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 2012

ÉTUDE DES MOTEURS
U51 – EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEUR

Durée : 3 heures – Coefficient : 3

Documents et matériels autorisés :

Aucun autre document autre que le sujet n'est autorisé.

Moyens de calculs autorisés :

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable et alphanumérique à fonctionnement autonome, non imprimante, conformément à la circulaire N° 99-186 du 16 novembre 1999.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 21 pages numérotées de la façon suivante :

- Page de garde : page 1
- Présentation et composition du sujet : pages 2 et 3
- Questionnaire : pages 4 à 11
- Dossier technique : pages 12 à 18
- Dossier des documents réponses : pages 19 à 21

Documents à rendre avec la copie : DR1 (page 19), DR2 (page 20), DR3 (page 21)

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

CODE ÉPREUVE : MOE5EEM		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
SESSION : 2012	SUJET	*ÉPREUVE* : ÉTUDE DES MOTEURS U51 – EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEUR	
Durée : 3h	Coefficient : 3	SUJET N°03ED11	21 pages

PRESENTATION ET COMPOSITION DU SUJET

Un constructeur automobile souhaite mettre sur le marché un véhicule avec une motorisation essence atmosphérique équipée d'un calage variable de la distribution coté admission.

Objectif de l'étude

Dans le but de respecter la norme antipollution en cours, l'objectif de cette étude est de définir, **sur le point 2000 tr/min – PME = 2 bar**, les meilleurs réglages, par rapport à la consommation et aux émissions polluantes, du calage variable de la distribution et de l'avance à l'allumage.

NOTATIONS : Dans la suite de ce document :
- le dispositif de calage variable de la distribution côté admission sera noté VVT
- l'avance à l'allumage sera noté AA

Décomposition du sujet

Partie A : Analyse de la variation de position VVT et des évolutions de caractéristiques de fonctionnement moteur

Partie B : Analyse globale du balayage d'AA pour les différentes positions VVT testées

- Evolution de la combustion
- Evolution de la transformation de l'énergie
- Evolutions de la consommation et des émissions spécifiques de polluants

Partie C : Pour l'ensemble des positions VVT testées, synthèse des balayages d'AA

- Pour chaque position VVT testée, identification du réglage d'AA optimal vis-à-vis du rendement effectif
- Choix de la configuration optimale position VVT / AA par rapport aux attentes en consommation et en émissions polluantes du cahier des charges

Les trois parties du sujet sont indépendantes.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Temps conseillé

- Prise de connaissance du sujet : 10 minutes
- Partie A (pages 4 et 5) : 60 minutes
- Partie B (pages 6 à 10) : 90 minutes
- Partie C (page 11) : 20 minutes

Démarche de mise au point

Pour définir les meilleurs réglages de position VVT et d'AA, par rapport à la consommation et aux émissions polluantes, le constructeur a suivi la démarche de mise au point suivante sur le point d'étude (2000 tr/min – PME = 2 bar) :

- Balayage de 5 AA sur 4 positions VVT avec régulation de la PME à 2 bar et de la richesse de fonctionnement à 1 en agissant sur le remplissage en air et la quantité injectée

Position VVT	VVT1	VVT2	VVT3	VVT4
Avances à l'allumage	25.5/28.5 31.5/34.5/37.5	25.5/28.5 31.5/34.5/37.5	25.5/28.5 31.5/34.5/37.5	26.2/29.2 32.2/35.2/38.2

- Choix de la configuration finale VVT / AA par rapport à la consommation et aux émissions polluantes

Documents techniques :

- DT1 (page 12) : Caractéristiques moteur, carburant, air, PCI_{HC} et PCI_{CO}
- DT2 (page 13) : Résultats d'essais 2000 tr/min – PME 2 bar
- DT3 (page 14) : VVT4 – Balayage AA – Graphique 1 et graphique 2
- DT4 (page 15) : VVT4 – Balayage AA – Graphique 3 et graphique 4
- DT5 (page 16) : VVT4 – Balayage AA – Graphique 5 et graphique 6
- DT6 (page 17) : VVT4 – Balayage AA – Graphique 7 et graphique 8
- DT7 (page 18) : VVT4 – Balayage AA – Graphique 9 et graphique 10

Documents réponses :

- DR1 (page 19)
- DR2 (page 20)
- DR3 (page 21)

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

PARTIE A : Analyse de la variation de positions VVT et des évolutions de caractéristiques de fonctionnement moteur

Durée conseillée : 60 minutes

Documents nécessaires :

- Documents Techniques : DT1 (page 12), DT2 (page 13), DT3 (page 14)
- Document Réponse : DR1 (page 19)

Les objectifs de cette partie sont :

- **de découvrir l'évolution de l'épure de distribution en fonction de la variation de position VVT**
- **de découvrir, pour l'ensemble des positions VVT et des balayages d'AA testés, l'évolution des caractéristiques de fonctionnement moteur.**

Les sous parties A1 et A2 sont indépendantes.

A1/ Evolution de l'épure de distribution

Le document technique DT2 comporte pour les différentes positions VVT testées (VVT1, VVT2, VVT3 et VVT4) les angles d'épures de distribution avec jeu théorique.

A1.1/ Sur le document réponse DR1, complétez l'épure circulaire de distribution en positionnant* les ouvertures et fermetures des soupapes (AOE, RFE, AOA, RFA, etc...) d'admission et d'échappement pour les 4 positions VVT.

(* *REMARQUE : les angles d'épures d'admission comporteront le numéro de la position VVT – exemple : RFA1 = RFA de la position VVT1*)

A1.2/ Concluez quant aux évolutions (diminution ou augmentation) des moments d'ouverture et de fermeture des soupapes d'admission ainsi que de l'étalement (angle d'ouverture) lorsque la position VVT varie de VVT1 à VVT4.

A1.3/

a) Quelles sont les 2 conditions pour avoir du contre-balayage ?
b) Sachant que quelle que soit la position VVT :
- la pression d'admission est de l'ordre de 360 / 410 mbar
- la pression d'échappement est de l'ordre de 1024 mbar
existe-t-il une position VVT permettant d'avoir de l'EGR interne par contre-balayage ?
Justifiez votre réponse (2 lignes).

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

A2/ Evolution de caractéristiques de fonctionnement moteur

Le document technique DT1 comporte les caractéristiques du moteur, de l'essence et de l'air.

Pour les questions qui suivent (A2.1/ à A2.5/) :

- les calculs seront réalisés **uniquement pour la position VVT4 (RFA=11°) et l'avance à l'allumage de 29.2°** (VVT4-AA29.2)
- les commentaires et/ou analyses des courbes seront relatifs à l'évolution **globale** des grandeurs étudiées **pour l'ensemble des balayages VVT sur la plage de balayage d'AA**

Les résultats d'essais à prendre en compte sont donnés sur le document technique DT2.

A2.1/ Ecrivez l'équation de combustion stoechiométrique du carburant dans l'air puis déterminez le PCO du carburant.

A2.2/ Pour le moteur 6 cylindres de l'étude, établissez l'expression de la masse de carburant injectée par cycle.cylindre $m_{carb/cc}$ (en mg/cc) en fonction de la consommation (en kg/h).
Déterminez la valeur de $m_{carb/cc}$ (en mg/cc).

A2.3/ A partir de la richesse 5 gaz, déterminez la valeur de la masse d'air admise par cycle.cylindre (en mg/cc).

Les graphiques 1 et 2 du document technique DT3 représentent les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, des quatre grandeurs $m_{carb/cc}$, $m_{air/cc}$, richesse et couple.

A2.4/ A l'aide du graphique 2 du document technique DT3, estimez la valeur moyenne du couple moteur C (en N.m).
Vérifiez par calcul, à partir de la PME du point de fonctionnement moteur étudié, la valeur du couple moteur C (en N.m).

A2.5/ A partir du graphique 1, justifiez (3 lignes maxi) les évolutions globales relatives de la $m_{carb/cc}$ et de la $m_{air/cc}$ par rapport à la démarche de mise au point à richesse constante.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

PARTIE B : Analyse globale du balayage d'AA pour les différentes positions VVT testées

Durée conseillée : 90 minutes

Documents nécessaires :

- Documents Techniques : DT1 (page 12), DT2 (page 13), DT3 (page 14), DT4 (page 15), DT5 (page 16), DT6 (page 17), DT7 (page 18)
- Documents Réponses : DR1 (page 19), DR2 (page 20)

Les objectifs de cette partie sont, pour l'ensemble des positions VVT et des balayages d'AA testés :

- **d'analyser l'évolution de la combustion**
- **d'analyser les variations de la transformation de l'énergie**
- **d'analyser les évolutions de la consommation et des émissions spécifiques de polluants**

Pour toutes les sous-parties qui suivent (B1, B2, B3, et B4) :

- les calculs seront réalisés **uniquement pour la position VVT4 (RFA=11°) et l'avance à l'allumage de 29.2°** (VVT4-AA29.2)
- les commentaires et/ou analyses des courbes seront relatifs à l'évolution **globale** des grandeurs étudiées **pour l'ensemble des balayages VVT sur la plage de balayage d'AA**

Les résultats d'essais à prendre en compte pour les calculs sont donnés sur le document technique DT2.

Les sous parties B1, B2, B3, et B4 sont indépendantes.

B1/ Evolution de la combustion

Les graphiques 3 et 4 du document technique DT4 représentent les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, des grandeurs :

- CA10, CA50, CA90
- Pression cylindre maxi, angle de pression cylindre maxi et vitesse maximale de dégagement d'énergie (HLC) (grandeur exprimée volontairement sans unité)

B1.1/ Donnez les définitions du CA50 et de la vitesse maximale de dégagement d'énergie.

Sur le graphique « Fraction brûlée et libération d'énergie » du document réponse DR1 :

- Positionnez les points correspondants à l'AA, le CA10, le CA50 et le CA90 puis tracez à main levée la forme de la courbe de fraction brûlée.
- A partir des points précédemment positionnés, représentez graphiquement le délai d'auto inflammation et l'étalement de combustion.
- Représentez la loi de dégagement d'énergie en justifiant votre tracé (3 lignes). Donner une unité de HLC.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

B1.2/ A partir des graphiques 3 et 4 du document technique DT4 et du document technique DT2, complétez le tableau réponse 1 du document réponse DR2 en donnant pour les grandeurs demandées, **pour une augmentation de l'AA**, une estimation des valeurs à l'AA mini, à l'AA maxi et les variations correspondantes.

B1.3/ **Pour une augmentation de l'AA**, justifiez les évolutions globales du CA10 et du CA50 (3 lignes maxi).

B2/ Evolution de la transformation de l'énergie (pressions moyennes)

Les graphiques 5 et 6 du document technique DT5 représentent les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, des pressions moyennes PME, PMI, PMF, PMI_{HP} et PMI_{BP}

B2.1/

- Donnez la définition de la PMI_{BP}
- Sur le document DR2 « Pression cylindre – Volume cylindre » tracer les pressions échappement et admission.
- Complétez le graphique en représentant l'allure de la boucle basse pression pour le point de fonctionnement étudié (2000 tr/min – PME=2 bar) avec un volume au PMH de 49.6 cm^3 et un volume au PMB de 540.6 cm^3.
- Justifiez le signe négatif de la PMI_{BP} et sa valeur.

B2.2/ Ecrivez la relation donnant la PMI en fonction de la PMI_{HP} et de la PMI_{BP} en bar.

B2.3/ Ecrivez la relation entre PME, PMI et PMF.

B3/ Evolution de la transformation de l'énergie (rendements)

B3.1/ Donnez les définitions puis calculez, par la méthode de votre choix, les rendements effectif (η_{eff}), indiqué (η_{ind}) puis mécanique (η_{meca}) (en %).

B3.2/ Calculez la CSE (en g/kWh).

B3.3/ a) Exprimez la puissance effective (kW) en fonction de la PME (bar), de la cylindrée (cm^3) et du régime (tr/min).

b) Exprimez le débit de carburant (g/h) en fonction de la masse de carburant consommée par cycle et par cylindre (mg/cc) et le régime moteur (tr/min).

c) Exprimez la CSE (g/kW.h) en fonction de la PME (bar) et de la masse de carburant consommée (mg/cc).

d) A partir du graphique 1 du document technique DT3, déterminez la position VVT qui permet d'avoir une CSE mini. Pour cette position choisir l'AA permettant d'avoir la CSE mini. Justifiez votre choix en détaillant votre raisonnement à partir de la condition de l'essai à iso-PME (6 lignes maxi).

B3.4/ Afin de déterminer le rendement de combustion (η_{comb}), calculez les émissions spécifiques de HC et de CO (en g/kWh) ; vous assimilerez les HC à du carburant.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Rappel : *Emission spécifique d'un polluant p*

$$E_{sp} = CSE \times \frac{[p]}{([CO_2]+[CO]+[HC])} \times \frac{M_p}{M_{carb}}$$

avec :

E_{sp} : émission spécifique du polluant p (g de polluant /kW.h)
CSE : consommation spécifique effective (g de carburant /kW.h)
$[x]$: concentration volumique de l'espèce x (%)
M_p : masse molaire du polluant p (g/mole)
M_{carb} : masse molaire du carburant (g/mole)

Exemple pour le CO avec un carburant CH_y :

$$E_{sCO} = CSE \times \frac{[CO]}{([CO_2]+[CO]+[HC])} \times \frac{28}{12+y}$$

B3.5/ On souhaite à présent établir l'expression du rendement de combustion (η_{comb}).

Pour cela :

B3.5.1/ Etablissez l'expression du rendement de combustion (η_{comb}) en fonction de la puissance chimique du carburant P_{carb} et des puissances chimiques P_{HC} et P_{CO} des HC et CO présents à l'échappement.

B3.5.2/ Etablissez les expressions des puissances chimiques P_{HC} et P_{CO} des HC et CO présents à l'échappement à partir :

- de la puissance effective P_{eff}
- des PCI du carburant (PCI_{HC}) et du CO (PCI_{CO})
- des émissions spécifiques de HC (E_{sHC}) et de CO (E_{sCO})

Pour la question suivante, vous prendrez les valeurs suivantes :

P_{carb} = 46.4 kW $\quad$ P_{eff} = 9.83 kW

E_{sHC} = 5.85 g/kWh $\quad$ E_{sCO} = 31.7 g/kWh

B3.6/ Calculez le rendement de combustion (η_{comb}) en % en assimilant les HC à du carburant.

B3.7/ Rappelez la relation liant les rendements effectif (η_{eff}), de combustion (η_{comb}), thermodynamique théorique ($\eta_{thermo\ théo}$), de forme (η_{forme}) (appelé aussi rendement de cycle (η_{cycle})), et mécanique ($\eta_{méca}$).

Déduisez de ce qui précède le rendement de cycle (η_{cycle}) en %.

Rappel : $\eta_{thermo_théo} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$

Les graphiques 7 et 8 du document technique DT6 représentent les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, des rendements (indiqué (η_{ind}), effectif (η_{eff}), mécanique ($\eta_{méca}$), de combustion (η_{comb}) et de forme (η_{forme})).

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Le tableau suivant résume les **variations maxi** de chacun de ces rendements sur la plage de variation d'avance à l'allumage (25.5° à 38.2°).

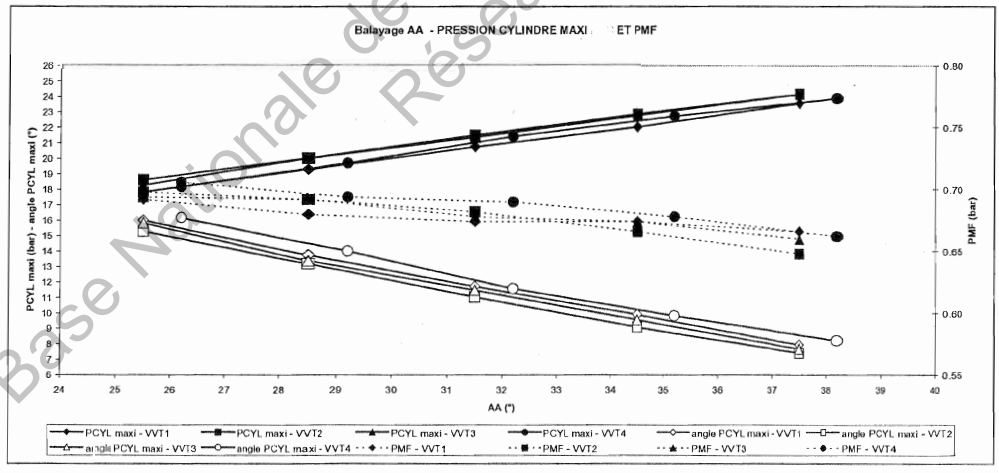
Position VVT	***fixe***						
AA	***balayage***						
Rendement	effectif	combustion	forme	mécanique	*indiqué*	*Indiqué HP*	*Indiqué BP*
Variations maxi (%)	0.26 à 0.43	0.54 à 0.87	0.85 à 1.34	0.63 à 1.40	*0.63 à 0.95*	*0.84 à 1.13*	*0.17 à 0.22*

B3.8/ A partir du tableau ci-dessus, identifiez, dans le produit des rendements, les 2 rendements les plus impactés par la variation d'AA.

B3.9/ Le graphique suivant représente les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, de la pression cylindre maxi et de l'angle de pression cylindre maxi et de la PMF.

Etablissez la relation liant le rendement mécanique ($\eta_{méca}$) à la PME et la PMF.

A partir de la relation établie ci-dessus et du graphique suivant, justifiez l'augmentation du rendement mécanique ($\eta_{méca}$) lorsque l'AA augmente (la PME sera considérée constante égale à 2 bar) (3 lignes maxi).



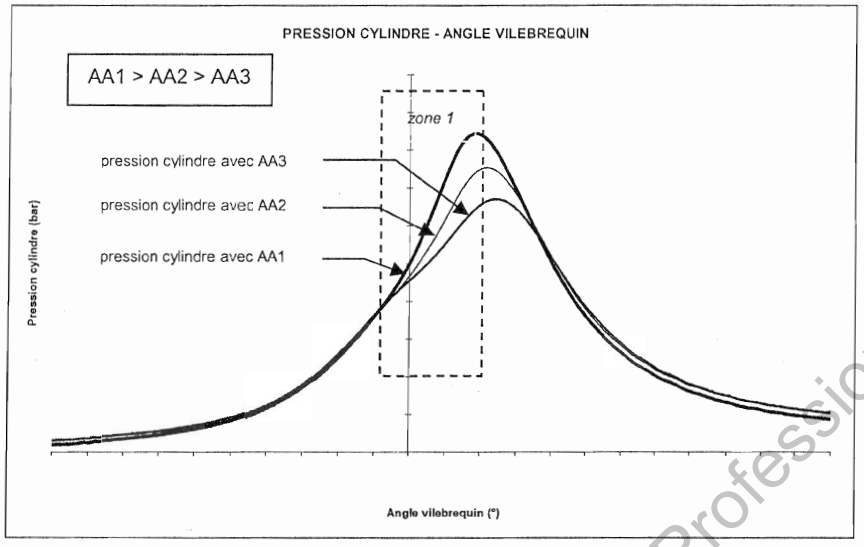
B4/ Evolution de la consommation et des émissions spécifiques de polluants

Les graphiques 9 et 10 du document technique DT7 représentent les évolutions, en fonction de l'avance à l'allumage, des émissions spécifiques de polluants et de la consommation spécifique effective.
Il apparaît globalement que les émissions spécifiques des polluants HC, CO et NOx augmentent quand l'avance à l'allumage passe de 25.5° à 38.2°.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Le graphique ci-dessous représente l'allure de l'évolution de la pression cylindre sur un point de fonctionnement moteur en fonction des 3 réglages de l'avance à l'allumage :

AA1 > AA2 > AA3



Dans le cadre des essais réalisés dans cette étude et à partir de l'évolution, en fonction de l'avance à l'allumage, de la pression cylindre dans la zone 1 (voir graphique précédent) :

B4.1/ Justifiez l'augmentation de l'émission spécifique de NOx quand l'avance à l'allumage augmente (4 lignes maxi).

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

PARTIE C : Synthèse des balayages d'avance à l'allumage et de position VVT

Durée conseillée : 20 minutes

Documents nécessaires :

- Documents Techniques : DT2 (page 13), DT7 (page 18)
- Documents Réponses : DR3 (page 21)

Dans la partie précédente, il est apparu que le balayage d'avance impacte notamment la consommation spécifique effective CSE et les émissions spécifiques des polluants HC, CO et NOx.

L'objectif de cette partie est d'effectuer une synthèse des résultats sur les grandeurs précédentes pour l'ensemble des positions VVT, et de choisir la configuration optimale position VVT / AA par rapport aux attentes en consommation et en émissions polluantes du cahier des charges.

C1/ Choix de la configuration optimale position VVT / AA

Le point de fonctionnement moteur étudié (2000 tr/min – PME = 2 bar) est un point du cycle de pollution normalisé avec départ à froid.

De façon à minimiser la consommation (et donc l'émission de CO_2) tout en limitant les polluants, le cahier des charges impose par ordre de priorité (du plus important au moins important) :

- CSE ≤ 400 g/kW.h
- Stabilité PMI < 1 %
- NOx mini
- HC mini
- CO mini

C1.1/ A l'aide des graphiques 9 et 10 du document technique DT7 et du tableau des résultats d'essais du document technique DT2, complétez le tableau réponse 2 du document réponse DR3 en indiquant pour chaque point du cahier des charges la valeur d'AA de la(les) configuration(s) position VVT / AA acceptable(s).

A chaque étape rayez les cases en dehors du cahier des charges (voir modèle VVT1 et VVT4 pour le cahier des charges concernant la CSE).

C1.2/ Choisir la configuration optimale position VVT / AA vis-à-vis du cahier des charges pour le point de fonctionnement du moteur étudié.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT1

Caractéristiques moteur, carburant, air, polluants

Caractéristiques moteur

Moteur essence atmosphérique 4 temps – 6 cylindres - Injection indirecte

Cylindrée : 2946 cm^3

Alésage (mm) × course (mm) : 87 × 82.6

Rapport volumétrique : 10.9 à 1

4 soupapes par cylindre – 1 AAC (arbres à cames) admission – 1 AAC échappement

Jeu théorique à l'admission et à l'échappement : 1 mm

Caractéristiques de l'essence $CH_{y/x}$

Densité : 0.76

Rapport H/C : 1.88

Pouvoir Calorifique Inférieur : PCI_m = 42500 kJ/kg

Air

O_2 + 3.78 N_2

Coefficient isentropique de l'air : γ_{air} = 1.4

Constante des gaz parfaits : r = 287 J/kg.K

Conditions standards : 1000 mbar, 25°C

Pouvoirs calorifiques des polluants HC et CO

PCI_{HC} = 42500 kJ/kg PCI_{CO} = 10100 kJ/kg

Masses molaires

C : 12 g/mole H : 1g/mole N : 14 g/mole O: 16 g/mole

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT2 – Résultats d'essais 2000 tr/min – PME 2 bar

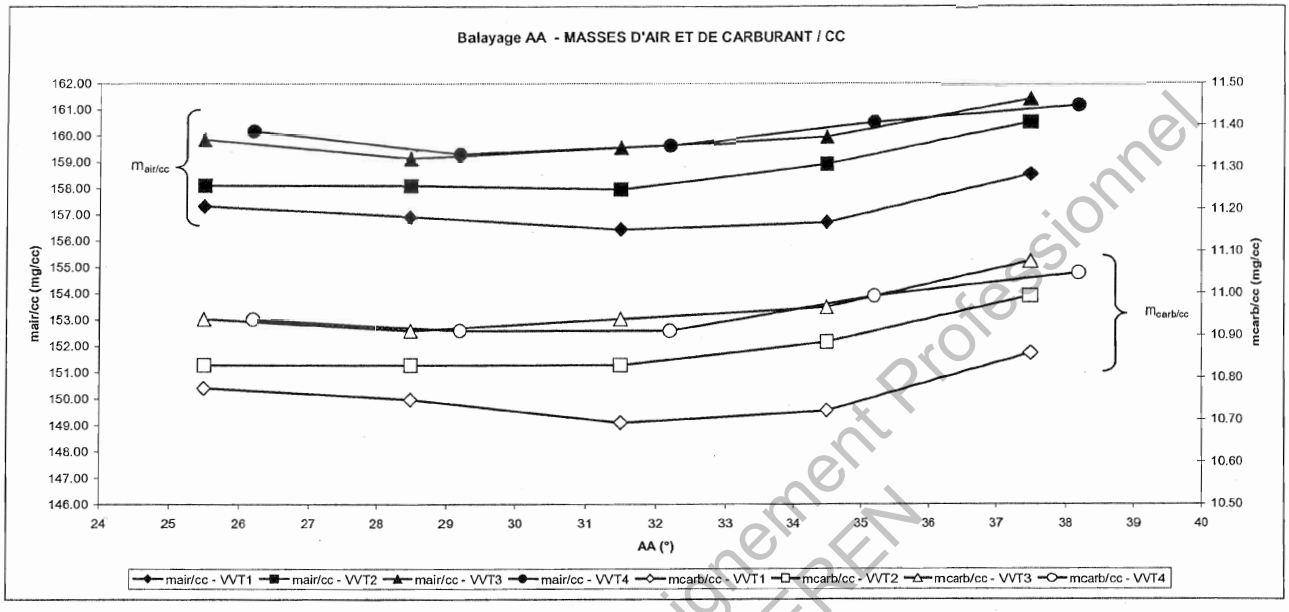
Résultats d'essais à utiliser pour les calculs pour la position VVT4 (RFA=11°) et l'avance à l'allumage de 29.2° (VVT4-AA29.2)

Point de foncitonnement moteur																					
Régime	tr/min	2002	2005	2005	2005	2005	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	**2002**	2002	2002	2002
PME	bar	2.00	2.00	2.00	1.98	1.99	2.00	2.00	1.99	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	**2.00**	1.99	2.00	2.00
Position VVT / Epure de distribution		VVT1					VVT2					VVT3					VVT4				
Ouverture Admission (OA): si OA<0 alors ROA	°vilo	-22					-12					-2					3				
Retard Fermeture Admission (RFA)	°vilo	36					26					16					11				
Avance Ouverture Echappement (AOE)	°vilo	35					35					35					35				
Avance Fermeture Echappement (AFE)	°vilo	7					7					7					7				
Réglages moteur																					
Avance à l'allumage (AA)	°vilo	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	26.2	**29.2**	32.2	35.2	38.2
Consommation	kg/h	3.883	3.879	3.859	3.869	3.918	3.903	3.903	3.903	3.922	3.962	3.942	3.932	3.942	3.952	3.991	3.942	**3.932**	3.932	3.962	3.981
Pressions et températures moteur																					
Pression air ambiant	mbar	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023	**1023**	1023	1023	1023
Température air ambiant (amont filtre)	°C	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	**21**	21	21	21
Pression air plenum (collecteur)	mbar	409	409	410	408	414	384	384	384	386	390	369	369	369	372	375	365	**365**	365	367	368
Température air entrée cylindre (amont soupapes ADM)	°C	31	31	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	**30**	30	31	31
Pression échappement	mbar	1024	1024	1023	1024	1025	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	**1024**	1024	1024	1024
Température échappement	°C	523	518	515	511	508	520	516	512	509	508	523	517	513	510	508	523	**519**	514	510	508
Température eau sortie moteur	°C	93	93	93	91	92	92	92	92	92	93	93	92	93	92	91	92	**92**	91	93	94
Température huile	°C	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	**85**	85	85	85
Analyse de gaz																					
HC	ppm	1931	2071	2185	2293	2368	2171	2293	2334	2382	2473	2093	2197	2300	2413	2500	2162	**2247**	2436	2496	2589
NOx	ppm	1869	2166	2391	2622	2879	2094	2321	2561	2786	2992	2106	2296	2560	2787	2997	2049	**2322**	2578	2821	3030
CO	%	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.5	**0.6**	0.6	0.7	0.7
O2	%	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	**0.5**	0.5	0.5	0.5
CO2	%	14.5	14.4	14.4	14.3	14.3	14.5	14.5	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.5	14.4	14.6	**14.5**	14.5	14.5	14.4
Compatibilité	/	99.3	99.5	99.4	99.5	99.6	99.5	99.4	99.5	99.6	99.8	99.3	99.5	99.6	99.6	99.8	99.6	**99.5**	99.6	99.8	99.8
Richesse 5 gaz	/	1.000	1.000	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.001	1.000	1.000	0.999	1.001	1.001	1.001	1.002	0.997	**1.000**	0.998	1.000	1.001
Pression cylindre																					
PMI	bar	2.69	2.68	2.67	2.65	2.66	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.69	2.69	2.68	2.67	2.66	2.70	**2.69**	2.68	2.68	2.66
PMIHP	bar	3.36	3.35	3.34	3.32	3.31	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.40	3.40	3.39	3.38	3.36	3.41	**3.41**	3.40	3.39	3.37
PMIBP	bar	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.66	-0.69	-0.69	-0.69	-0.68	-0.68	-0.71	-0.71	-0.71	-0.70	-0.70	-0.71	**-0.72**	-0.72	-0.71	-0.71
Stabilité PMI	%	1.0	0.9	0.9	1.2	1.6	0.9	0.9	1.0	1.3	1.6	1.0	0.8	1.0	1.3	1.6	1.1	**0.9**	1.0	1.2	1.7
CA5	°	-4.0	-6.3	-8.4	-10.5	-12.8	-4.4	-6.6	-8.8	-11.0	-13.0	-3.9	-6.3	-8.3	-10.4	-12.6	-3.9	**-6.1**	-8.5	-10.4	-12.3
CA10	°	-0.7	-3.1	-5.3	-7.3	-9.7	-1.2	-3.4	-5.7	-7.9	-10.0	-0.7	-3.1	-5.2	-7.3	-9.5	-0.6	**-2.8**	-5.3	-7.2	-9.2
CA50	°	12.1	9.3	6.7	4.3	1.6	11.1	8.5	5.8	3.3	1.0	12.0	8.9	6.5	4.0	1.5	12.3	**9.6**	6.6	4.3	2.1
CA90	°	32.2	30.7	29.7	29.0	28.4	31.4	30.2	29.2	28.5	28.2	32.4	30.6	29.6	28.9	28.3	32.2	**30.7**	29.4	28.7	28.4
Vitesse maxi de dégagement d'énergie (HLC)	° vilo	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4	4.6	4.8	5.1	5.4	5.6	4.5	4.8	5.1	5.3	5.6	4.4	**4.7**	5.0	5.2	5.4
PCYL maxi	bar	17.8	19.3	20.8	22.0	23.6	18.6	20.0	21.5	22.9	24.2	18.3	20.0	21.4	22.8	24.2	18.2	**19.7**	21.4	22.7	23.9
Angle vilebrequin à PCYL max	°	16.0	13.8	11.7	9.9	7.9	15.3	13.2	11.1	9.1	7.4	15.8	13.4	11.5	9.6	7.7	16.2	**14.0**	11.6	9.8	8.2

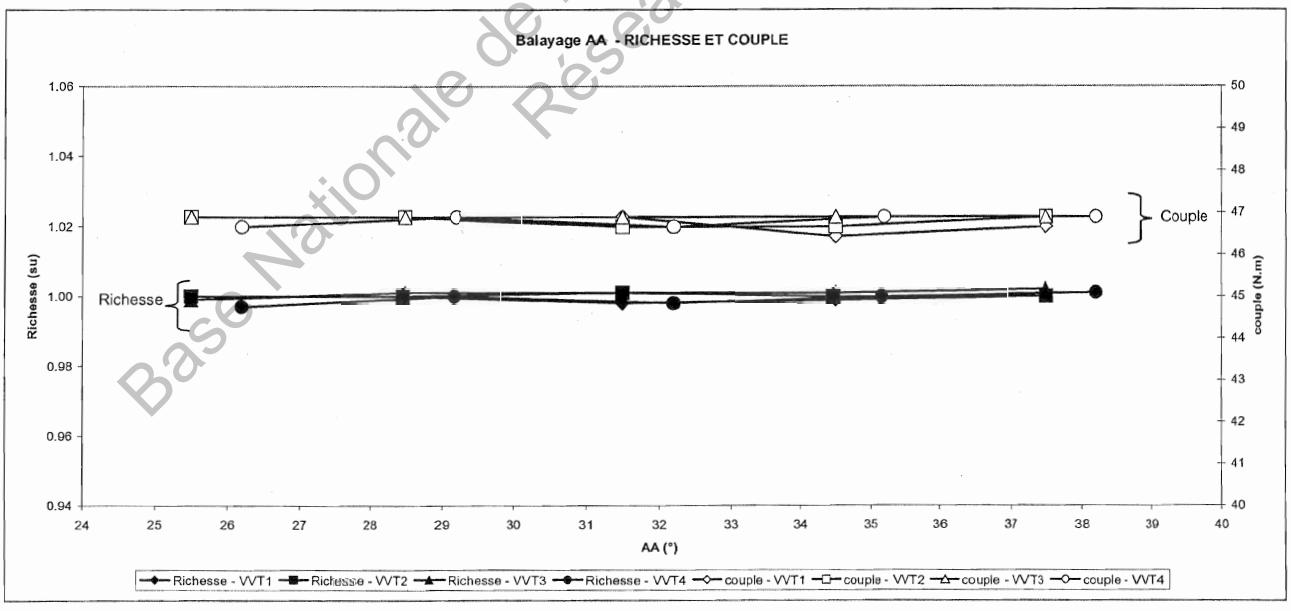
Tableau fourni pour l'épreuve U51 BTS MCI Session 2003 Nouméa

DOCUMENT TECHNIQUE DT3
VVT1 à VVT4 - Balayage AA
Graphique 1 et graphique 2

Graphique 1



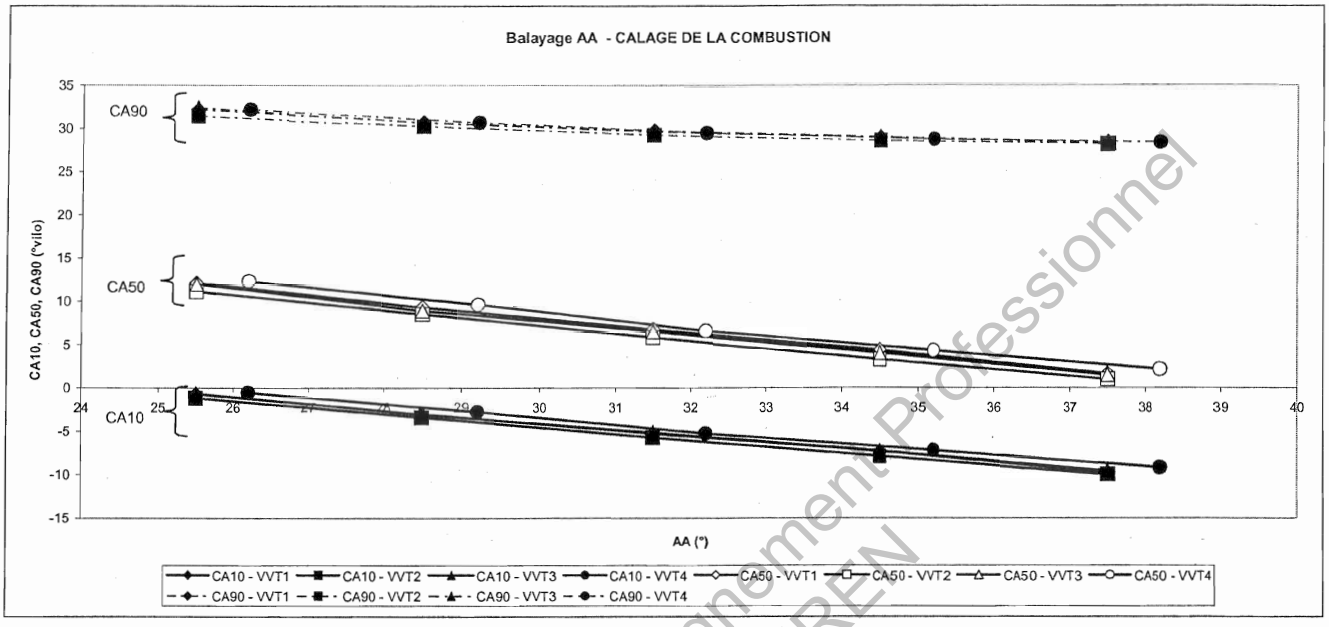
Graphique 2



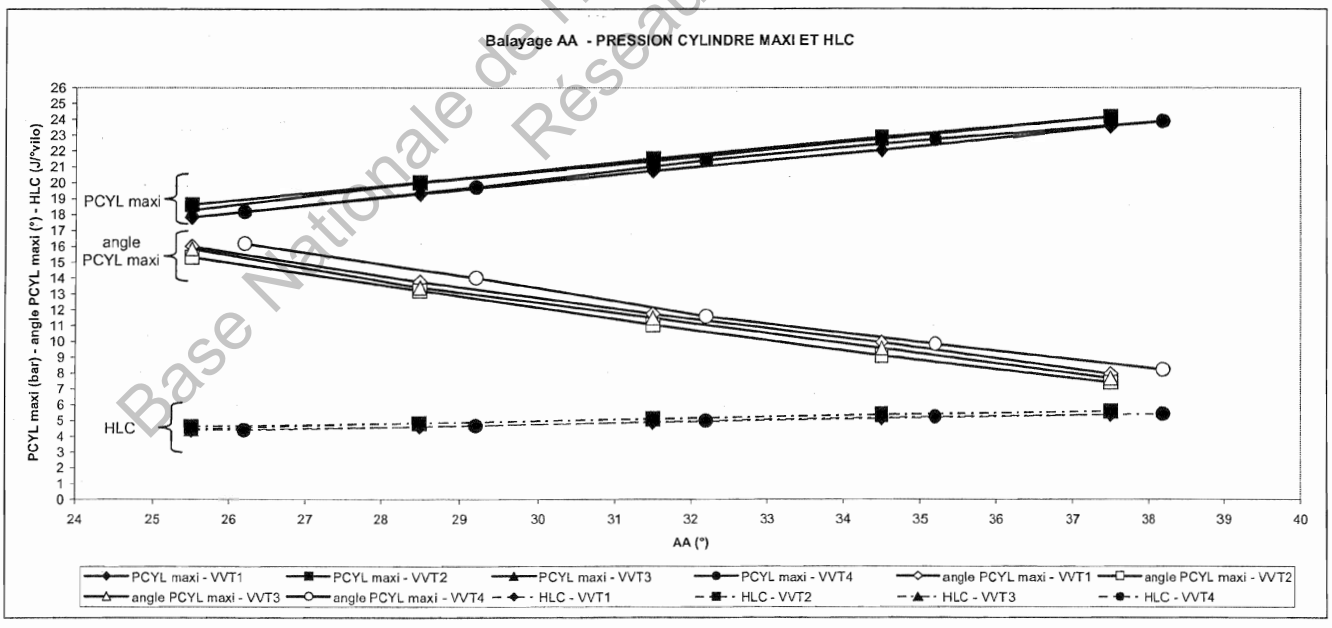
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT4
VVT1 à VVT4 - Balayage AA
Graphique 3 et graphique 4

Graphique 3



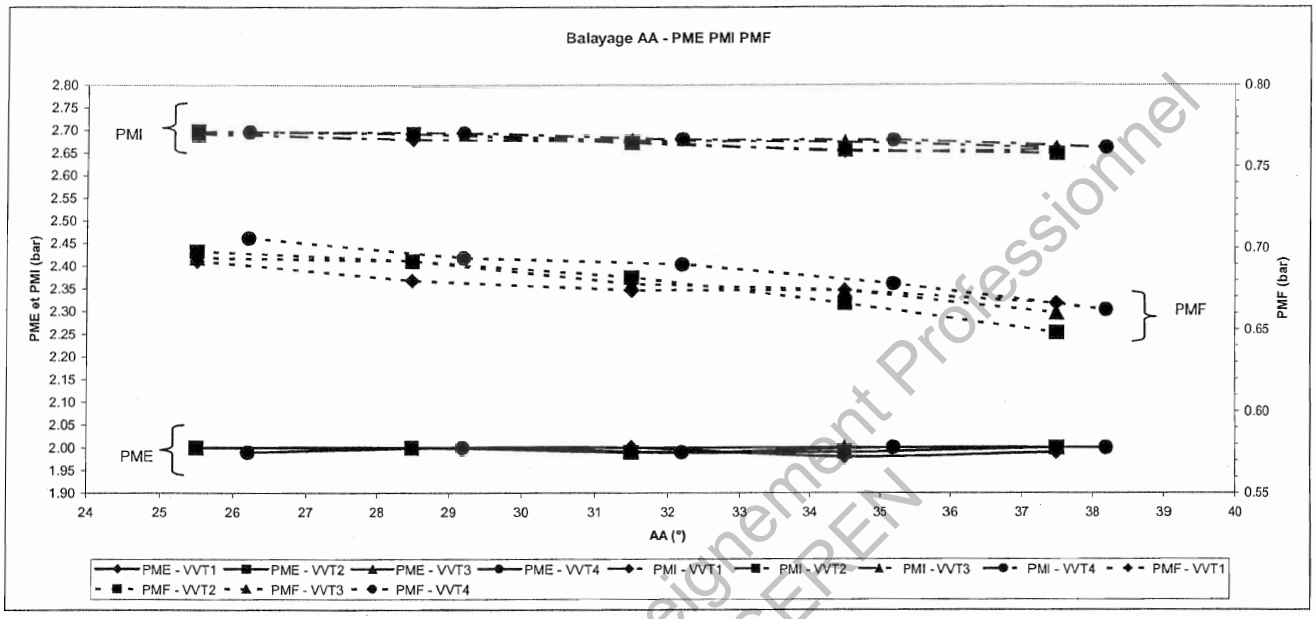
Graphique 4



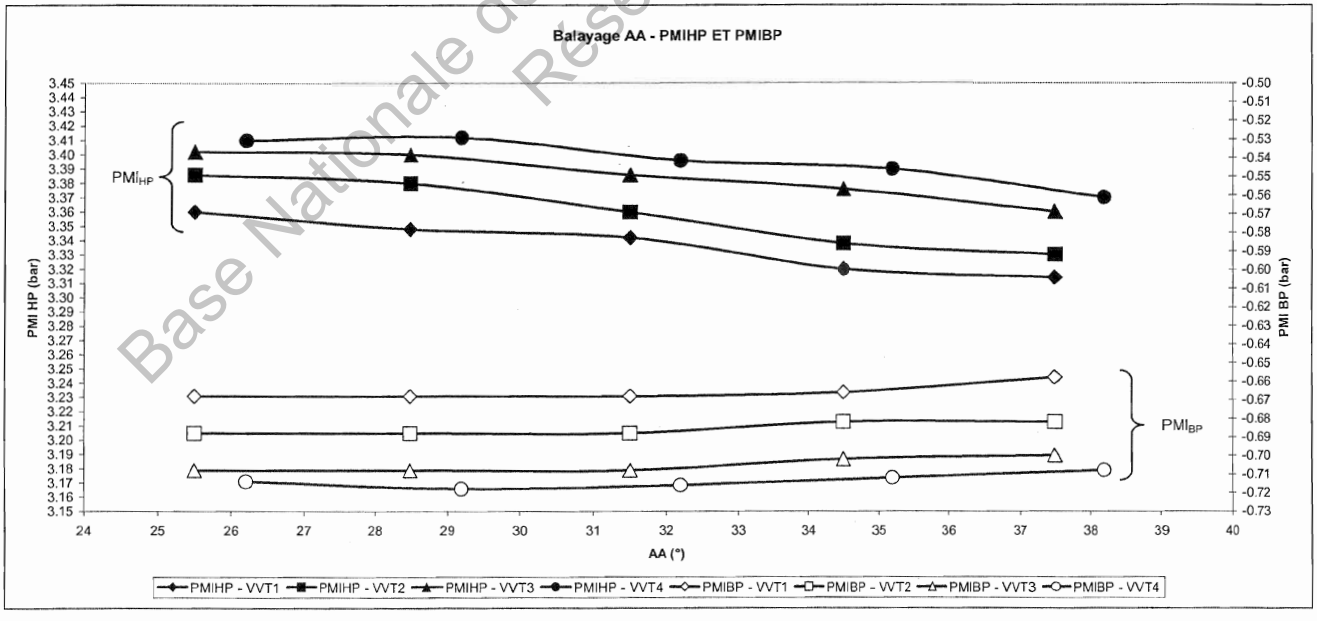
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT5
VVT1 à VVT4 – Balayage AA
Graphique 5 et graphique 6

Graphique 5



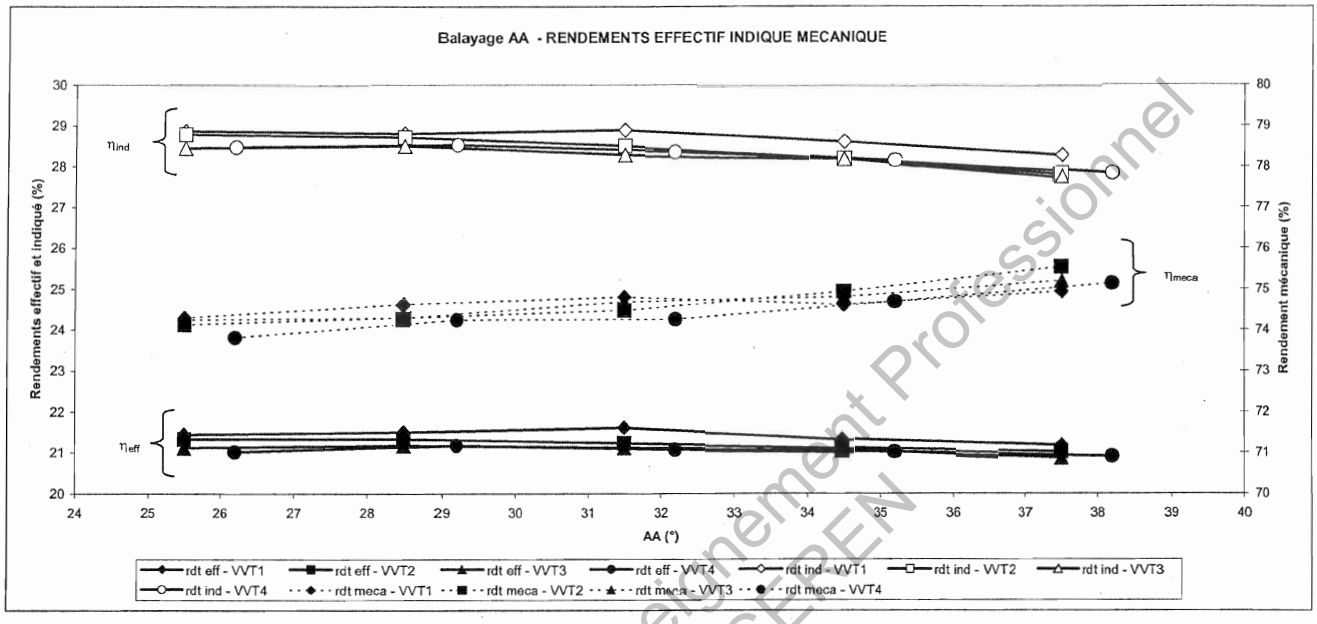
Graphique 6



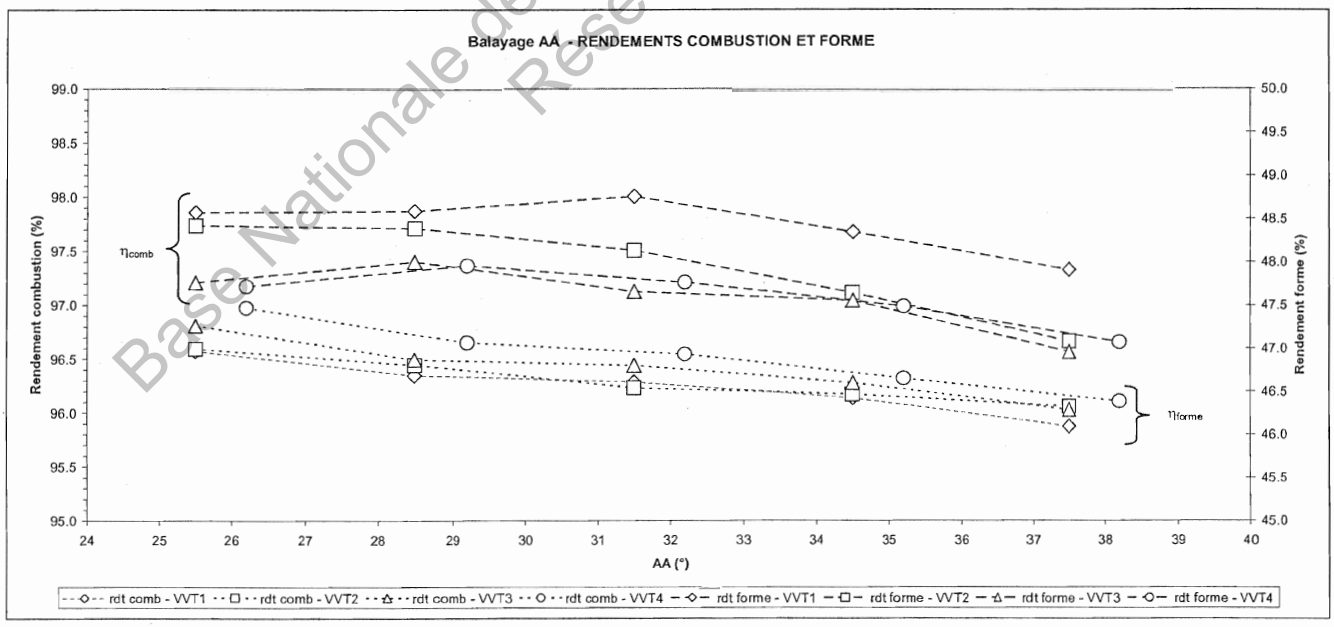
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT6
VVT1 à VVT4 – Balayage AA
Graphique 7 et graphique 8

Graphique 7



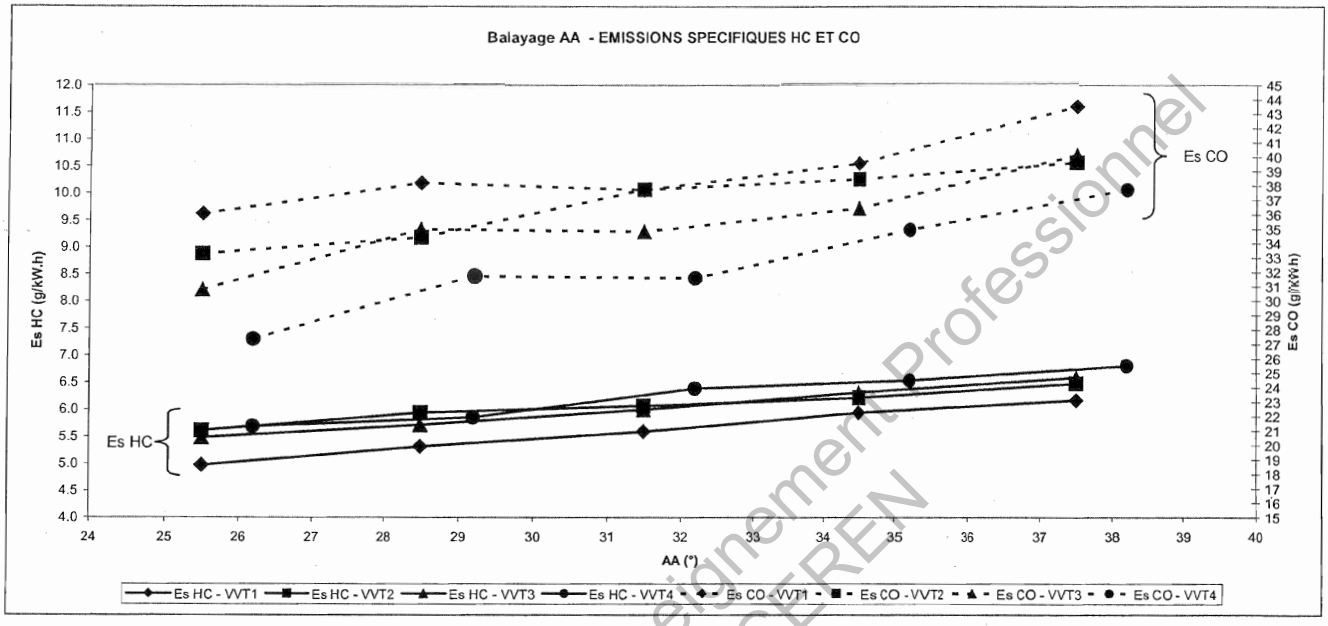
Graphique 8



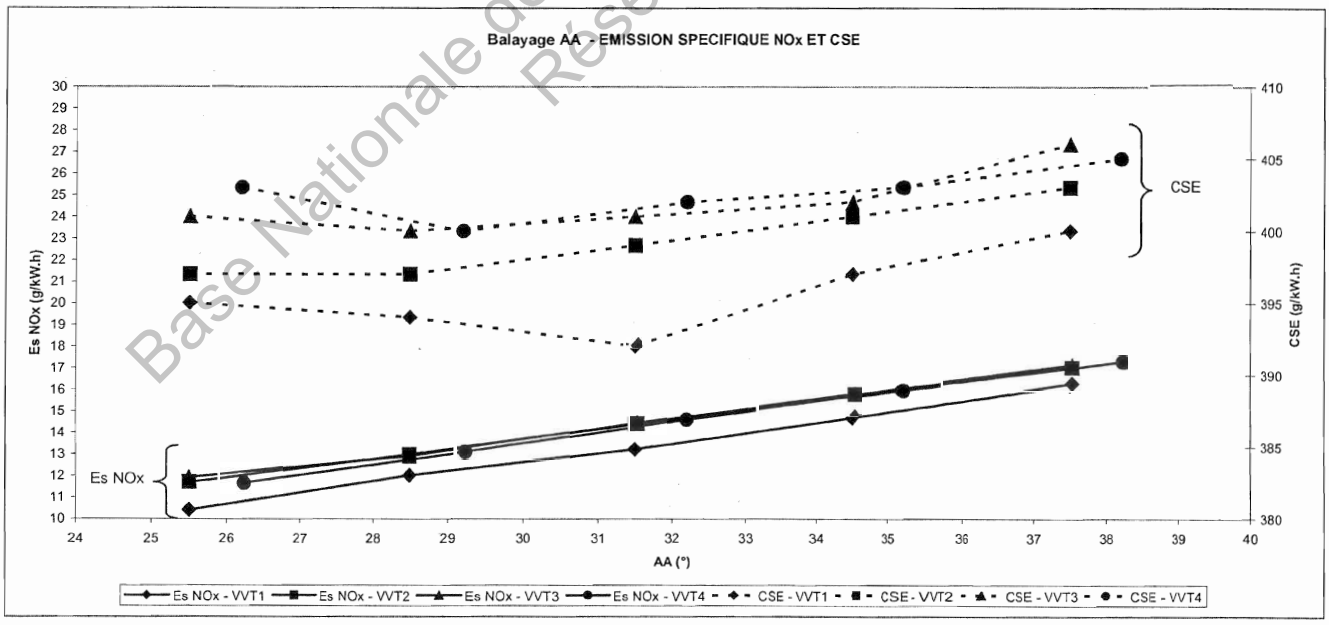
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT TECHNIQUE DT7
VVT1 à VVT4 – Balayage AA
Graphique 9 et graphique 10

Graphique 9



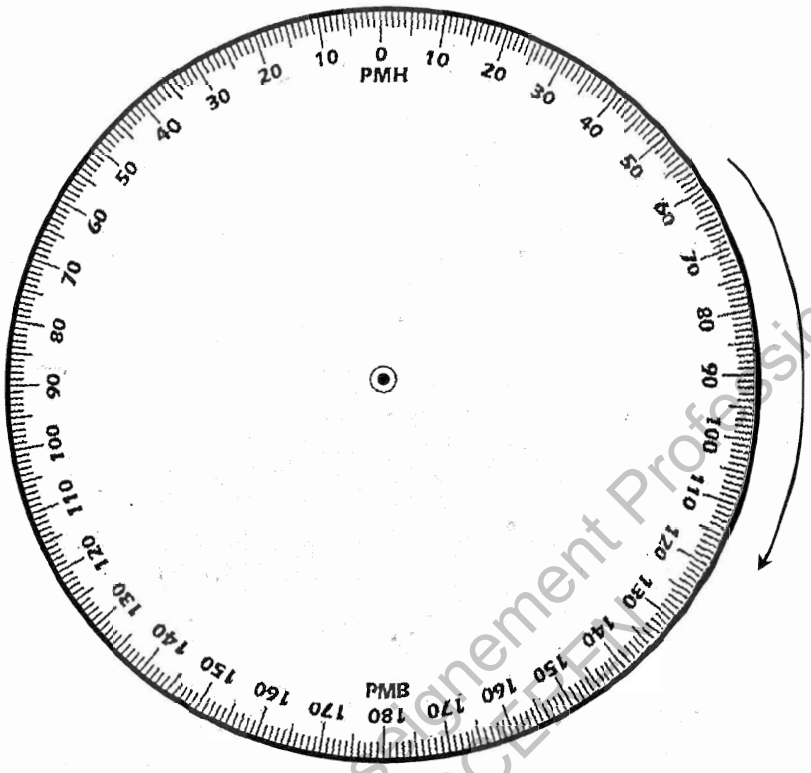
Graphique 10

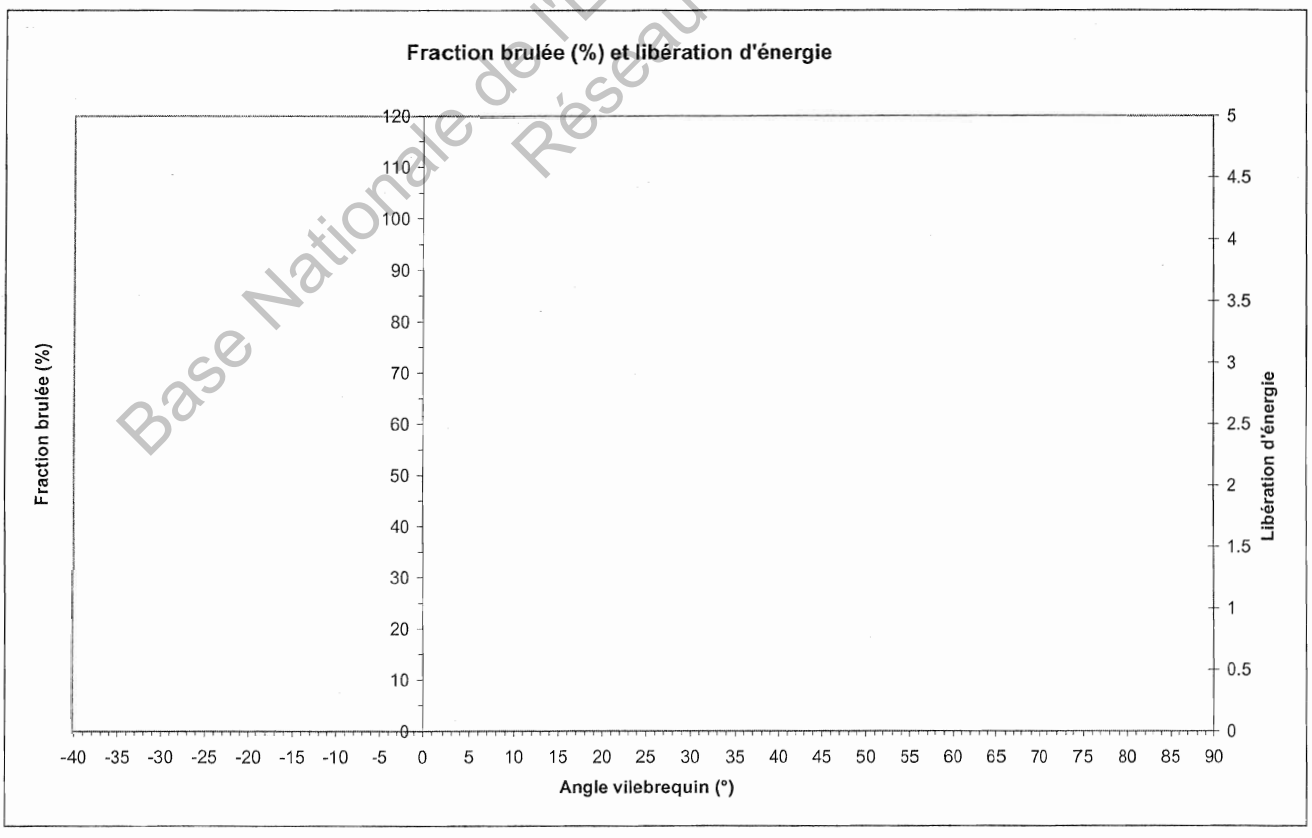


Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT REPONSE DR1

Epure circulaire de distribution





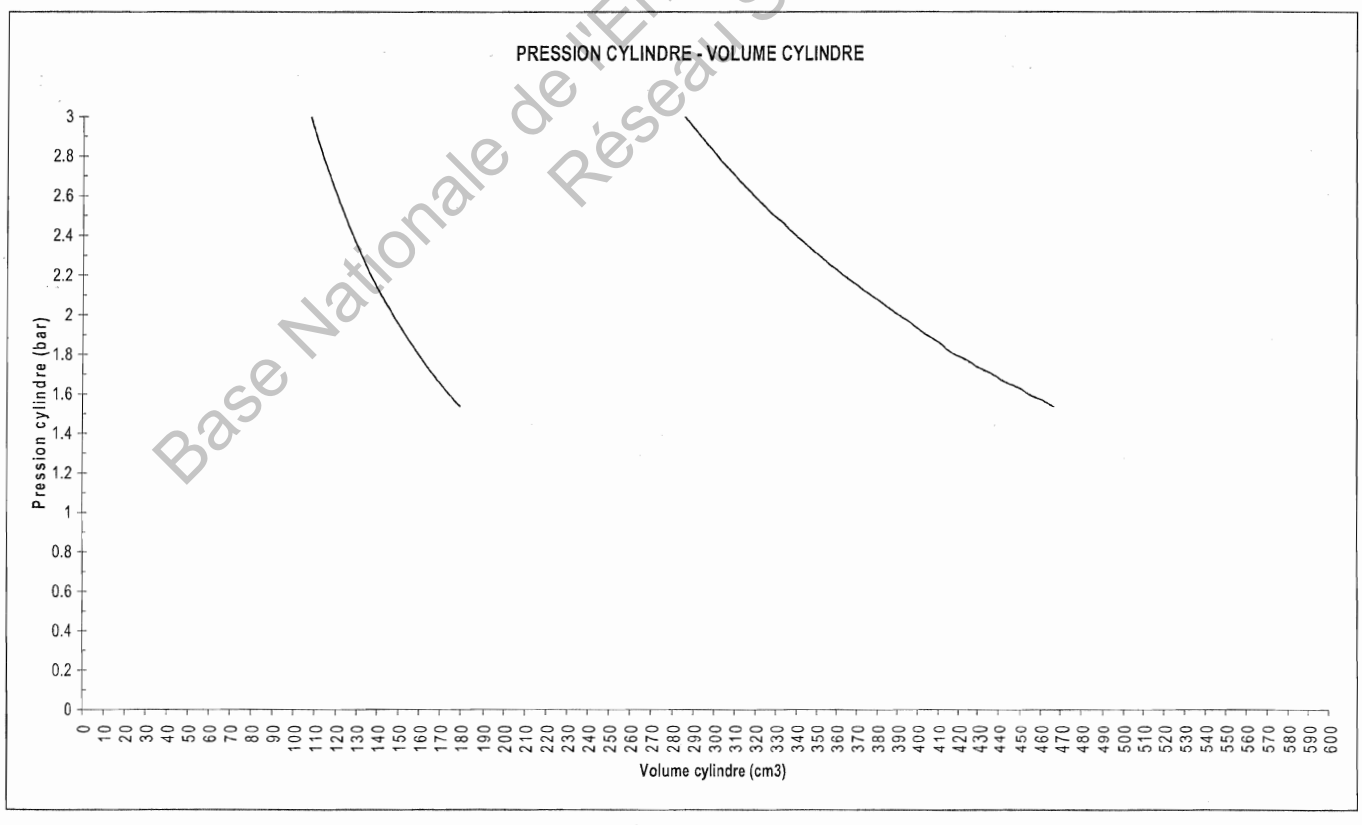
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

DOCUMENT REPONSE DR2

Tableau réponse 1

ESTIMATIONS GRAPHIQUES DES VARIATIONS pour une ***augmentation de l'AA***			
GRANDEURS	**valeur à l'AA mini**	**valeur à AA maxi**	**VARIATION**
CA10(°)	- 1°	- 10°	**- 9°**
écart entre AA et CA10	25°	28°	**+3°**
CA50(°)			
CA90(°)			
étalement de la combustion(°)			
PCYL maxi(bar)			
angle de PCYL maxi			
HLC	4.5	5.5	**+ 1**

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN



volume au PMH de 49.6 cm^3 - volume au PMB de 540.6 cm^3

DOCUMENT REPONSE DR3

Tableau réponse 2

Cahier des charges	Configuration(s) position VVT / AA acceptable(s) respectant le cahier des charges					
CSE ≤ 400 g/kW.h	VVT1	25.5°	28.5°	31.5°	34.5°	37.5°
	VVT2					
	VVT3					
	VVT4		29.2			
Stabilité PMI < 1 %	VVT1					
	VVT2					
	VVT3					
	VVT4					
NOx mini	VVT1					
	VVT2					
	VVT3					
	VVT4					
HC mini	VVT1					
	VVT2					
	VVT3					
	VVT4					
CO mini	VVT1					
	VVT2					
	VVT3					
	VVT4					

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Choix final du VVT et de l'AA :

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.