

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

Moteurs à Combustion Interne

Session 2003

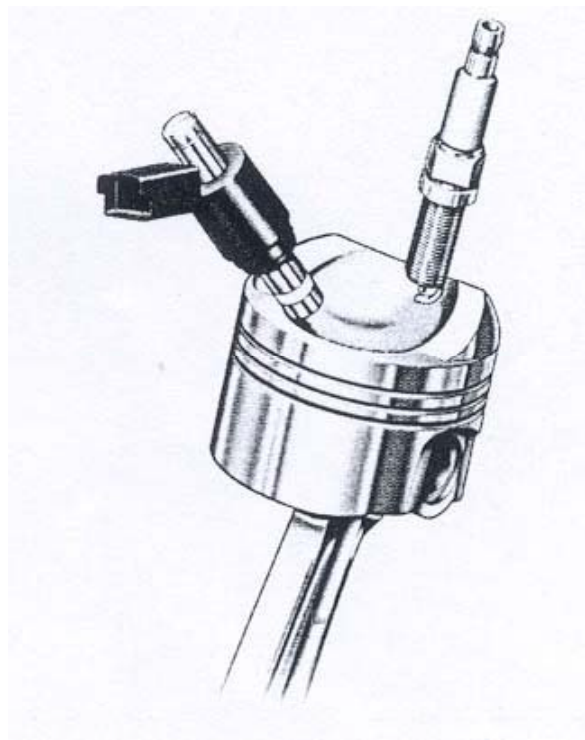
Étude des Moteurs

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



CODE EPREUVE : MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR	SPECIALITE : MOTEURS A COMBUSTION INTERNE
SESSION 2003	SUJET	EPREUVE : ETUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS	
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Code sujet : 16nb03	Page : 0/14

Document N°1

Examen BTS MCI Étude des Moteurs
U 51 Exploitation d'essais moteurs
Durée 3 h – Coefficient 3

Présentation

Afin de faciliter sa résolution, le sujet est divisé en trois parties.
Il est conseillé de consacrer à chacune des parties la durée suivante :

- lecture du sujet : 10 minutes
- première partie : 60 minutes
- deuxième partie : 60 minutes
- troisième partie : 50 minutes

Les trois parties sont indépendantes.

Chaque partie sera rédigée sur une copie séparée.

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 pour 10 % dans la notation.

Le dossier du sujet est composé de :

- Document 1	: Page de Présentation, (cette feuille)	page	1
- Texte 1/4	: Objectif de l'étude	page	2
- Texte 2/4 à 4/4	Texte du sujet	pages	3 à 5
- Document 2	: Courbes pleine charge entrée	page	6
- Document 3	: Courbes pleine charge sortie	page	7
® - Document 4	: Résultats de l'essai à P.M.E constante	page	8
® - Document 5	: Loi de dégagement d'énergie	page	9
- Document 6	: Courbes de pression	page	10
- Document 7	: Performances en fonction de la richesse	page	11
- Document 8	: Performances en fonction de la pression collecteur	page	12
- Document 9	: Performances en fonction de l'E.G.R	page	13
- Document 10	: Performances en fonction du volet	page	14
<u>nombre total de pages =</u>			14

Document ® ⇒ document réponse à rendre par le candidat à la fin de l'épreuve.

Les documents textes du sujet sont en rose,
les documents réponses en blanc
et les documents techniques en vert.

Document N°1

Objectif de l'étude.

Un constructeur automobile réalise une série d'essais pour comparer les performances en mélange homogène et en mélange hétérogène sur un moteur essence à injection directe.

L'étude comprend trois parties :

- 1^{ère} - A partir d'un essai pleine charge, traiter et analyser les différents relevés pour justifier l'allure du rendement effectif.

- 2^{ème} - Traiter et analyser des valeurs mesurées lors d'une mesure de pression dans la chambre de combustion pour 2 richesses, à P.M.E et régime constants. Cette étude doit permettre de démontrer l'intérêt, à faible P.M.E, de faire fonctionner le moteur en mélange hétérogène et en mélange pauvre.

- 3^{ème} - Optimiser les réglages richesse, pression collecteur, taux d 'E.G.R et ouverture des volets de turbulence d'admission pour diminuer en priorité le taux de pollution en NOx pour passer les normes euro 2005.

1^{ère} partie - Essai pleine charge : documents 2 et 3

Le constructeur réalise un premier essai de son moteur en pleine charge, en mélange homogène et à régimes variables. Il désire analyser l'évolution du rendement en pleine charge (documents 2 et 3). Les calculs seront effectués pour les régimes de 2500 tr.min⁻¹ et 5500 tr.min⁻¹.

Données :

Caractéristiques du moteur essence :

- Moteur 4 cylindres, 4 temps
- Cylindrée totale : $V = 2 \text{ dm}^3$
- Rapport volumétrique : $\varepsilon = 11,5$

Conditions d'essais :

- Pression atmosphérique : $P_1 = 1 * 10^5 \text{ Pa}$
- Température de l'air d'admission : $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$

Caractéristiques de l'air et du mélange :

- Constante d'état r de l'air : $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Caractéristiques de l'essence :

- Pouvoir calorifique inférieur : $P_{CI \text{ essence}} = 43500 \text{ J.g}^{-1}$
- Pouvoir comburivore : $P_{co} = 14,6$

Contrainte moteur :

- Température échappement maximale : $\theta_{\text{échap}} = 850^\circ\text{C}$

Questions : Les sous parties A, B et C sont indépendantes.

A : Energie introduite : document 2.

- 1.1 - Ecrire une définition de la richesse R et une définition du remplissage en air standard r_{re} .
(Écrire une phrase et une formule)
- 1.2 - Calculer la masse volumique ρ_{air} de l'air pendant l'essai en kg.m^{-3} .
- 1.3 - Calculer les masses d'air M_{air} et de carburant $M_{essence}$ pour un cycle, en g.cylindre^{-1} , à 2500 tr.min⁻¹ et 5500 tr.min⁻¹.
- 1.4 - Lire les valeurs de l'énergie E introduite par cycle en kJ.dm^{-3} à 2500 tr.min⁻¹ et 5500 tr.min⁻¹.
(E s'appelle aussi pression moyenne calorifique ou énergie volumique introduite.)

B : Relations moteur : documents 2 et 3. (les pressions moyennes sont exprimées en kJ.dm^{-3})

- 1.5 - Ecrire la définition de la P.M.E (pression moyenne effective) et la définition du rendement effectif η_e en fonction de la P.M.E. (sous forme d'une formule avec les unités.)
- 1.6 - Lire les valeurs du rendement effectif η_e à 2500 tr.min⁻¹ et à 5500 tr.min⁻¹ et les retrouver par le calcul à partir du document 2 et de la P.M.E (document 3).

C : Exploitation des courbes : document 2.

- 1.7 - Justifier le choix de la richesse dans la plage de régime 2500 à 3500 tr.min⁻¹ puis justifier l'évolution de la richesse à partir de 3500 jusqu'à 5500 tr.min⁻¹ (5 lignes maximum).
- 1.8 - Ecrire la définition du rendement mécanique η_m (ou rendement organique) et calculer ce rendement pour 2500 et 5500 tr.min⁻¹.
 - P.M.F (pression moyenne de frottement) à 2500 tr.min⁻¹ = 0,08 kJ.dm^{-3}
 - P.M.F (pression moyenne de frottement) à 5500 tr.min⁻¹ = 0,12 kJ.dm^{-3}

D : Bilan de l'étude.

- 1.9 - Chiffrer en % les écarts en rendement effectif pour les 2 régimes (essai de référence : $N = 5500 \text{ tr.min}^{-1}$). Par le produit des rendements et en faisant l'hypothèse que le rendement théorique est constant, justifier les écarts des rendements effectifs pour les régimes de 2500 et 5500 tr.min⁻¹ (8 lignes maximum).
 - Rendement de combustion η_c à 2500 tr.min⁻¹ : $\eta_c = 0,9$
 - Rendement de combustion η_c à 5500 tr.min⁻¹ : $\eta_c = 0,75$

2^{ème} partie - Analyse combustion : documents réponses 4, 5 et doc 6 :

Le constructeur réalise deux essais à **P.M.E constantes (2 bar) et à régime constant (2000 tr.min⁻¹)**. Dans le premier essai, le moteur est réglé à la richesse 1 et fonctionne en mélange homogène (injection du carburant pendant la phase admission).

Dans le deuxième essai, le moteur est réglé à la richesse minimum de 0,26 et fonctionne en mélange hétérogène (injection du carburant pendant la phase compression).

Pendant les deux essais, on mesure la pression dans la chambre de combustion en fonction de l'angle vilebrequin (document 6). Ces mesures sont exploitées sous forme de tableau (document 4) et de courbes (documents 5 et 6). L'objectif de ces essais est de comparer les deux modes de fonctionnement au niveau de la combustion, des contraintes et du rendement.

Questions : Les sous parties A, B et C sont indépendantes.

A : Exploitation de la fraction brûlée : documents 4 et 5.

- 2.1 - Donner la définition du CA50 et la définition de HLC.
- 2.2 - A partir du document réponse 5 et pour la richesse de 0,26, déterminer les points CA5, CA50 et CA 90 et compléter le tableau (**document réponse 4**).
- 2.3 - Par méthode graphique, déterminer la valeur maximum de HLC en $\% \cdot V^{-1}$ pour la richesse 0,26 et compléter le tableau (**document réponse 4**). Sur le **document réponse 5**, tracer l'allure de la courbe de vitesse de dégagement d'énergie pour la richesse de 0,26.
- 2.4 - Tirer une conclusion sur les 2 modes de combustion.(3 lignes maximum)

B : Exploitation d'un diagramme pression en fonction de l'angle vilebrequin : documents 4, 5 et 6.

- 2.5 - Déterminer les pressions maximales pour les deux 2 richesses et compléter le tableau (**document 4**).
- 2.6 - Donner la définition de la P.M.I. (pression moyenne indiquée) et déterminer la P.M.I basse pression pour la richesse de 0,26 à partir du (**document 4**), le compléter.
- 2.7 - Ecrire la définition du rendement indiqué η_i en fonction des pressions moyennes et retrouver la valeur du rendements indiqué η_i pour la richesse de 0,26 à partir du document 4.
- 2.8 - Justifier les différences de pression d'admission entre les 2 essais et les différences de P.M.I basse pression (6 lignes maximum).

C : Bilan de l'étude.

- 2.9 - Chiffrer en % les écarts en rendement indiqué pour les 2 essais (essai de référence : R = 1). Par le produit des rendements et en faisant l'hypothèse que le rendement théorique est constant, démontrer que le rendement effectif n'est fonction que du rendement de forme (8 lignes maximum).

3^{ème} partie: Analyse et commentaire des résultats d'essais documents 7, 8, 9 et 10 :

Le constructeur doit choisir les valeurs des réglages pour répondre au cahier des charges sur un point de fonctionnement **de P.M.E à 1 bar et au régime de 1500 tr.min⁻¹.**

. Configuration du moteur pour l'essai :

- . Moteur équipé d'un **pot catalytique 3 voies sans piège à NO x**
- . Volets de turbulence (tumble) pilotables sur l'admission.

. Cahier des charges pour le choix des réglages moteur :

Pour effectuer le réglage du moteur, le constructeur doit respecter les contraintes du cahier des charges qui donne **les points à respecter dans l'ordre d'importance** (du plus important au moins important) :

- | | |
|--|------------------------|
| 1- Instabilité maximum de 4% | 4- Instabilité minimum |
| 2- NO x minimum | 5- HC minimum |
| 3- Consommation spécifique (Cse) minimum | 6- CO minimum |

Exemple : - Si le 1^{er} critère (instabilité maximum 4%) est atteint sur plusieurs points, on passe au 2^{ème} critère (NO x minimum), si celui-ci est atteint également sur plusieurs points, on passe au 3^{ème} critère, etc...
- En revanche, lorsque un critère est validé uniquement sur un seul point, on retiendra ce point sans s'occuper des critères suivants.

Questions : Les sous parties A, B, C et D sont indépendantes.

A : Essai en mélange homogène : document 7.

3.1 - A partir du document 7, commenter l'évolution des polluants (CO, HC, NO x) en fonction de la richesse en mélange homogène en précisant l'origine de leur formation (10 lignes maximum).

B : Choix de la pression collecteur en fonctionnement stratifié : document 8.

- 3.2 - A partir du document 8, expliquer comment et avec quels moyens peut-on faire varier la pression admission pour réaliser cet essai ? (4 lignes maximum).
- 3.3 - Donner la définition de l'efficacité catalytique, (écrire une phrase et une formule) et tracer l'allure des trois courbes d'efficacité du catalyseur pour les CO, HC, NOx en fonction de la richesse de 0,2 à 1,2.
- 3.4 - Le constructeur choisit une pression collecteur de 900 mbar (document 8) pour poursuivre les essais et répondre ainsi au cahier des charges. A partir des trois allures tracées au chapitre 3.4 en déduire la priorité d'être à NO_x mini dans le cahier des charges (3 lignes maximum).

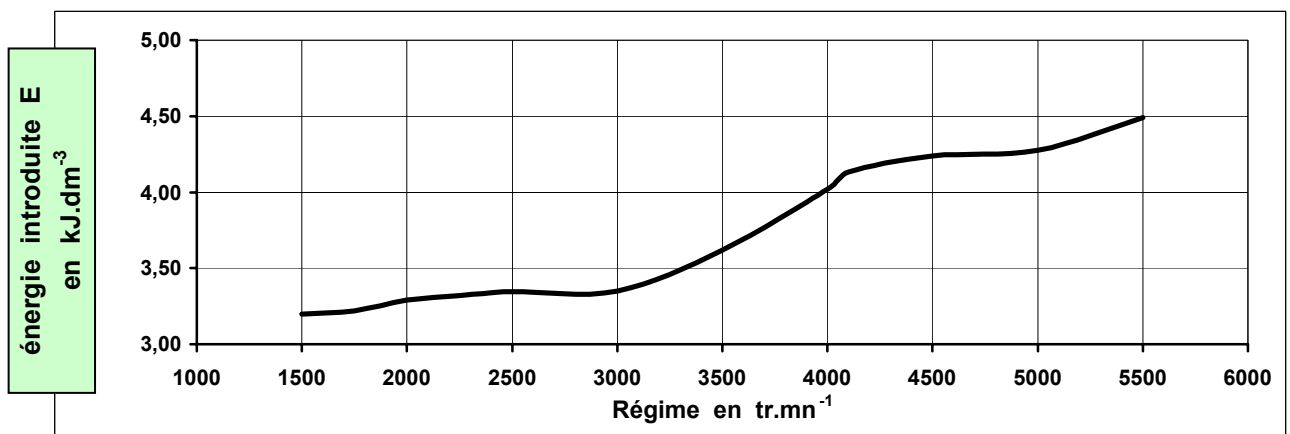
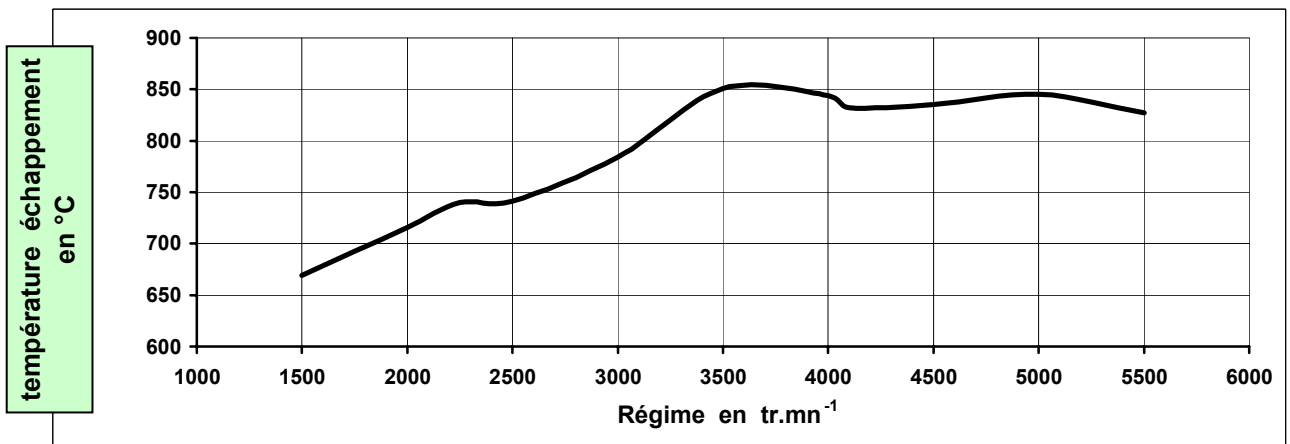
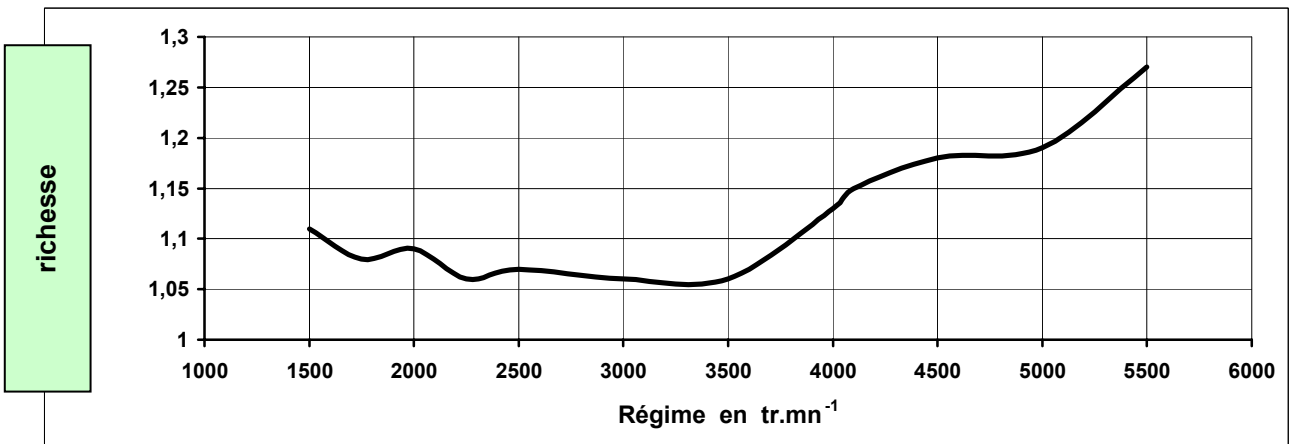
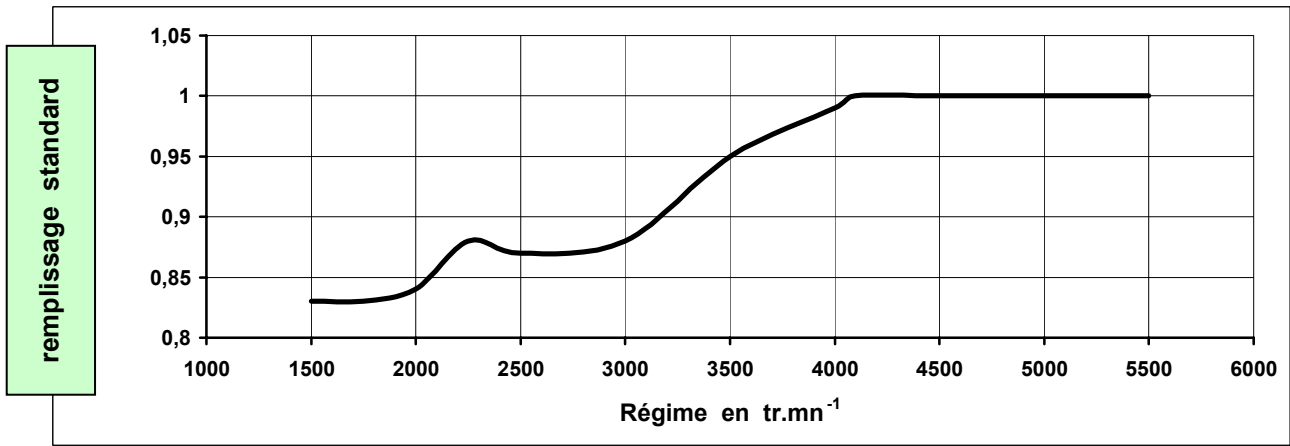
C : Choix du taux d'EGR en fonctionnement stratifié : document 9.

- 3.5 - Donner une définition du taux d'EGR.
- 3.6 - Commenter l'évolution des NO x en fonction du taux d'EGR (document 9) en 5 lignes maximum.
Choisir et justifier le taux d'EGR entre 0, 10, 15 et 20 % par rapport à l'ordre de priorité du cahier des charges.
- 3.7 - Commenter l'évolution de l'avance à l'allumage (AA) en fonction du taux d'EGR en 2 lignes maximum.

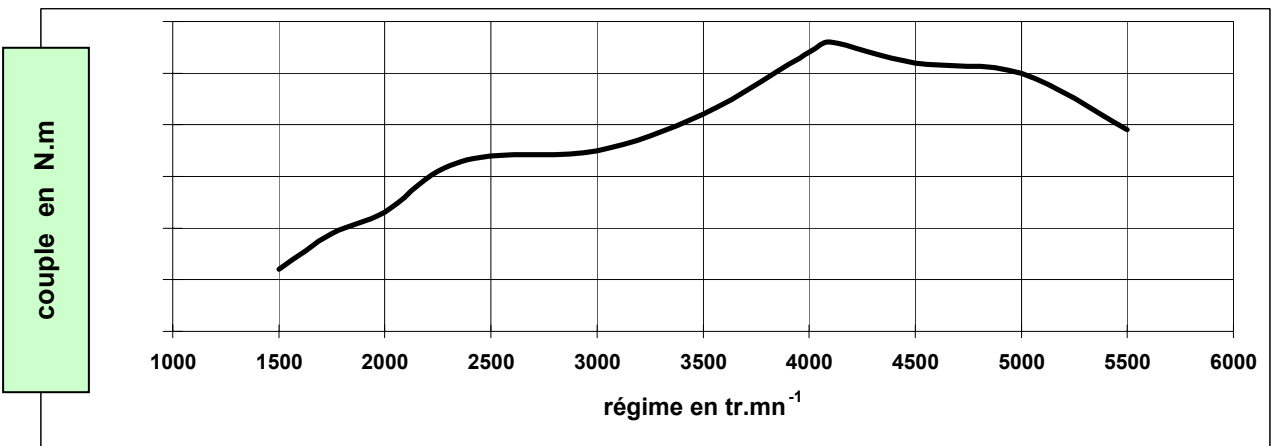
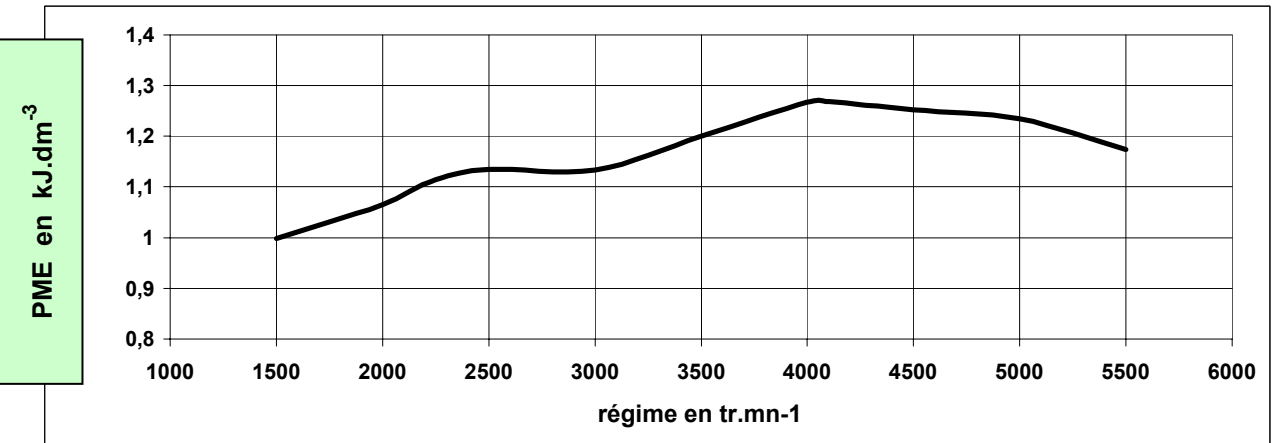
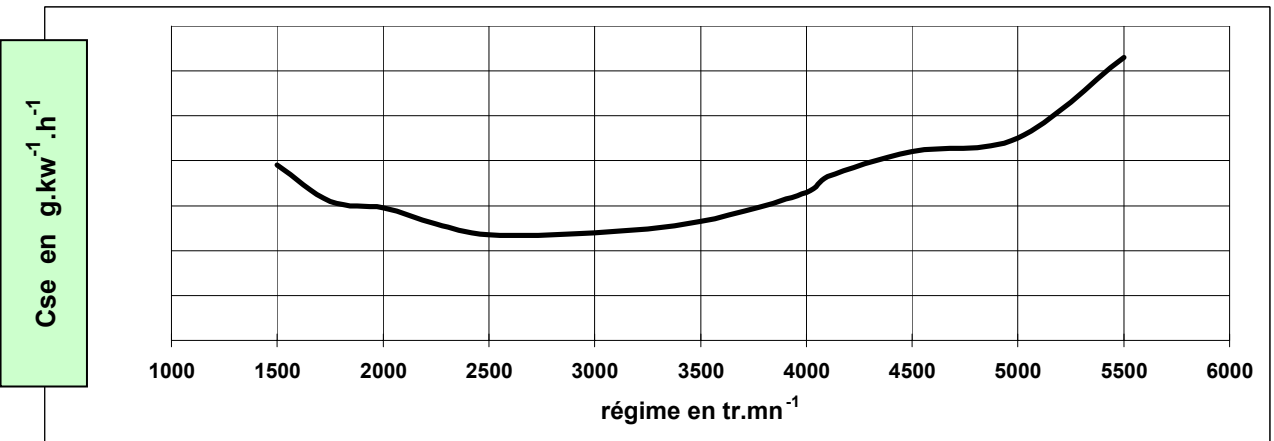
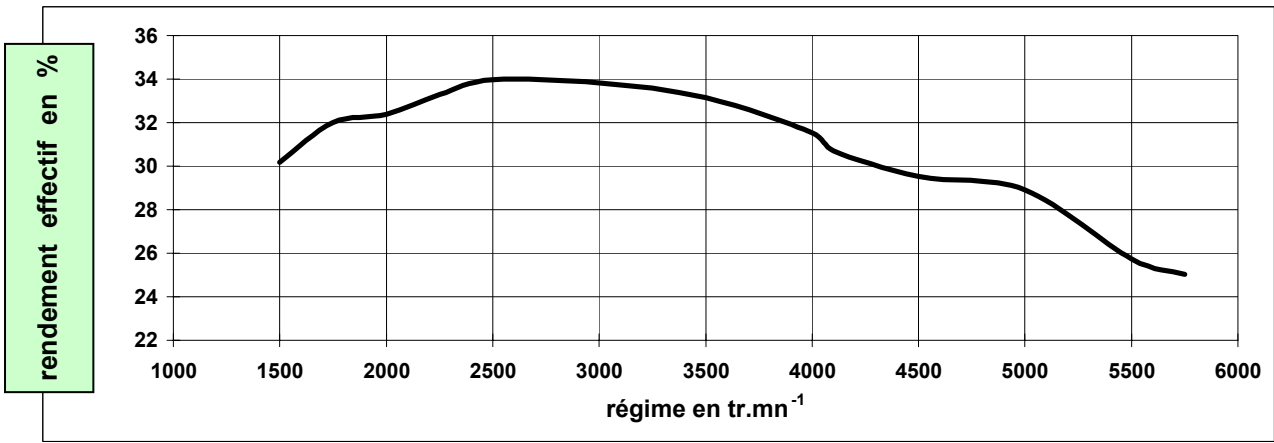
D : Choix du réglage des volets d'admission en fonctionnement stratifié : document 10.

3.8 - A partir du cahier des charges et du document 10, déterminez, en expliquant votre choix, la valeur de l'ouverture des volets d'admission à retenir.

DOCUMENT N° 2



DOCUMENT N° 3



DOCUMENT Réponse N°4

Tableau des résultats comparaison de concepts Exploitation de $p = f(\alpha)$ et d'analyse de gaz d'échappement

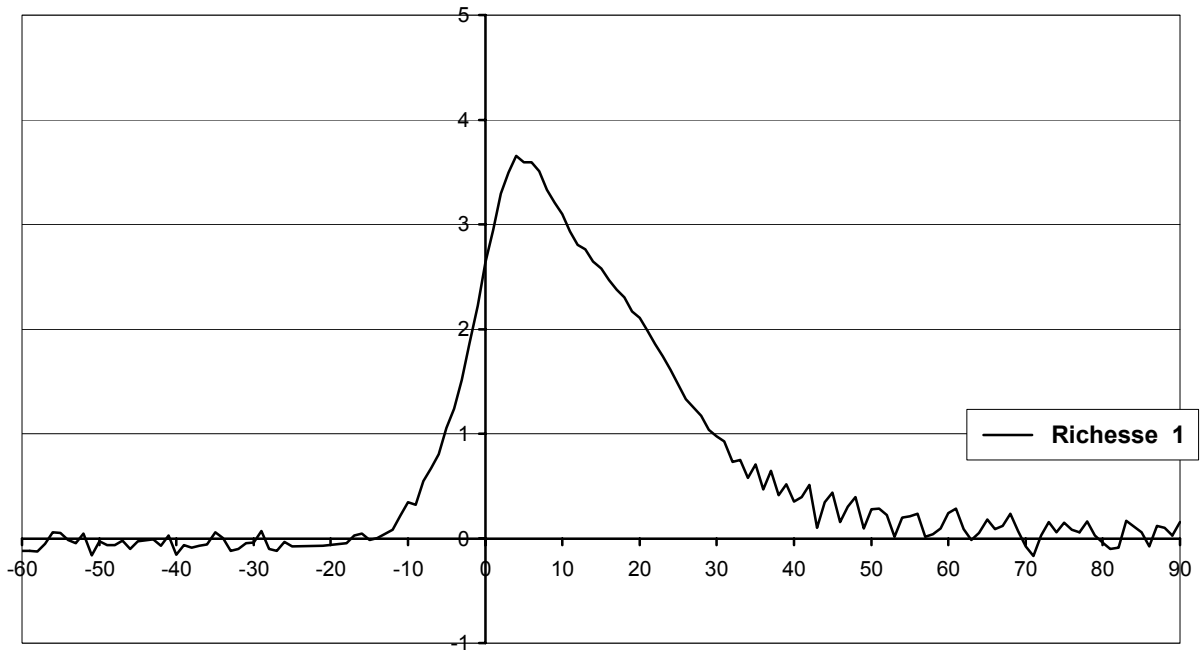
PCI de l'essence : 43 500 J.g⁻¹

	Richesse 1	Richesse mini
Régime (tr/min)	2000	2000
PMI (bar)	2,75	2,75
Csi (g/kW.h)	290	220
Richesse	1	0,260
EGR (%)	0	0
Ti (ms)	2,1	1,85
Pinjection(bar)	100	100
AI (°vil)	330	92
AA (°vil)	24	28
PMI HP (bar)	3,45	2,93
PMI BP (bar)	0,70	
Rend ind (%)	0,29	0,38
Rend ind HP (%)	0,36	0,4
Padm (mbar)	380	968
HCI (g/kW.h)	5	8
COi (g/kW.h)	30	15
NOXi (g/kW.h)	13	12
Rend Comb %	0,93	0,92
CA5 (°vil)	-3	
CA10 (°vil)	0	-16
CA50 (°vil)	11	
CA85 (°vil)	29	7
CA90 (°vil)	37	
HLC (% V ⁻¹)	3,5	
Pression Maxi en bar		
Angle Pmax	13	4
Course	85	85
L.Bielle	139	139
Alesage	88	88
Desax.Pist.	0	0
Compression	11,5	11,5
Cylindrée (cm ³)	500	500

Les cases grisées sont à compléter

HLC = f (°vilebrequin)

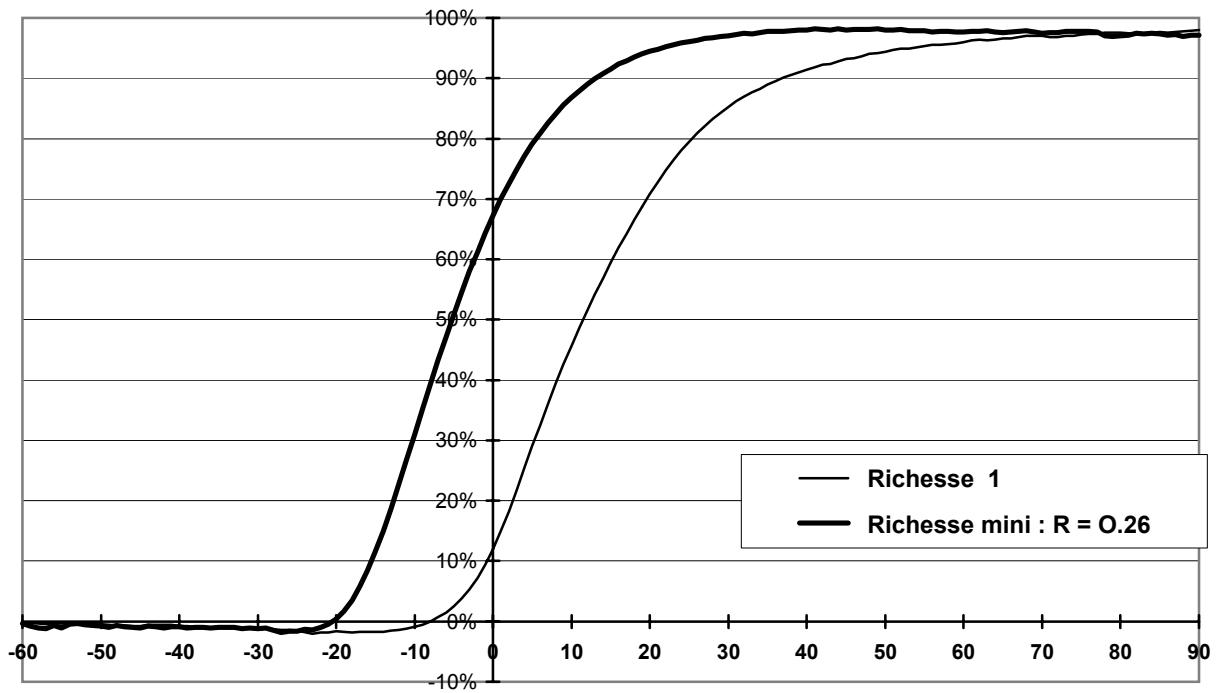
Vitesse de dégagement
de chaleur %·V⁻¹



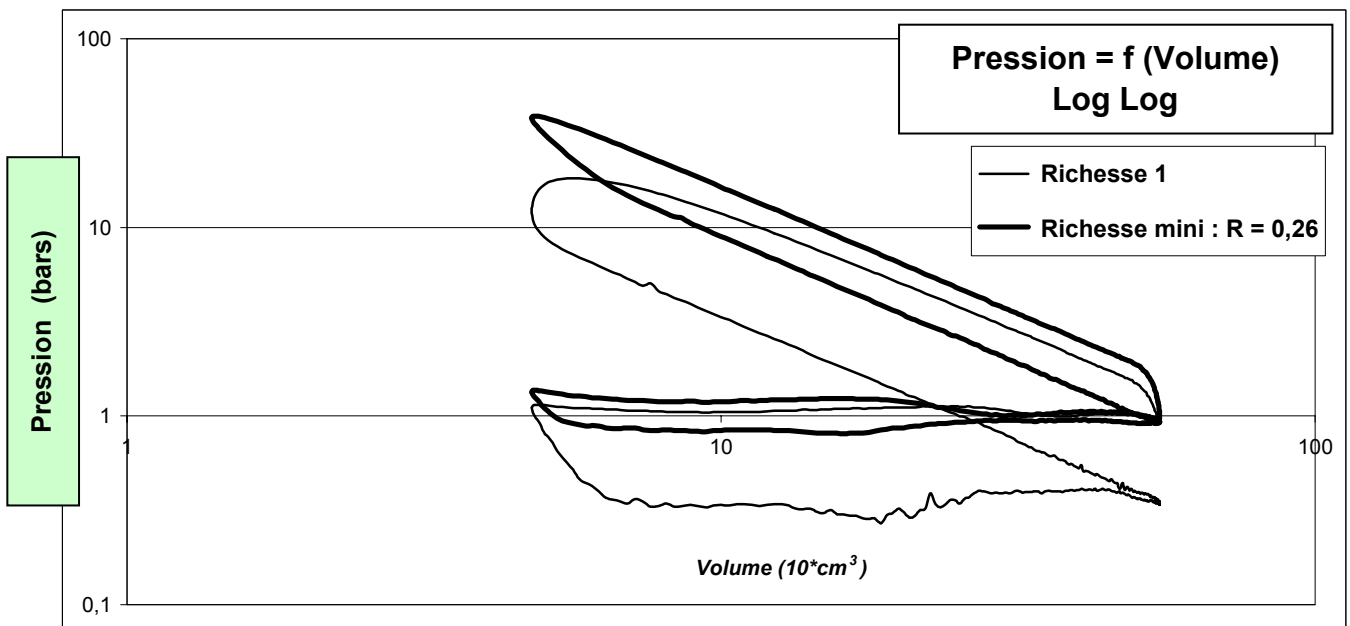
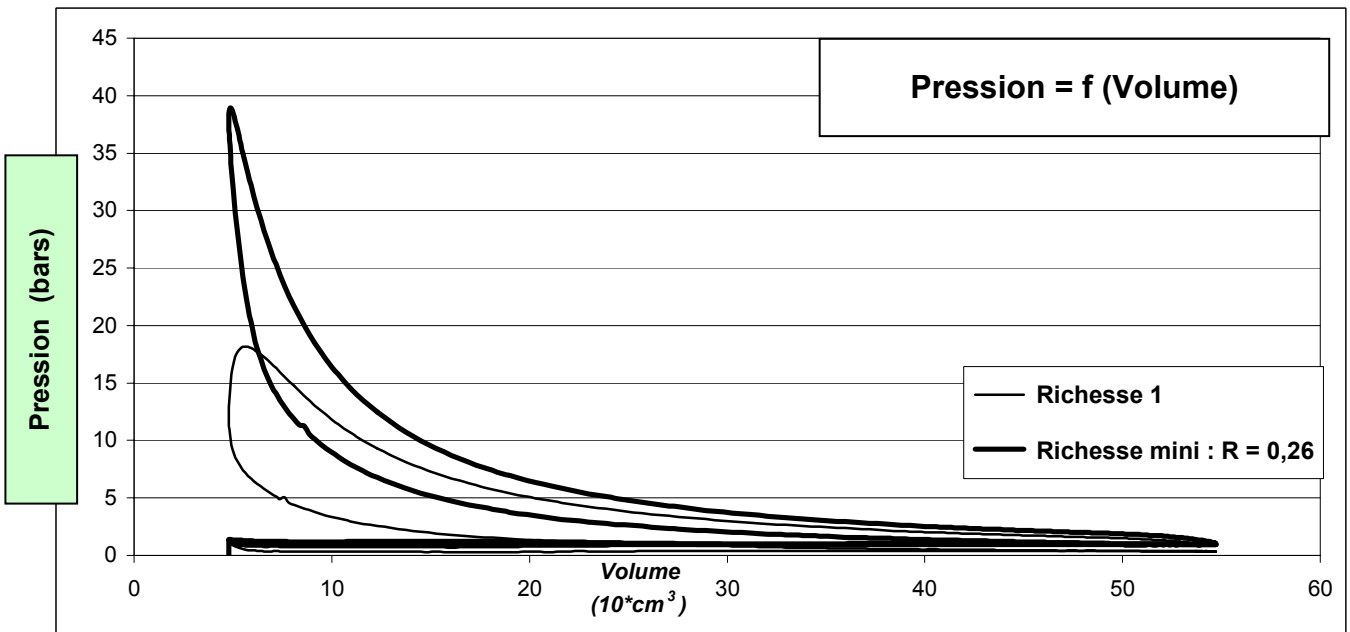
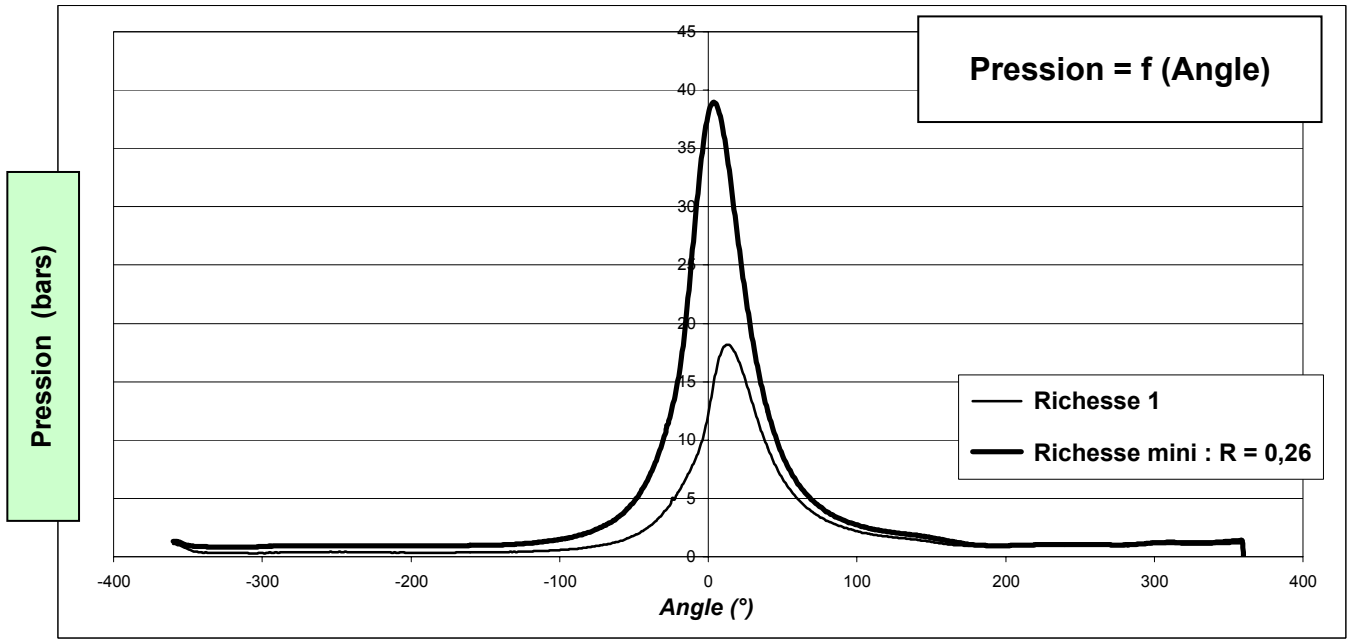
° vilebrequin

Fraction brulée = f (°vilebrequin)

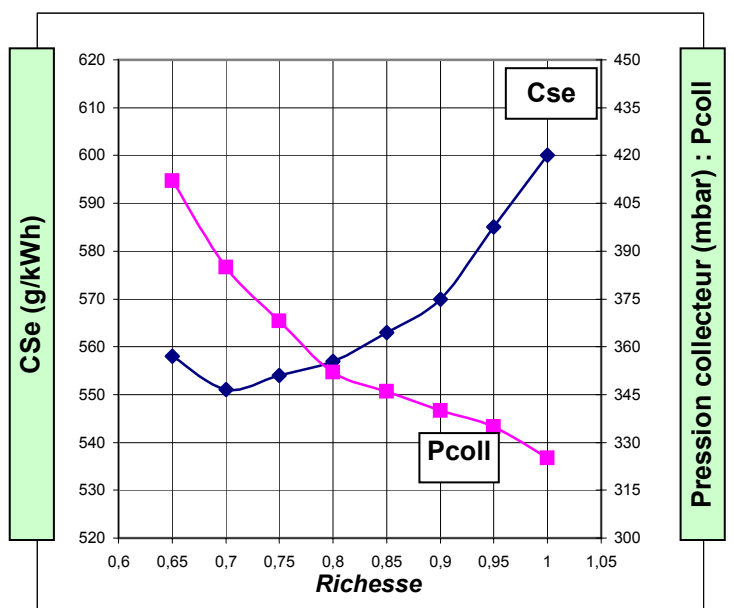
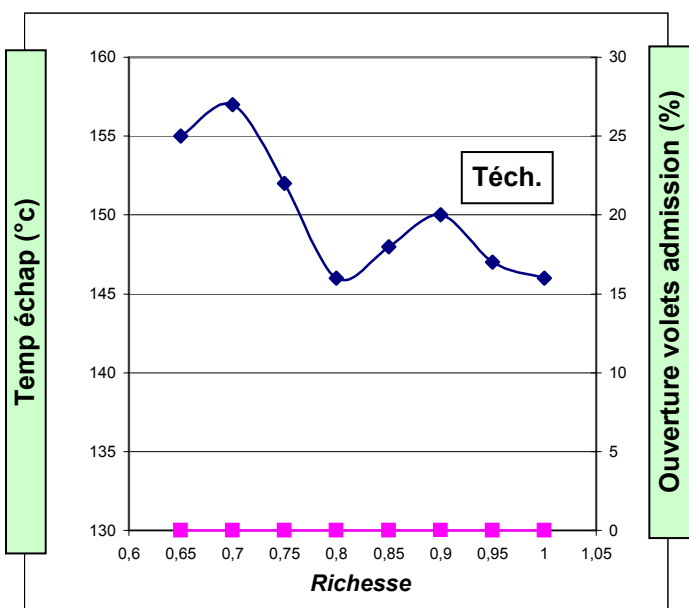
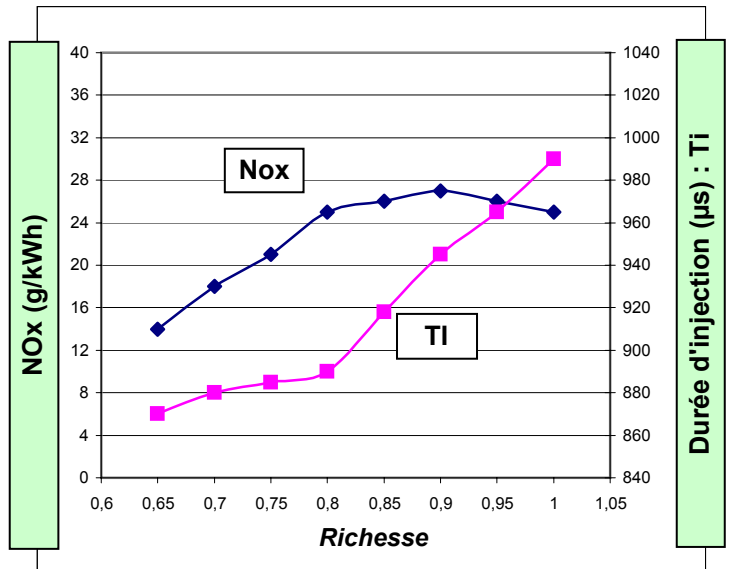
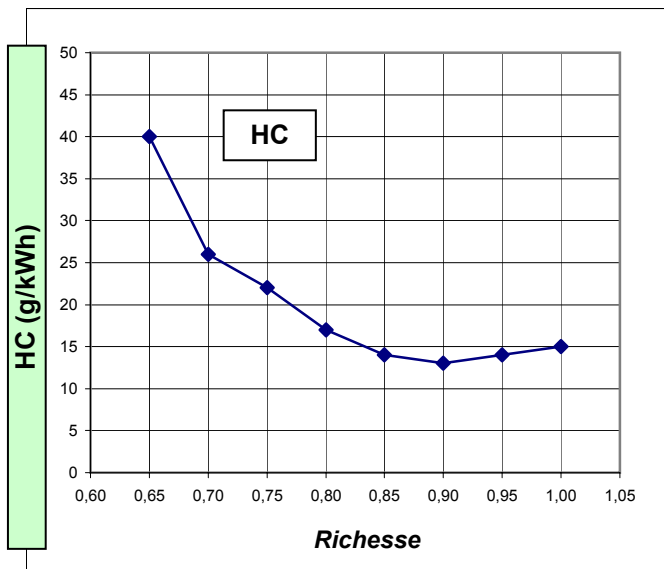
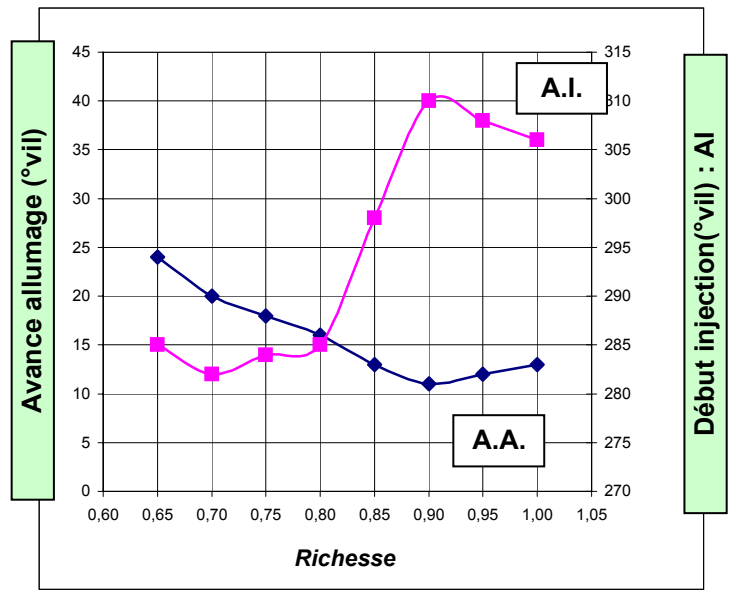
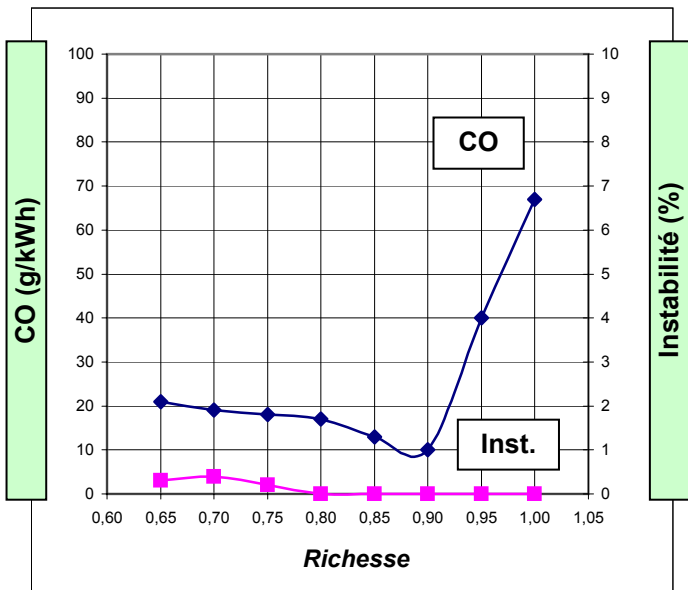
Fraction brulée (%)



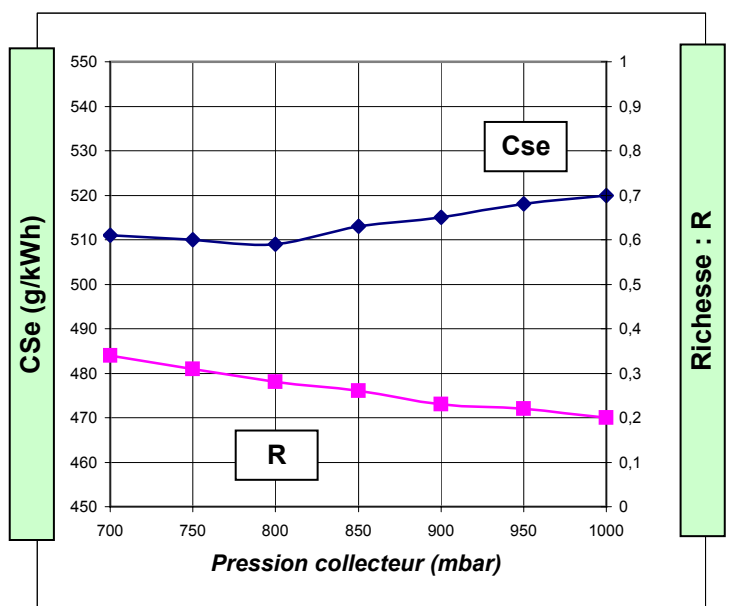
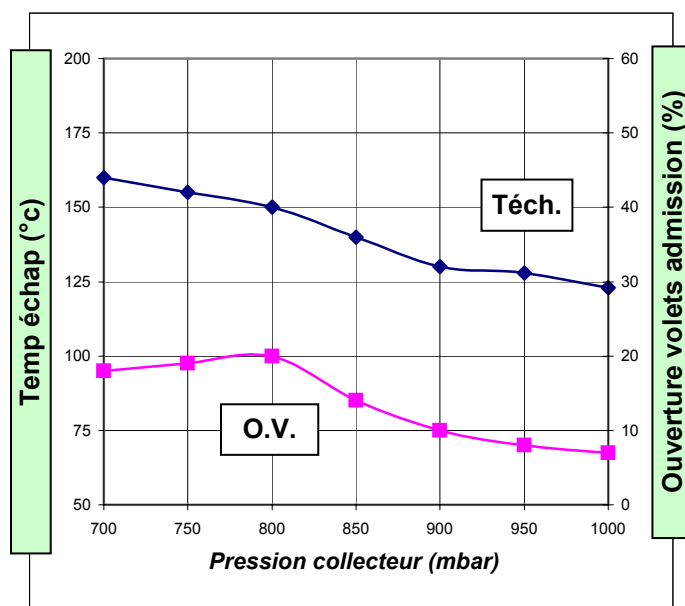
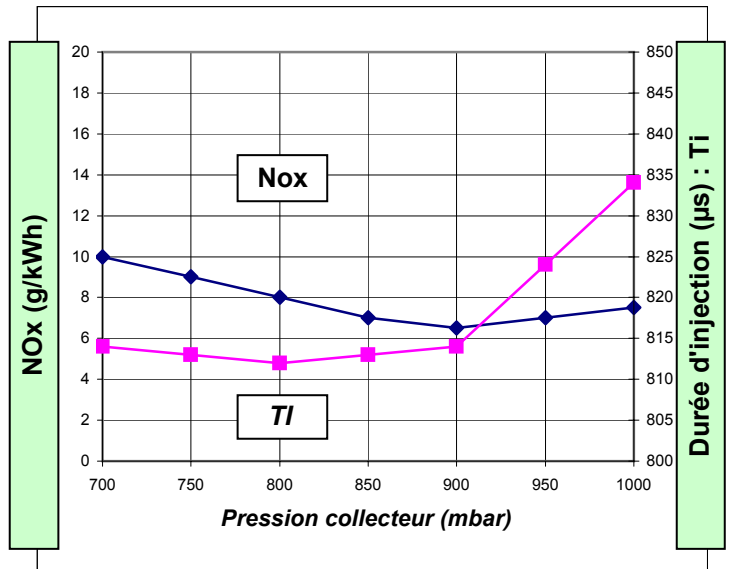
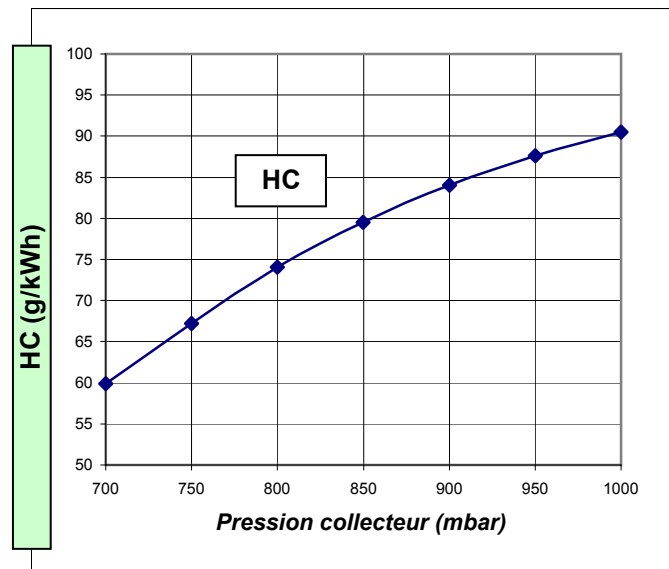
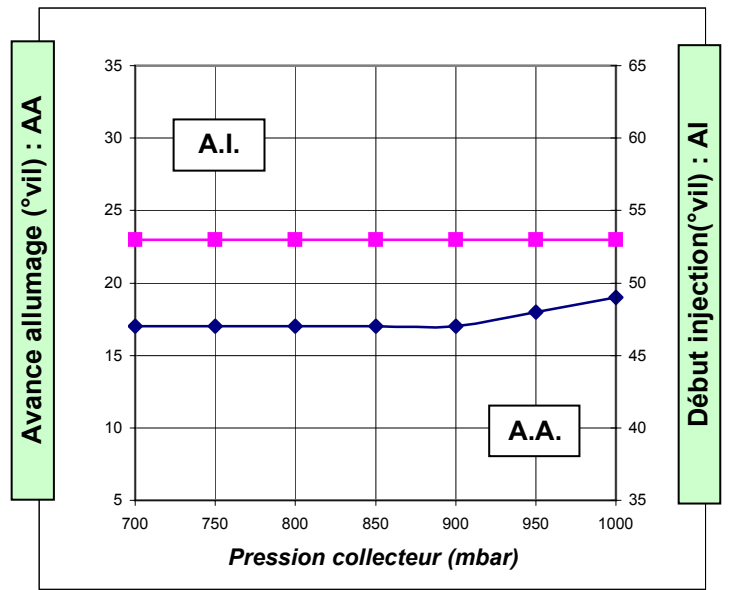
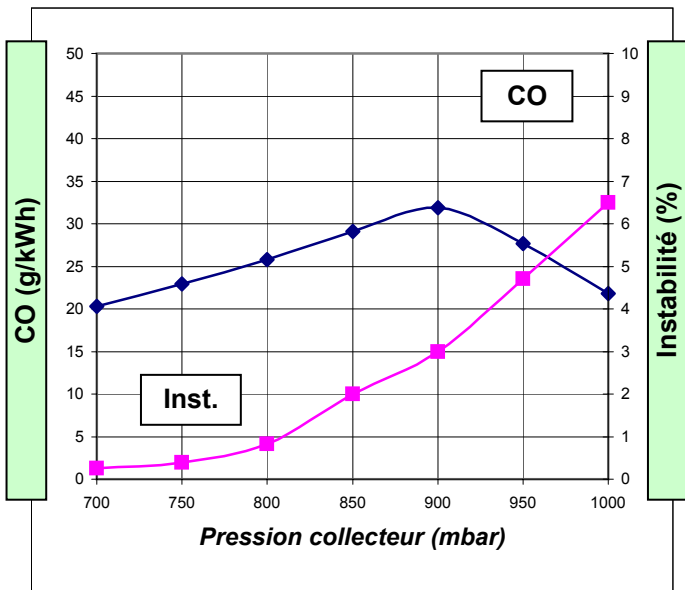
° vilebrequin



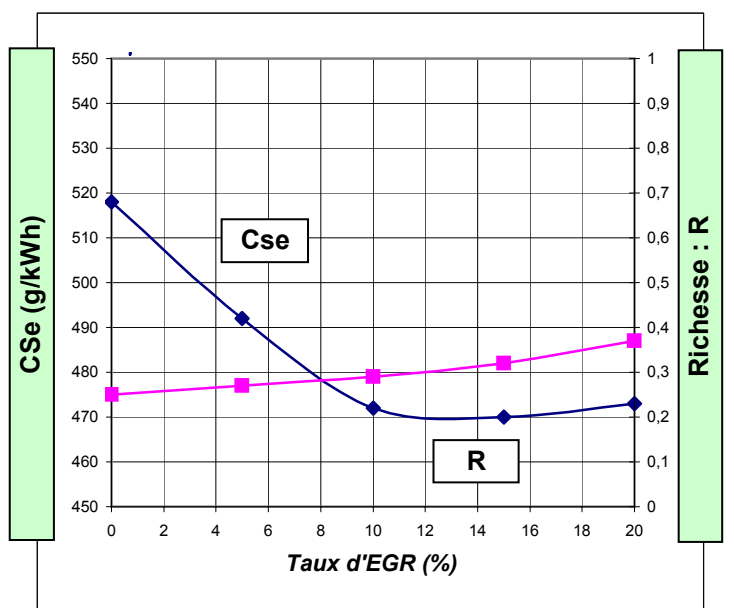
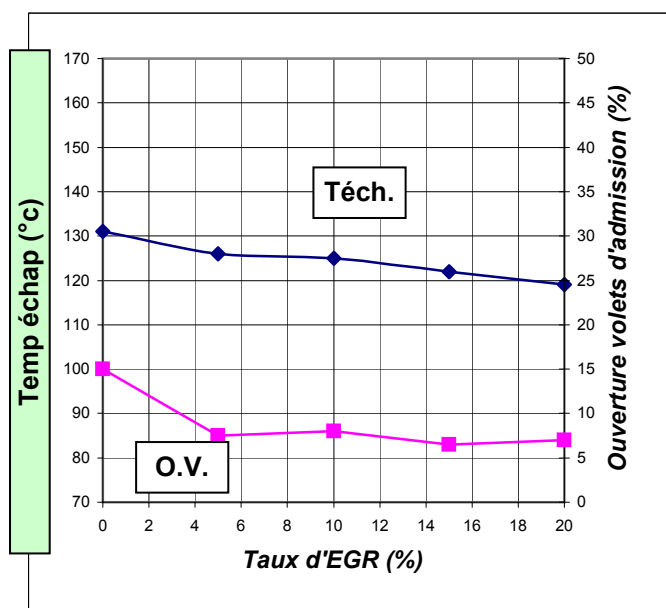
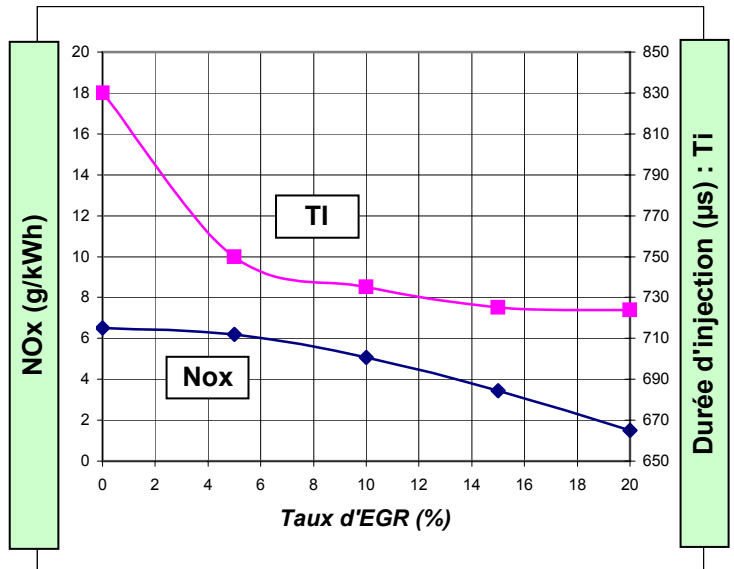
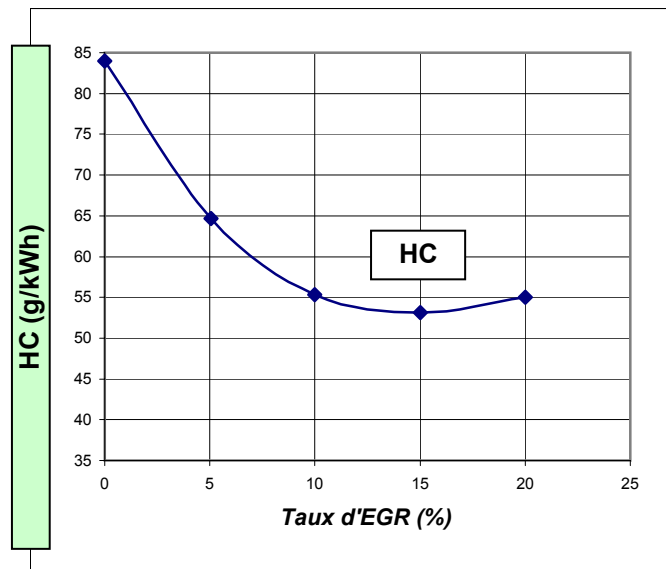
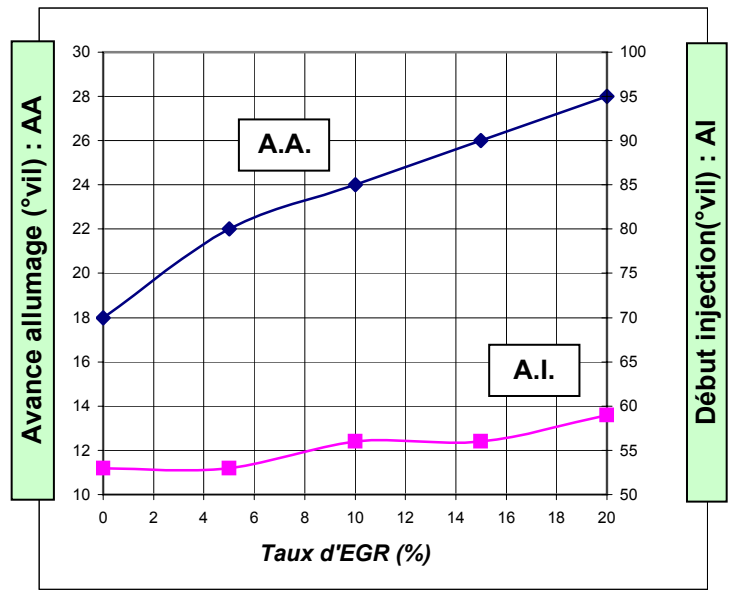
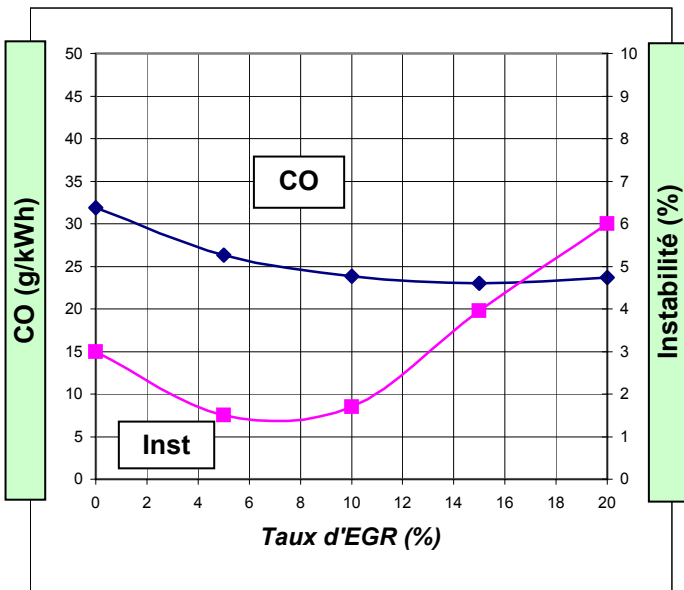
Moteur en fonctionnement homogène
Balayage de richesse sur point 1500 tr/min 1 bar ; sans E.G.R.



Moteur en fonctionnement stratifié
Balayage de pression admission 1500 tr/min 1 bar ; Pinj. 100 bar ; sans E.G.R.



Moteur en fonctionnement stratifié
Balayage de EGR sur point 1500 tr/min 1 bar
pression collecteur 900 mbar ; pression d'injection 100 bars



Moteur en fonctionnement stratifié
 Balayage volets d'admission sur point 1500 tr/min 1 bar
 Pcoll. 900 mbar ; Pinj. 100 bar ; E.G.R. 15 %

