

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

SESSION 2004

ETUDE DES MOTEURS

U51 Exploitation d'essais moteurs

Durée: 3 h - Coefficient : 3

*AUCUN DOCUMENT AUTRE QUE LE SUJET N'EST AUTORISE.
L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISE.*

Documents à rendre avec la copie : DR1, page : 11/11

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 11 pages, numérotées de 1 à 11.

CODE EPREUVE : MOE5EEM		EXAMEN : BTS	SPECIALITE : MOTEUR A COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2004	SUJET	EPREUVE : ETUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS – U51		Calculatrice autorisée : oui
Durée : 3h		Coefficient : 3	N° sujet : 35NB04	Page : 1 / 1

PRESENTATION

Il est conseillé de lire attentivement et complètement le sujet avant de commencer à répondre

Temps conseillé pour chacune des parties :

Lecture du sujet :	15 min
1 ^{ère} partie :	1 h 15
2 ^{ème} partie :	1 h 20
3 ^{ème} partie :	10 min

Le dossier est composé de 11 pages :

Présentation :	Page 1
Etude du texte du sujet :	Page 2 à 7
Document 1 :	Page 8
Document 2 :	Page 9
Document 3 :	Page 10
Document réponse 1 :	Page 11

La clarté des réponses, la présentation et la précision des argumentations seront prises en compte dans la notation.

Support et objectif de l'étude

Support de l'étude.

L'étude porte sur la modification du système d'admission d'un moteur diesel atmosphérique.

Objectif de l'étude :

En vue d'augmenter le couple moteur sur une plus grande plage d'utilisation, une série d'essais sera réalisée afin de mesurer le remplissage et les pressions cylindre, pour 4 configurations du système d'admission. Dans la configuration n° 1, le moteur est équipé d'un **système d'admission de série**.

L'intérêt de l'étude est de réaliser le dépouillement et l'analyse des résultats, afin de rédiger une note de synthèse au demandeur des essais.

L'étude se décompose en 3 parties

- 1^{ère} partie : Analyse de la méthode de mesure du remplissage.
- 2^{ème} partie : Dépouillement et analyse des résultats.
- 3^{ème} partie : synthèse et conclusions sur les essais.

Ces 3 parties sont indépendantes

1^{ère} PARTIE : ANALYSE DE LA MÉTHODE DE MESURE DU REMPLISSAGE.

Dans le cadre de ces essais, le remplissage est déterminé à l'aide d'une analyse de gaz et de la mesure de consommation de carburant.

Données :

♦ Carburant :

- Masse molaire du gazole : $215 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$
- Masses molaires atomiques :
 - Carbone C = $12 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$
 - Hydrogène H = $1 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$
 - Azote N = $14 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$
 - Oxygène O = $16 \text{ g} \cdot \text{Mol}^{-1}$
- Teneur en carbone : 85,3 % de la masse
- Teneur en hydrogène : 14 % de la masse
- Teneur en oxygène : 1,2 % de la masse
- Pouvoir calorifique inférieur : $P_{ci} = 42,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Pouvoir comburivore : $P_{co} = 14,55$

♦ Air :

- Composition de l'air : $\text{O}_2 + 3,78 \text{ N}_2$
- Constante des gaz parfaits pour l'air $r = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Coefficient adiabatique pour le mélange : $\gamma = 1,3$
- Conditions standards
 - $P_{std} = 1 \text{ bar}$
 - $T_{std} = 25 \text{ °C}$

♦ Moteur :

- Cylindrée du moteur : $Cyl = 2497 \text{ cm}^3$
- Nombre de cylindres : $nb \text{ cyl} = 4$
- Rapport volumétrique : $\epsilon = 21,5$

▪ Travail demandé

1.1) Détermination du remplissage

Sous forme littéraire :

- 1.1.1) Donner la définition du remplissage d'air standard (Ras).
- 1.1.2) Donner la définition de la richesse (Φ) et l'excès d'air lambda (λ).
- 1.1.3) Exprimer le débit massique d'air moteur (Q_{ma}) en fonction du débit massique de carburant (Q_{mc}), de l'excès d'air lambda (λ) et du P_{co} .
- 1.1.4) Dédurre le remplissage d'air standard (Ras) à l'aide de la question 1.1.3.

Les unités suivantes pourront être utilisées :

- Débit en $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$
- Pression en bar
- Régime en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$
- Volume en cm^3
- Température en $^{\circ}\text{C}$

- 1.1.5) Application numérique : En utilisant le document 1 (page 8), calculer le remplissage d'air standard (Ras) pour la configuration 1 et un régime de 4200 tr.min⁻¹

1.2) Détermination de lambda (λ)

Le remplissage ne peut être calculé que si l'excès d'air lambda (λ) est connu. Pour cela une analyse de gaz est nécessaire.

- 1.2.1) Déterminer la formule chimique de ce gazole de type $C_x H_y O_z$ en calculant x, y et z.

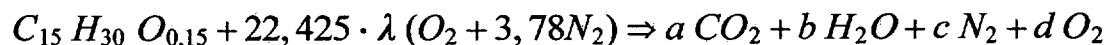
Pour la suite du problème, prendre $C_{15} H_{30} O_{0,15}$ comme composition chimique de ce gazole.

- 1.2.2) Ecrire et équilibrer l'équation de combustion pour une combustion stoechiométrique.

- 1.2.3) Déduire le pouvoir comburivore (Pco) de ce gazole ($C_{15} H_{30} O_{0,15}$).

- 1.2.4) Sachant que le Pco d'un gazole de type $C_{15} H_{30}$ est de 14,77, quelle est l'influence de l'oxygénation du carburant sur le Pco?

- 1.2.5) L'équation de combustion théorique en mélange pauvre peut s'écrire sous la forme :



Equilibrer cette équation en calculant les coefficients a, b, c et d

- 1.2.6) La mesure des gaz se faisant en base sèche, exprimer la concentration volumique de CO_2

2^{ème} PARTIE : DEPOUILLEMENT ET ANALYSE DES RESULTATS

Données : Essais pleine charge

♦ **Carburant :**

- Pouvoir calorifique inférieur : $P_{ci} = 42,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$
- Pouvoir comburivore : $P_{co} = 14,55$

♦ **Air :**

- Composition de l'air : $O_2 + 3,78 N_2$
- Constante des gaz parfaits pour l'air $R = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Coefficient adiabatique pour le mélange : $\gamma = 1,3$

♦ **Moteur :**

- Cylindrée du moteur : $Cyl = 2497 \text{ cm}^3$
- Nombre de cylindres : $nb \text{ cyl} = 4$
- Rapport volumétrique : $\varepsilon = 21,5$

▪ **Travail demandé**

Rappel de l'objectif de l'étude :

En vue d'augmenter le couple moteur, une série d'essais sera réalisée afin de mesurer le remplissage et les pressions cylindre, pour 4 configurations du système d'admission. Dans la configuration n° 1, le moteur est équipé d'un **système d'admission de série**.

2.1) Etude du couple moteur :

A partir des courbes de couple du document réponse 1 (page10) et en prenant comme référence la configuration 1 (montage de série), commenter en 4 lignes maxi les résultats de ces essais compte tenu de l'objectif de l'étude.

2.2) Etude de la chaîne de transformation d'énergie.

Pour permettre la justification des résultats obtenus, on doit vérifier toute la chaîne de transformation d'énergie.

2.2.1) Exprimer la relation entre le rendement effectif et les différents rendements de la chaîne de transformation d'énergie.

2.2.2) Citer pour chacun de ces rendements un facteur influent.

2.2.3) Exprimer le rendement organique (ou mécanique) en fonction des pressions moyennes.

- 2.2.4) En utilisant les données du tableau du document 1 (page 8), compléter le tableau du document réponse 1 (page 10) pour les 4 configurations au régime de 4200 tr.min⁻¹. Préciser les relations utilisées.
- 2.2.5) En s'appuyant sur les résultats de la question 2.2.4, identifier en fonction des différentes configurations le rendement qui affecte le plus les performances du moteur (3 lignes maxi).
- 2.2.6) Exprimer sous forme d'une relation littérale, le couple effectif (C_{eff} en Nm) en fonction du débit massique de carburant (Q_{mc} en kg.h⁻¹), du régime moteur (N_m en tr.min⁻¹), du pouvoir calorifique inférieur (P_{ci} en kJ.kg⁻¹), du rendement de forme (η_{forme}) et des autres rendements ($\eta_{\text{----}}$).
- 2.2.7) En considérant que le débit de carburant à 4200 tr.min⁻¹ est constant, montrer en fonction des différentes configurations que le couple effectif peut s'écrire :
 $C_{\text{eff}} = K \cdot \eta_{\text{forme}}$ (avec $K = \text{constante}$).

2.3) Analyse de la perte de couple

- 2.3.1) Pour un régime de 4200 tr.min⁻¹ :
- En considérant que le travail théorique (W_{th}) est constant, montrer que le rendement de forme ne dépend que de la P_{mi} .
 - Quelle est la condition pour que cette hypothèse soit vraie ($W_{\text{th}} = \text{cste}$)?
 - A partir des données du tableau du document 1 (page 8), cette hypothèse vous semble-t-elle vérifiée; justifier.
- 2.3.2) Expliquer en deux lignes et en traçant un diagramme PV réel, ce que représente la boucle basse pression. Etablir une relation entre le travail indiqué basse pression (W_{ibp}) et la pression moyenne indiquée basse pression (P_{mibp}). Représenter sur ce diagramme PV réel cette pression moyenne indiquée basse pression (P_{mibp}) ainsi que la pression moyenne d'échappement et d'admission.
- 2.3.3) A partir de 3000 tr.min⁻¹ (tableau document 1 page 8), que peut on dire du remplissage d'air standard (RAS) et de la pression moyenne indiquée basse pression (P_{mibp}) des configurations 2, 3 et 4 par rapport à la configuration standard 1 (2 lignes maxi) ?
- 2.3.4) L'évolution du RAS par rapport à la P_{mibp} , est-elle cohérente ? Argumenter (4 lignes maxi)
- 2.3.5) En observant la pression d'échappement et à l'aide d'un diagramme PV, justifier l'augmentation de la pression moyenne indiquée basse pression (P_{mibp}).

Comment peut-on obtenir une telle évolution ?

3^{ème} PARTIE : SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS SUR LES ESSAIS.

L'entreprise fournira au client un rapport comprenant :

- La description des travaux préparatoires de mise au banc.
- La réalisation du rodage moteur et prises de performances à pleine charge.
- La mesure du remplissage pour les 4 configurations.
- Les résultats d'essai.
- La synthèse et les conclusions des essais suivant le ou les objectifs de départ.

▪ Travail demandé

- 3.1) Rédiger en dix lignes maxi, un compte rendu contenant la synthèse, les conclusions des essais suivant l'objectif de l'étude décrite page 2/10 et une proposition éventuelle sur la suite à donner à cette campagne.

DOCUMENT 1

Résultats des essais pleine charge pour les 4 configurations

Config	REGIME	Couple	PME	P br	OA	RAS	Consom1	CSE	HC	NOx	CO	CO2	SO2	λ	P-Echap	PM-HP	PM-BP	PMI
	tr/min	N,m	bar	kW	kg/h	s,u	kg/h	g/kW,h	ppm	ppm	ppm	%	%	su	mbar	bar	bar	bar
1	1000	114,1	5,74	11,9	71,676	0,816	3,12	262	60	394	143	9,43	8,0	1,59	20	6,61	-0,06	6,67
2	1000	113,3	5,7	11,9	71,984	0,823	3,13	264	17	979	138	9,53	8,0	1,59	20	6,64	-0,04	6,68
3	1000	112,4	5,65	11,8	72,16	0,825	3,09	263	13	394	146	9,38	8,2	3,13	20	6,61	-0,02	6,63
4	1000	113,4	5,70	11,9	72,39	0,827	3,15	265	25	364	146	9,45	8,0	1,59	23	6,8	-0,02	6,82
1	1400	141,5	7,11	20,7	100,4	0,82	5,38	259	51	325	159	11,67	4,9	1,29	39	8,18	0,03	8,15
2	1400	139,7	7,02	20,4	100,066	0,817	5,39	264	18	326	167	11,90	4,8	1,28	38	8,16	0,05	8,11
3	1400	139,8	7,03	20,4	100,12	0,818	5,33	261	15	333	131	11,65	5,0	1,30	38	8,1	0,06	8,04
4	1400	139,9	7,03	20,5	125,63	0,837	5,36	261	24	330	136	11,50	5,3	1,32	41	8,22	0,08	8,14
1	1800	146	7,34	27,5	130,101	0,825	7,43	270	53	294	251	12,56	3,8	1,21	54	8,58	0,08	8,5
2	1800	149,7	7,52	28,2	138,637	0,88	7,47	265	24	337	135	11,78	4,8	1,28	54	8,88	0,13	8,75
3	1800	145,4	7,31	27,3	131,72	0,837	7,35	269	27	317	160	12,27	4,2	1,24	51	8,56	0,11	8,45
4	1800	146,4	7,36	27,6	135,534	0,86	7,39	268	30	313	177	11,99	4,6	1,27	49	8,69	0,17	8,52
1	2200	149,5	7,51	34,4	172,184	0,894	9,28	269	37	302	140	11,77	4,8	1,28	66	9,14	0,23	8,91
2	2200	149,8	7,53	34,4	167,934	0,872	9,37	272	28	317	153	12,30	4,2	1,24	64	9,04	0,23	8,81
3	2200	149,4	7,51	34,4	175,58	0,912	9,29	270	22	323	122	11,60	5,1	1,31	68	9,1	0,26	8,84
4	2200	149,2	7,50	34,3	177,923	0,923	9,3	271	21	332	126	11,44	5,3	1,32	67	9,18	0,35	8,83
1	2600	148,5	7,46	40,4	201,547	0,885	10,99	272	27	312	163	11,95	4,6	1,27	77	9,29	0,29	9
2	2600	144,9	7,28	39,4	191,586	0,841	11,06	281	19	334	273	12,71	3,6	1,20	70	8,98	0,32	8,66
3	2600	145	7,29	39,4	196,42	0,863	10,96	278	18	330	166	12,26	4,2	1,24	75	9,07	0,32	8,75
4	2600	143,1	7,19	38,9	198,336	0,87	10,94	281	16	326	151	12,10	4,4	1,25	80	9,07	0,42	8,65
1	3000	142,9	7,18	44,9	227,802	0,867	12,42	277	23	348	165	11,95	4,6	1,27	98	9,28	0,37	8,91
2	3000	140	7,04	43,9	229,213	0,873	12,42	283	18	383	140	11,89	4,7	1,27	105	9,1	0,51	8,59
3	3000	139,5	7,01	43,8	229	0,872	12,26	280	25	374	134	11,80	4,9	1,29	100	9	0,45	8,55
4	3000	136,3	6,85	42,8	229,15	0,872	12,27	287	15	365	133	11,74	4,9	1,29	103	8,97	0,56	8,41
1	3400	137,8	6,93	49,0	254,153	0,853	14,02	286	24	396	202	12,07	4,4	1,25	138	9,29	0,48	8,81
2	3400	134,9	6,78	47,9	264,384	0,889	13,98	292	19	432	140	11,68	5,1	1,31	154	9,25	0,56	8,69
3	3400	135,2	6,80	48,1	265,53	0,892	13,87	288	19	432	139	11,53	5,3	1,32	144	9,1	0,59	8,51
4	3400	131,4	6,61	46,7	263,146	0,884	13,92	298	16	413	145	11,59	5,1	1,31	144	9,13	0,66	8,47
1	3800	130,2	6,54	51,8	281,394	0,846	15,34	296	25	455	237	11,96	4,6	1,27	170	9,16	0,64	8,52
2	3800	125,5	6,31	49,9	288,449	0,867	15,35	307	23	502	170	11,64	5,0	1,30	189	9	0,74	8,26
3	3800	125,7	6,32	49,9	291,37	0,876	15,22	305	22	499	162	11,49	5,3	1,32	179	8,93	0,74	8,19
4	3800	122	6,13	48,5	286,916	0,862	15,35	316	21	466	182	11,76	4,9	1,29	175	8,94	0,82	8,12
1	4200	119,2	5,99	52,4			16,76	320	28	440	220	11,89	4,7	1,27	206	8,95	0,8	8,15
2	4200	111,5	5,60	49,0	309,46	0,841	16,66	340	26	502	180	11,81	4,8	1,28	218	8,63	0,99	7,64
3	4200	112,2	5,64	49,3	311,85	0,848	16,69	338	27	494	208	11,86	4,9	1,29	211	8,66	0,94	7,72
4	4200	108,2	5,44	47,6	303,248	0,824	16,82	353	23	463	228	12,20	4,3	1,25	212	8,61	1,13	7,48

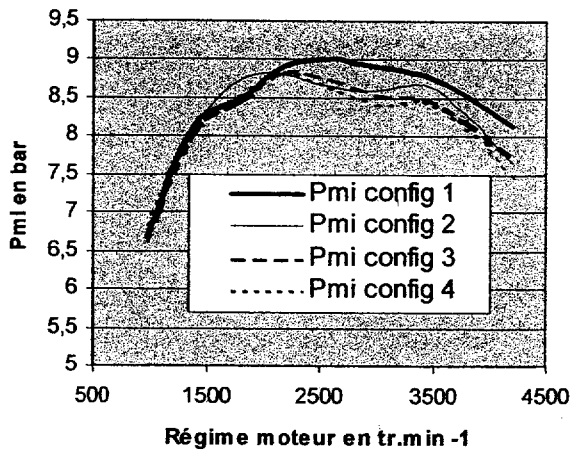
DOCUMENT 2

grandeurs mesurées durant les essais:

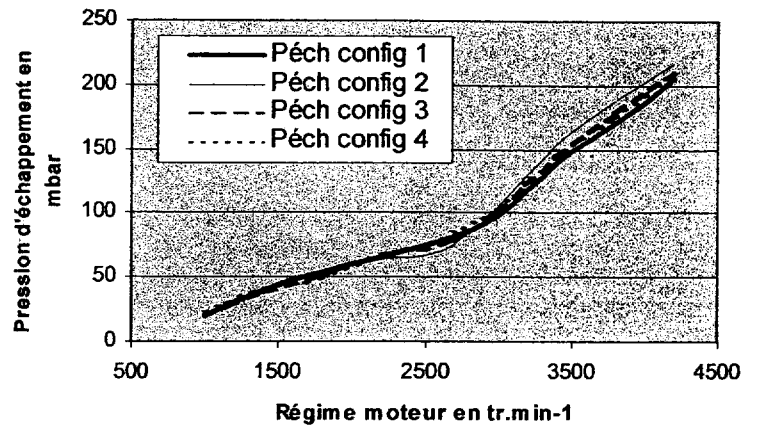
Grandeur	Unité	Notation
Régime moteur:	tr/min	REGIME
Couple effectif:	Nm	Couple
Puissance brute (non corrigée):	kW	P-Brt
Pression moyenne effective	bar	PME
Débit massique d'air	kg/h	QA
Remplissage air standard	su	RAS
Consommation	kg/h	consom 1
Consommation spécifique	g/kWh	CSE
HC humide corrigé en base sèche	ppm	Hc
CO	%	CO
CO2	%	CO2
O2	%	O2
NOx	ppm	NOx
Excès d'air 5 gaz	su	λ
Pression échappement	mbar	P-ECHAP
Pression moyenne indiquée haute pression	bar	PMI HP
Pression moyenne indiquée basse pression	bar	PMI BP
Pression moyenne indiquée	bar	PMI

DOCUMENT 3

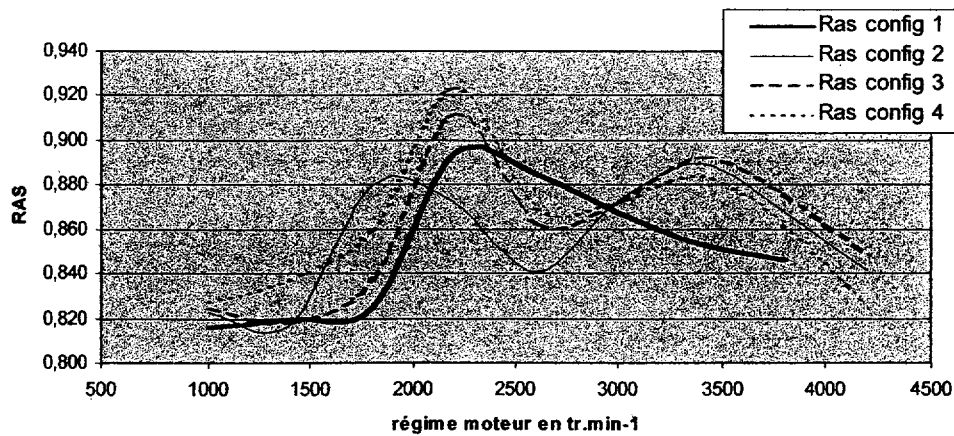
Pression moyenne indiquée



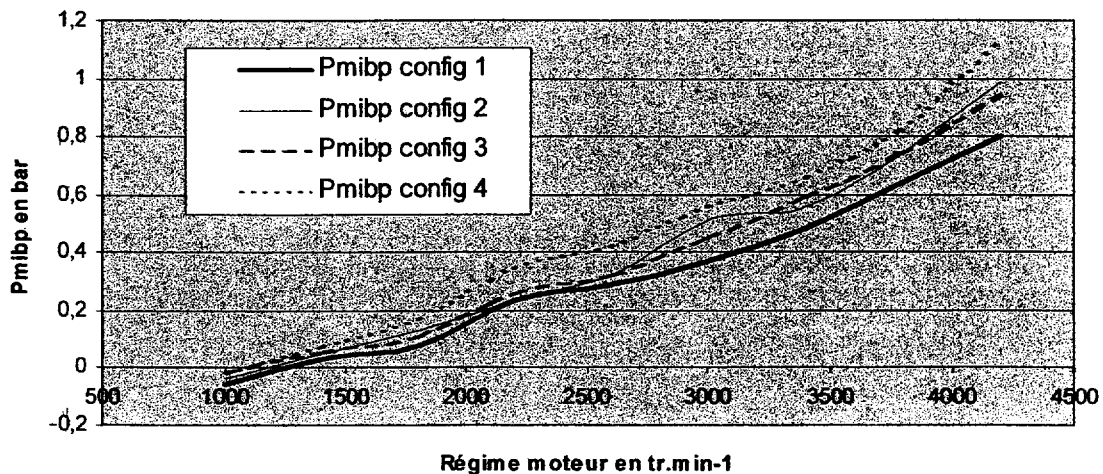
Pression d'échappement



Remplissage en air standard (RAS)

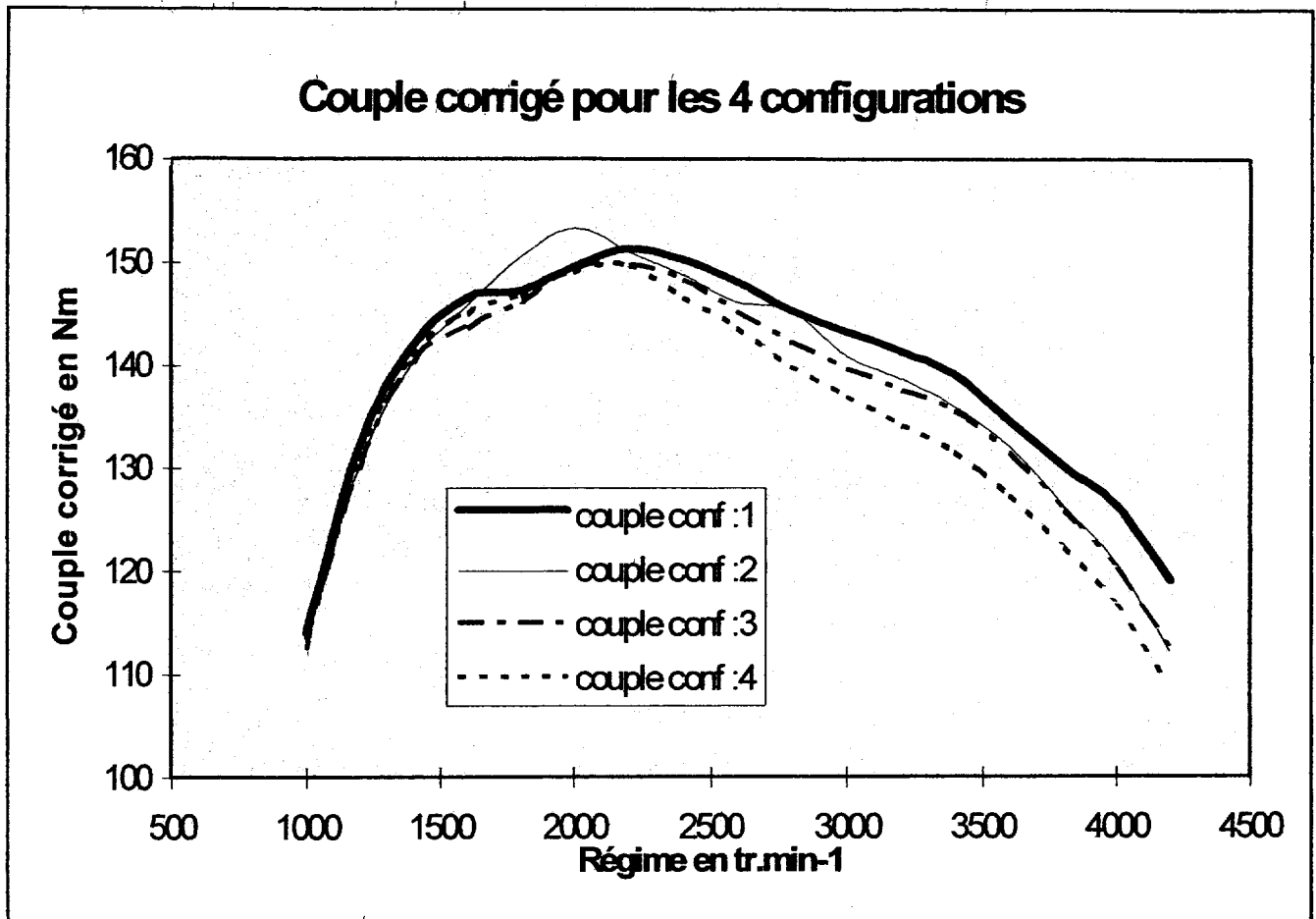


Pression moyenne indiquée basse pression



DOCUMENT REPONSE 1

Question 2.1



Réponse question 2.2.4

Nm = 4200 tr.min ⁻¹	Config 1	Config 2	Config 3	Config 4	Relations utilisées
Rendement de combustion	0,996	0,996	0,996	0,997	
Rendement thermodynamique théorique	0,6	0,6	0,6	0,6	
Rendement de forme du cycle réel		0,57	0,57		
Rendement organique ou mécanique	0,73	0,73			
Rendement effectif	0,27	0,25		0,24	