + 0,6(\text{Valeur sup} - \text{Valeur inf.})$$

$$\bar{a}_{3,6} = \bar{a}_{3b} + 0,6(\bar{a}_{4b} - \bar{a}_{3b})$$
DR5

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.