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 :
formav.co/explorer

BTS MTE

Étude des moteurs - Exploitation d’essais moteurs

Session 2010 • Code sujet : **02ED09** • Durée : **3 h** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Détermination de la consommation spécifique indiquée (10 questions) **Page 3**

2. Comparaison des combustions homogène et CAI à PMI constante (11 questions) **Page 7**

3. Influence des réglages CAI sur la CSI, le bruit de combustion et les émissions de NOx (12 questions) **Page 13**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 19**

Sujet officiel (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d’une motorisation/2010/BTS MTE - E5 - Mise au point d’une motorisation - Session 2010 - 1-Sujet.pdf

1. Détermination de la consommation spécifique indiquée

L'étude établit les relations entre la consommation spécifique indiquée (CSI), la pression moyenne indiquée (PMI), la pression moyenne calorifique (PMC), le remplissage en air et la richesse. Elle applique ensuite ces relations pour retrouver la CSI en combustion homogène à partir du tableau de synthèse.

Relation CSI - PMI

Question 1.1. Écrire la relation entre le rendement indiqué, la CSI exprimée en g·kW⁻¹·h⁻¹ et le pouvoir calorifique inférieur de l'essence exprimé en J·g⁻¹.

Pour un kWh indiqué, l'énergie produite est $3{,}6 \times 10^6$ J. La masse de carburant consommée est la CSI en g, et l'énergie chimique fournie vaut donc $CSI \times PCI$. Le rendement indiqué est le rapport de l'énergie produite à l'énergie fournie.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$\eta_{ind} = \frac{3{,}6 \times 10^6}{CSI \times PCI}$$

Question 1.2. Donner la définition du rendement indiqué en fonction des pressions moyennes, sous la forme d'une phrase et d'une relation.

Le rendement indiqué est le rapport du travail indiqué à l'énergie chimique apportée par le carburant. Par unité de cylindrée, le travail indiqué est représenté par la PMI et l'énergie apportée par la PMC. Ces deux pressions doivent être exprimées dans la même unité.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$\eta_{ind} = \frac{PMI}{PMC}$$

Question 1.3. Donner, sans démonstration, les équivalences correspondant à une PMI de 3 bar en Pa, en J·dm⁻³, en MPa et en kJ·dm⁻³.

On utilise $1\,bar = 10^5\,Pa$, $1\,Pa = 1\,J\,m^{-3}$ et $1\,dm^3 = 10^{-3}\,m^3$. Les conversions en MPa et en kJ·dm⁻³ s'obtiennent ensuite par les facteurs 10^6 et 10^3.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$3\,bar = 300\,000\,Pa = 300\,J\,dm^{-3} = 0{,}3\,MPa = 0{,}3\,kJ\,dm^{-3}$$

Question 1.4. Déduire la relation exprimant la CSI en g·kW⁻¹·h⁻¹ en fonction de la PMI et de la PMC.

En remplaçant le rendement par PMI/PMC dans la relation de la question 1.1, puis en isolant la CSI, on obtient l'expression demandée. La PMI et la PMC sont prises dans la même unité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$CSI = \frac{3{,}6 \times 10^6 \times PMC}{PMI \times PCI}$$

Relation PMC - remplissage - richesse

Question 1.5. Écrire l'expression de la masse volumique de l'air en fonction de la pression atmosphérique et de la température de l'air d'admission.

L'air est assimilé à un gaz parfait. L'équation d'état relie sa masse volumique à la pression atmosphérique et à la température absolue. On utilise $r_{air} = 287\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$, avec la pression en Pa et la température en K.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$\rho_{air} = \frac{P_1}{r_{air} T_1}$$

Question 1.6. Définir en une phrase le remplissage en air standard et donner la relation entre ce remplissage et la masse volumique de l'air, avec les unités.

Le remplissage en air standard est le rapport entre la masse d'air frais réellement admise et la masse qui remplirait la cylindrée aux conditions standard. Pour une cylindrée V_d, cette masse de référence vaut $\rho_{air} V_d$. Le remplissage est sans unité si m_{air} est en kg, ρ_{air} en kg·m⁻³ et V_d en m³.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$remplissage = \frac{m_{air}}{\rho_{air} V_d}$$

Question 1.7. À partir de la définition de la richesse, démontrer la relation entre le dosage réel et le pouvoir comburivore de l'essence.

La richesse est le rapport entre le dosage réel en carburant/air et le dosage stœchiométrique. Le pouvoir comburivore P_{co} donne la masse d'air nécessaire par masse de carburant : le dosage stœchiométrique carburant/air vaut donc $1/P_{co}$. On en déduit le dosage réel, puis son inverse, le dosage air/carburant.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$R = \dfrac{(m_f/m_{air})_{réel}}{1/P_{co}}$, donc $(m_{air}/m_f)_{réel} = P_{co}/R$

Question 1.8. **Déduire la relation entre la PMC, la masse volumique de l'air, le remplissage, la richesse, le pouvoir calorifique inférieur et le pouvoir comburivore de l'essence.**

Par unité de volume balayé, la masse d'air vaut $\rho_{air} \times remplissage$. La masse de carburant correspondante vaut cette masse d'air multipliée par R/P_{co}. La PMC est l'énergie chimique du carburant par volume balayé. Le facteur 10^3 convertit les kg de carburant en g pour utiliser le PCI en J·g⁻¹.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$PMC = \frac{\rho_{air} \times remplissage \times R \times PCI \times 10^3}{P_{co}}$$, en Pa

Question 1.9. **Redémontrer la relation finale de la CSI, sans tenir compte des unités.**

On remplace la PMC dans la relation de la CSI par son expression de la question 1.8, puis on substitue $\rho_{air} = P_1/(r_{air}T_1)$. Le PCI se simplifie. La formule du sujet conserve les conversions entre Pa et bar ainsi qu'entre kg et g.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$$CSI = \frac{3600 \times 10^3 \times remplissage \times R \times P_1}{r_{air} \times T_1 \times P_{co} \times PMI \times 100}$$

Application en combustion homogène

Question 1.10. **Retrouver la valeur de la CSI en combustion homogène dans le tableau de synthèse du document réponse 4, en entourant les valeurs utilisées et en appliquant la relation donnée dans le sujet.**

Dans la colonne homogène du DR4, retenir le remplissage $0{,}29$ et la richesse 1. Pour l'essai à $PMI = 3$ bar, appliquer la formule avec $P_1 = 10^5$ Pa, $T_1 = 298$ K, $r_{air} = 287$ et $P_{co} = 14{,}7$. Les valeurs du tableau étant arrondies, le calcul avec ces données affichées donne environ $276{,}8$.

Valeurs homogènes utilisées pour le calcul

PMI d'essai : 3 bar

Richesse : 1

Remplissage : 0,29

	Homogène	Recompression	Réaspiration
richesse	1	1	1
PMI BP (bar)	0,5	0,3	0,25
PMI HP (bar)	3,5	3,3	
Remplissage en air	0,29	0,24	0,23
Rendement indiqué	0,3	0,365	
PMC (bar)	10	8,2	
$\eta_{indiqué}$ HP	0,35	0,40	
$\eta_{indiqué}$ BP	0,05	0,037	
CSI ($g.kW^{-1}.h^{-1}$)	276	227	220
Gain CSI / homogène		-18%	-20%

✓ RÉPONSE À RETENIR

Valeur inscrite au tableau : $CSI = 276\ g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$.

2. Comparaison des combustions homogène et CAI à PMI constante

Cette partie compare les fonctionnements homogène et CAI sur un point stabilisé à PMI de 3 bar, au moyen des lois de combustion, des boucles basse pression et des températures maximales. Les résultats servent à dresser un bilan comparatif des stratégies de piégeage des gaz brûlés, des rendements et de la CSI.

Étude des lois de combustion

Question 2.11. Écrire sur le document réponse 1 les trois définitions demandées : CA 50, CA 90 - CA 10 et HLC.

CA50 est l'angle vilebrequin où la fraction brûlée atteint 50 %. **CA90 - CA10** est l'intervalle angulaire entre 10 % et 90 % de fraction brûlée. **HLC** est la pente maximale de la courbe de fraction brûlée en fonction de l'angle vilebrequin.

Définitions complétées

Tableau de synthèse	Homogène	CAI
CA10 — Durée entre 10 % et 90 % brûlé	353°	
CA50 — Angle à 50 % de fraction brûlée	365°	
HLC — Pente maximale de X(θ)		

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

CA50 : angle à 50 % brûlé ; CA90 - CA10 : durée angulaire de combustion principale ; HLC : pente maximale de la fraction brûlée.

Question 2.12. Par lecture et construction graphique de la fraction brûlée, compléter le tableau de synthèse du document réponse 1. Expliquer en trois lignes maximum la démarche utilisée pour déterminer HLC.

Sur la courbe CAI, la lecture aux niveaux 0,1, 0,5 et 0,9 donne respectivement environ 358°, 364° et 368°. La durée vaut donc 368° - 358° ≈ 10°. Pour HLC, la tangente au point d'inflexion donne la pente maximale ; la lecture graphique est d'environ 0,18 degré$^{-1}$, vers 363°.

Valeurs CAI du tableau de synthèse

HLC en.degré$^{-1}$ (détermination graphique)	0,04	≈ 358°
Angle d' HLC	365°	≈ 364°
		≈ 10°
		≈ 0,18
		≈ 363°

BTS MCI - ÉPREUVE U51 EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS - CODE SUJET : 02ED09- PAGE 17/22

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

CAI : CA10 ≈ 358° ; CA50 ≈ 364° ; CA90 - CA10 ≈ 10° ; HLC ≈ 0,18 degré$^{-1}$ vers 363°.

Question 2.13. Formuler deux constatations en fonction du mode de combustion.

La combustion homogène commence plus tôt, vers CA10 = 353°, et s'étale sur 25°. En CAI, elle commence plus tard, mais sa durée principale est d'environ 10° ; la fraction brûlée augmente donc plus rapidement et se concentre davantage autour du PMH.

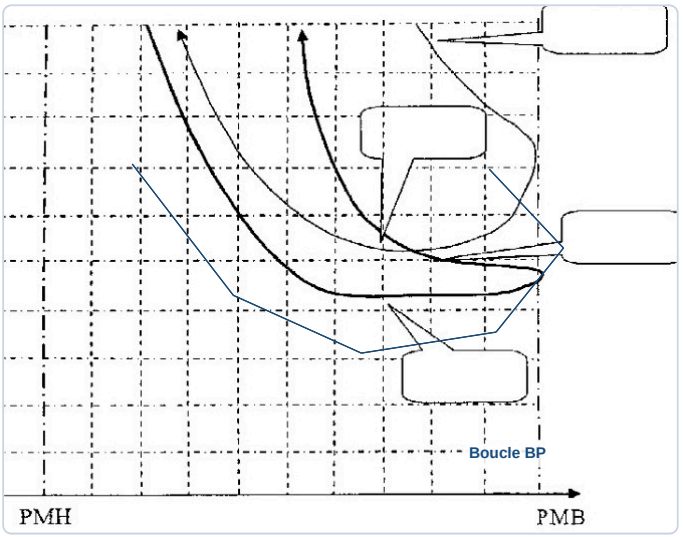
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La CAI est plus courte et plus rapide que la combustion homogène, malgré un début de combustion plus tardif.

Étude de la boucle basse pression

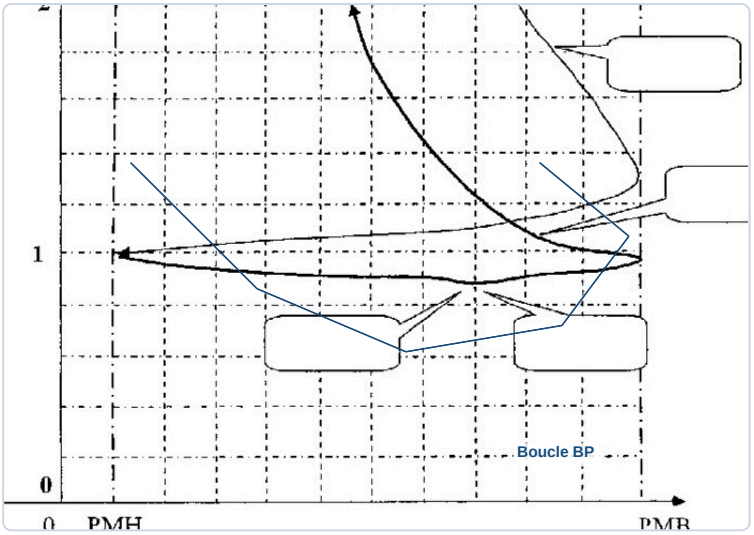
Question 2.21. Colorier les boucles basse pression sur les diagrammes P = f(V) complets des documents réponses 2 et 3. Le second graphe de chacun de ces documents est un zoom de la boucle basse pression.

Sur DR2 et DR3, la boucle basse pression est le petit cycle de pompage du graphe zoomé, autour de 1 bar. Il faut distinguer ses branches de la boucle haute pression, qui correspond à la compression et à la détente. Les deux zones de pompage sont repérées sur les documents réponses.

DR2 : boucle basse pression



DR3 : boucle basse pression



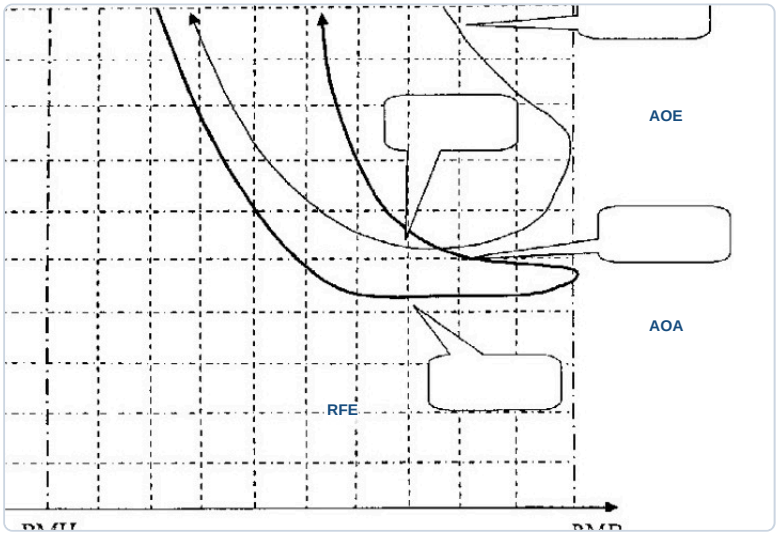
✓ RÉPONSE À RETENIR

DR2 et DR3 : boucles de pompage basse pression repérées sur les graphes zoomés.

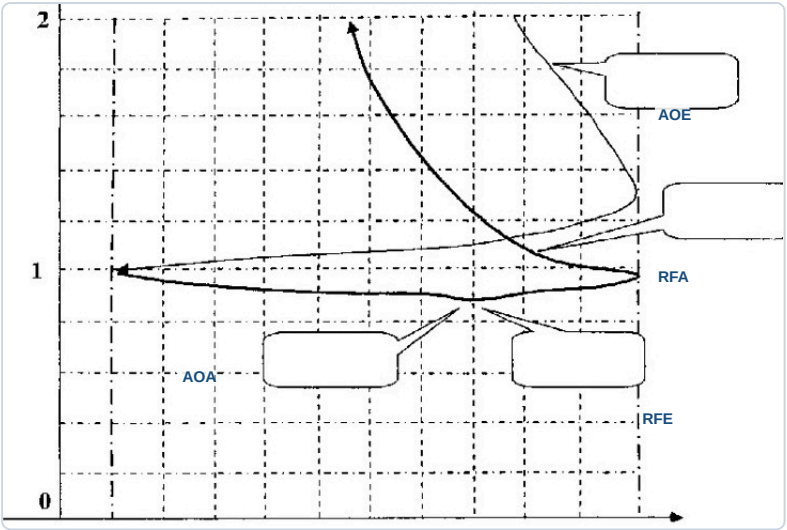
Question 2.22. Compléter les cases indiquant les angles d'ouverture ou de fermeture des soupapes, pour la combustion CAI avec recompression puis avec réaspiration des gaz d'échappement, sur les documents réponses 2 et 3.

Les cases des schémas reçoivent les repères des événements de distribution : AOE, avance à l'ouverture de l'échappement ; RFE, retard à la fermeture de l'échappement ; AOA, avance à l'ouverture de l'admission ; RFA, retard à la fermeture de l'admission. Les repères sont placés auprès des événements correspondants sur DR2 et DR3.

DR2 : repères des événements de soupapes



DR3 : repères des événements de soupapes



✓ RÉPONSE À RETENIR

AOE : avance ouverture échappement ; RFE : retard fermeture échappement ; AOA : avance ouverture admission ; RFA : retard fermeture admission.

Question 2.23. Justifier en quatre lignes maximum les écarts de PMI basse pression entre l'admission par vannage en fonctionnement homogène et les deux solutions utilisées en CAI.

En homogène, le vannage étrangle l'admission et augmente le travail négatif de pompage. En CAI, le calage des soupapes piège les gaz brûlés sans recourir au même étranglement. La boucle basse pression est donc moins pénalisante : sa PMI vaut 0,30 bar en recompression et 0,25 bar en réaspiration, contre 0,50 bar en homogène.

✓ RÉPONSE À RETENIR

PMI BP : 0,50 bar en homogène, 0,30 bar en recompression et 0,25 bar en réaspiration.

Température maximale de combustion en CAI

Question 2.31. Écrire la relation entre la masse, la pression, le volume et la température en précisant les unités, puis en déduire l'expression de la température en fonction des autres paramètres.

Pour le mélange assimilé à un gaz parfait, l'équation d'état est **pV = mRT**, avec p en Pa, V en m³, m en kg, R en J·kg^{-1}·K^{-1} et T en K. En isolant la température, on obtient **T = pV/(mR)**.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T = pV/(mR), avec p en Pa, V en m³, m en kg, R en J·kg^{-1}·K^{-1} et T en K.

Question 2.32. Calculer la température maximale de combustion en CAI à partir du diagramme P = f(V) du document réponse 2, de la masse de 1,1 g participant au cycle pour 1 dm³ de cylindrée et du volume au point mort haut de 0,1 dm³.

Le pic du diagramme DR2 est d'environ 44 bar, soit 4 400 000 Pa. Avec V_{PMH} = 0,1 dm³ = 0,0001 m³, m = 1,1 g = 0,0011 kg et R = 287 J·kg^{-1}·K^{-1}, l'équation d'état donne T_{max} = pV/(mR) ≈ 1 394 K, soit environ 1 121 °C.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T_{max,\ CAI}$ ≈ 1 394 K, soit environ 1 121 °C.

Question 2.33. Comparer en quatre lignes maximum les températures maximales de combustion en fonctionnement homogène et en CAI, puis conclure sur la formation des NOx dans les deux modes.

En homogène, la température maximale est estimée à 2 000 °C, soit 2 273 K. En CAI, elle est d'environ 1 394 K, soit 1 121 °C. La formation thermique des NOx étant favorisée par les températures élevées, elle est plus importante en homogène et réduite en CAI.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La température maximale et la formation de NOx sont nettement plus faibles en CAI qu'en homogène.

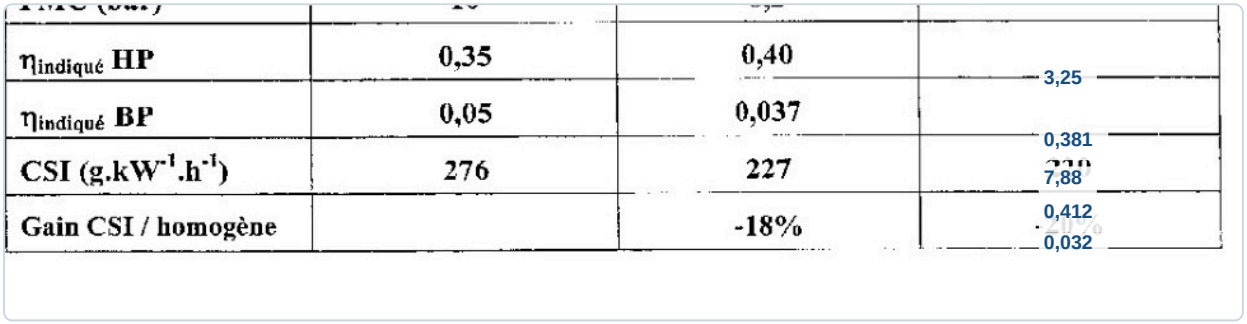
Bilan comparatif

Question 2.41. Compléter le tableau de synthèse du document réponse 4. Pour chaque calcul, justifier la démarche en indiquant les relations et les unités utilisées.

On calcule la PMI nette par PMI HP - PMI BP, puis le rendement indiqué par 3 600 000/(CSI × PCI), avec PCI = 43 000 J/g. Ensuite, PMC = PMI nette/η_{ind}, η_{HP} = PMI HP/PMC et η_{BP} = PMI BP/PMC. Les valeurs complétées sont rassemblées ci-dessous.

Grandeur	Homogène	Recompression	Réaspiration
Richesse	1	1	1
PMI BP (bar)	0,50	0,30	0,25
PMI HP (bar)	3,50	3,30	3,25
Remplissage en air	0,29	0,24	0,23
Rendement indiqué	0,30	0,365	0,381
PMC (bar)	10	8,2	7,88
Rendement indiqué HP	0,35	0,40	0,412
Rendement indiqué BP	0,05	0,037	0,032
CSI (g·kW⁻¹·h⁻¹)	276	227	220
Gain CSI / homogène	-	-18 %	-20 %

DR4 : valeurs de réaspiration complétées



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Réaspiration : PMI HP = 3,25 bar ; η indiqué = 0,381 ; PMC = 7,88 bar ; η HP = 0,412 ; η BP = 0,032.

Question 2.42. Par le produit des rendements, justifier en cinq lignes maximum le gain de plus de 20 % sur le rendement indiqué entre les combustions homogène et CAI par réaspiration. Donner un argument sur le rendement théorique et trois arguments sur le rendement de cycle.

Le rendement indiqué est le produit du rendement théorique et du rendement de cycle. La combustion CAI, plus rapide, se rapproche d'un apport de chaleur à volume constant et améliore le rendement théorique. Le rendement de cycle augmente grâce au meilleur phasage, à la durée de combustion plus courte et aux pertes de pompage réduites par la boucle basse pression moins pénalisante.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Le rendement indiqué augmente d'environ 27 % ; la CSI diminue d'environ 20 %, de 276 à 220 g·kW⁻¹·h⁻¹.

3. Influence des réglages CAI sur la CSI, le bruit de combustion et les émissions de NOx

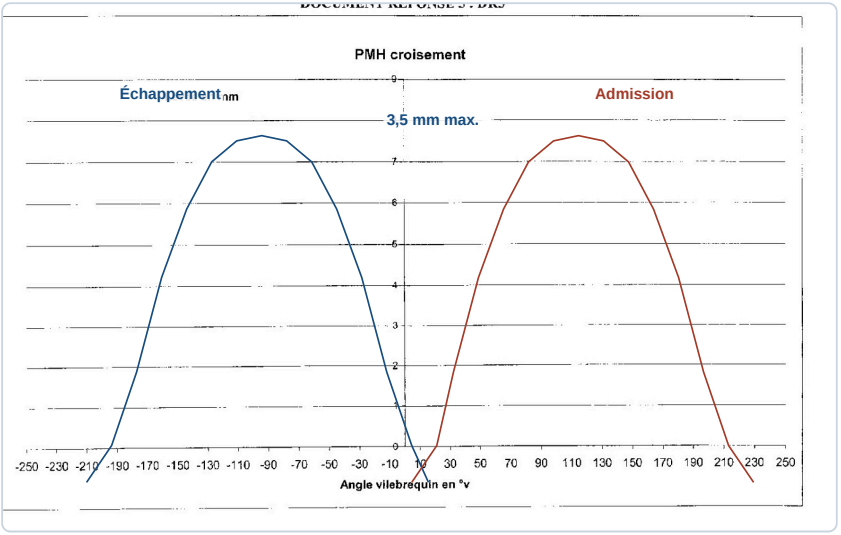
Cette partie étudie les réglages d'un moteur à 1500 tr/min au regard des limites de gradient de pression et d'émissions de NOx fixées par le cahier des charges. Les profils de levée et les cartes de performances permettent d'analyser le calage, la levée des soupapes, le taux d'EGR et la température des gaz EGR.

Calage de la distribution

Question 3.11. À partir du profil de levée du document A, tracer sur le document réponse 5 l'évolution de la levée des soupapes d'admission et d'échappement pour une levée de 3,5 mm, avec les arbres à cames calés symétriquement à 160° vilebrequin par rapport au PMH croisement.

Le profil de document A est centré sur le sommet de came. Sur DR5, placer les sommets à −160° pour l'échappement et +160° pour l'admission. Reporter de part et d'autre les flancs du profil correspondant à une levée maximale de 3,5 mm.

Profils des soupapes à 3,5 mm



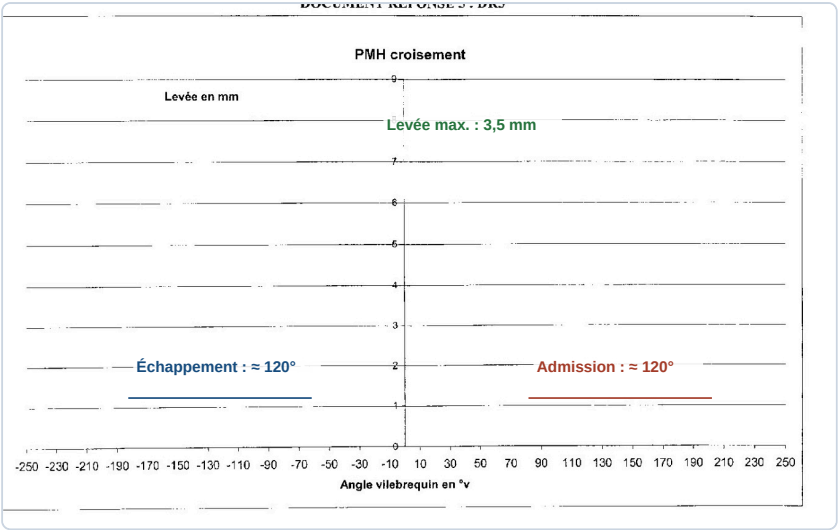
✓ RÉPONSE À RETENIR

Deux profils de 3,5 mm, centrés à −160° et +160° vilebrequin.

Question 3.12. Indiquer sur le graphique les levées des soupapes d'admission et d'échappement ainsi que leur durée angulaire d'ouverture.

Sur le profil du document A, la levée maximale retenue est de 3,5 mm pour chacune des soupapes. La durée angulaire se lit entre les deux intersections du profil avec l'axe de levée nulle. On obtient environ 120° vilebrequin par soupape.

Repères de levée et de durée



✓ RÉPONSE À RETENIR

Levée maximale : 3,5 mm. Durée d’ouverture : environ 120° vilebrequin pour chaque soupape.

Question 3.13. Calculer en millisecondes la durée d’ouverture des soupapes au régime de l’essai.

À 1 500 tr/min, un tour dure 60/1 500 s. Pour 120° vilebrequin, la durée vaut $t = 120 \times 60/(1500 \times 360) = 0,0133$ s, soit 13,3 ms.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Durée d’ouverture : environ 13,3 ms.

Choix du moyen de réglage

Question 3.2. À partir des graphes Levée = f(calage) du document B à 1500 tr/min, conclure sur le moyen le mieux adapté pour faire varier la PMI haute pression pour des levées comprises entre 1,5 et 3,5 mm.

Les cartes du document B montrent une variation notable de la PMI HP avec le calage dans la plage étudiée. Le calage des arbres à cames est donc le moyen le mieux adapté pour régler la PMI HP, en choisissant une levée comprise entre 1,5 et 3,5 mm.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Régler la PMI HP principalement par le calage des arbres à cames.

Influence de la levée à calage constant

Question 3.31. À partir des documents B, C et D, compléter le tableau 1 du document réponse 6 pour comparer les levées de 1,5 mm et 3,5 mm à calage constant de 160° vilebrequin.

À 1,5 mm, reprendre les valeurs inscrites sur DR6. Pour 3,5 mm, lire les courbes des documents B, C et D à 160° vilebrequin : les valeurs ci-dessous sont des lectures graphiques arrondies.

Paramètre	1,5 mm	3,5 mm
CSI (g·kW⁻¹·h⁻¹)	209,7	≈ 220
CA50 (° après PMH)	7,1	≈ 10
PMI HP (bar)	3,42	≈ 3,0
Taux de gaz brûlés dans la chambre	0,51	≈ 0,45
Pression cylindre (bar)	38,1	≈ 40
Gradient de pression (bar/°)	5,1	≈ 6
CA90 − CA10 (°)	5,8	≈ 8
PMI (bar)	3	3

Tableau 1, valeurs lues à 3,5 mm

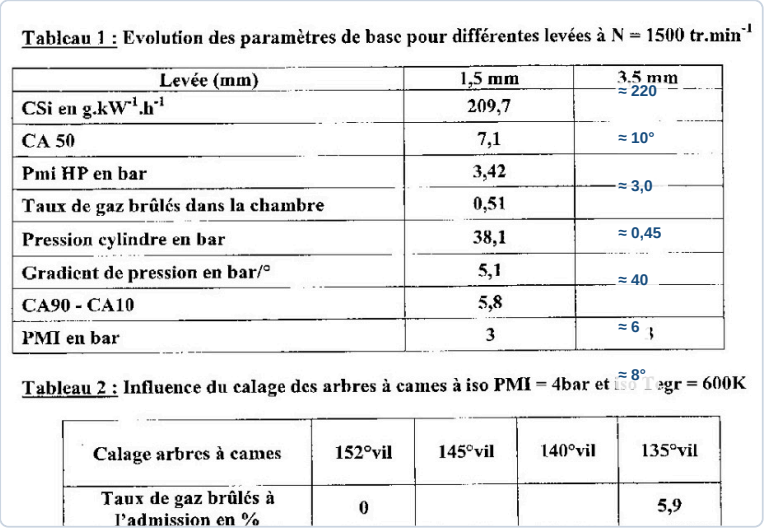


Tableau 1 : Evolution des paramètres de base pour différentes levées à N = 1500 tr.min^{-1}

Levée (mm)	1,5 mm	3,5 mm
CSi en g.kW^{-1}.h^{-1}	209,7	≈ 220
CA 50	7,1	≈ 10°
Pmi HP en bar	3,42	≈ 3,0
Taux de gaz brûlés dans la chambre	0,51	
Pression cylindre en bar	38,1	≈ 0,45
Gradient de pression en bar/°	5,1	≈ 40
CA90 - CA10	5,8	≈ 8°
PMI en bar	3	≈ 6

Tableau 2 : Influence du calage des arbres à cames à iso PMI = 4bar et [illegible] egr = 600K

Calage arbres à cames	152°vil	145°vil	140°vil	135°vil
Taux de gaz brûlés à l'admission en %	0			5,9

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 3,5 mm : CSI ≈ 220 ; CA50 ≈ 10° ; PMI HP ≈ 3,0 bar ; gaz brûlés ≈ 0,45 ; pression cylindre ≈ 40 bar ; gradient ≈ 6 bar/° ; CA90−CA10 ≈ 8°. PMI : 3 bar.

Question 3.32. À partir du taux de gaz brûlés dans la chambre, du gradient de pression et de la pression cylindre, justifier en trois lignes maximum l'évolution de la durée de combustion CA 90 - CA 10.

La lecture de DR6 et du document D indique que CA90−CA10 augmente, d'environ 5,8° à 1,5 mm à environ 8° à 3,5 mm. À 3,5 mm, le taux de gaz brûlés dans la chambre est plus faible, tandis que la pression cylindre et le gradient de pression sont plus élevés : le gradient maximal ne suffit donc pas, à lui seul, à caractériser la durée de combustion.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> CA90−CA10 augmente, d'environ 5,8° à 1,5 mm à environ 8° à 3,5 mm.

Question 3.33. Conclure sur l'évolution de la CSI entre les deux levées et justifier le sens de cette évolution en deux lignes maximum.

À PMI identique, la CSI lue sur le document B est plus élevée à 3,5 mm qu'à 1,5 mm. Il faut donc davantage de carburant pour fournir le même travail indiqué.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La CSI augmente : 209,7 à environ 220 $g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$.

Influence du taux d'EGR sur la température du mélange

Question 3.41. À partir du schéma d'admission et de la définition du taux d'EGR, conclure en deux lignes sur l'évolution de la température du mélange en fonction du taux d'EGR.

Le taux d'EGR est la fraction de la masse EGR dans la masse totale admise. Comme les gaz EGR sont plus chauds que l'air frais, leur proportion croissante réchauffe le mélange d'admission.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Quand le taux d'EGR augmente, la température du mélange admis augmente.

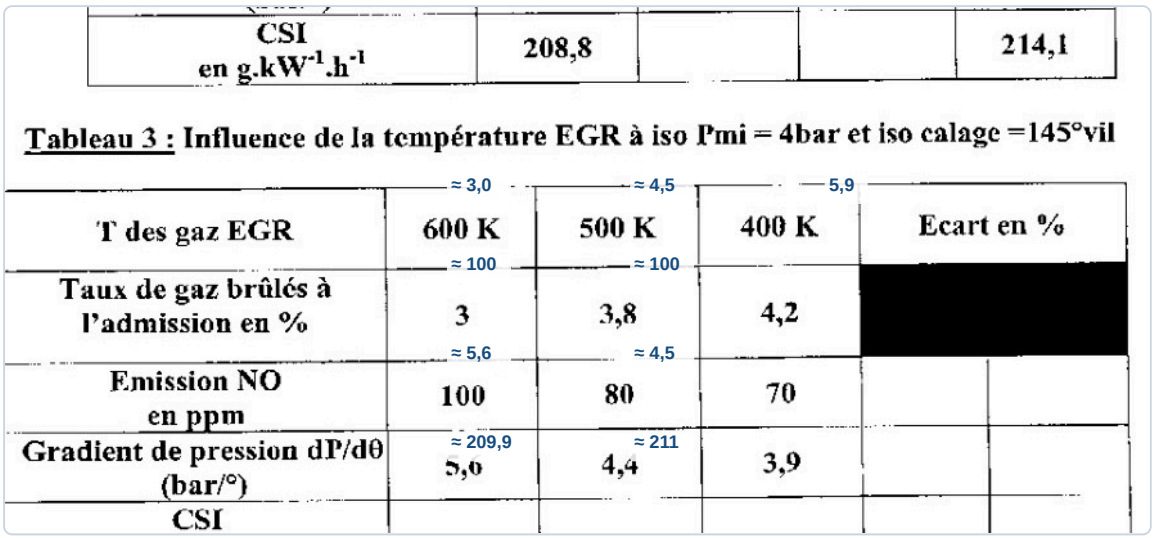
Influence du taux d'EGR et du calage

Question 3.421. À partir des documents E, F, G et H, compléter le tableau 2 du document réponse 6 pour les différents calages des arbres à cames, à PMI de 4 bar et à température EGR de 600 K.

À PMI = 4 bar et Tegr = 600 K, lire les courbes des documents E à H. Les valeurs non déjà inscrites sur DR6 sont des lectures graphiques, arrondies.

Calage (°vil)	152	145	140	135
Taux de gaz brûlés à l'admission (%)	0	≈ 3,0	≈ 4,5	5,9
Émission de NO (ppm)	100	≈ 100	≈ 100	100
Gradient de pression (bar/°)	6	≈ 5,6	≈ 4,5	3,5
CSI (g·kW⁻¹·h⁻¹)	208,8	≈ 209,9	≈ 211	214,1

Tableau 2 complété



CSI en g.kW⁻¹.h⁻¹	208,8			214,1

Tableau 3 : Influence de la température EGR à iso Pmi = 4bar et iso calage =145°vil

T des gaz EGR	600 K	500 K	400 K	Ecart en %
Taux de gaz brûlés à l'admission en %	3	3,8	4,2	
Emission NO en ppm	100	80	70	
Gradient de pression dP/dθ (bar/°)	5,0	4,4	3,9	
CSI				

≈ 3,0 ≈ 4,5 5,9 ≈ 100 ≈ 100 ≈ 5,6 ≈ 4,5 ≈ 209,9 ≈ 211

✓ RÉPONSE À RETENIR

De 152° à 135° : EGR de 0 à 5,9 %, NO ≈ 100 ppm, gradient de 6 à 3,5 bar/°, CSI de 208,8 à 214,1 g·kW⁻¹·h⁻¹.

Question 3.422. Conclure en trois lignes maximum sur l'influence du taux d'EGR à partir des résultats du tableau 2.

Lorsque le calage passe de 152° à 135°, le taux d'EGR augmente et le gradient de pression diminue. La CSI augmente légèrement, tandis que les émissions de NO restent proches de 100 ppm sur les points du tableau. L'EGR atténue donc le gradient, avec une légère pénalité de consommation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Plus d'EGR réduit le gradient de pression, mais augmente légèrement la CSI ; les NO restent proches de 100 ppm.

Influence de la température EGR

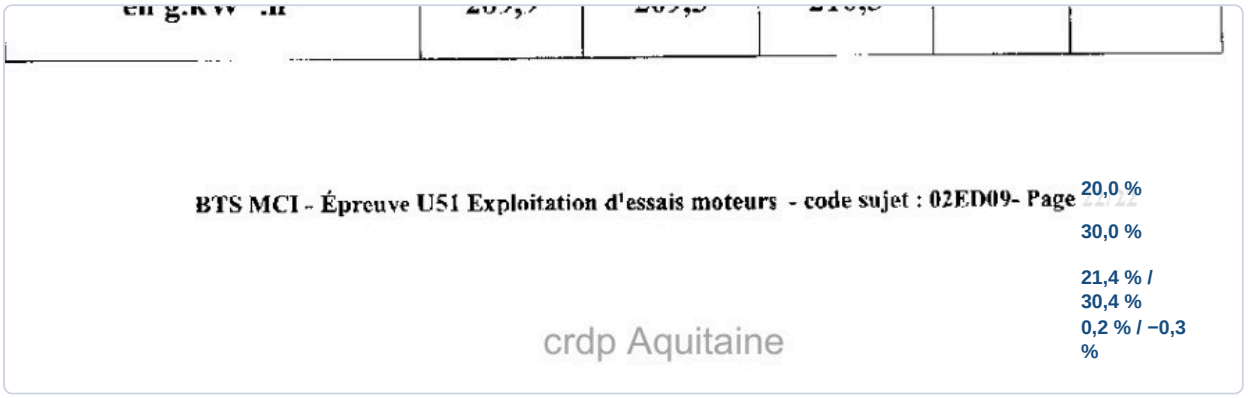
Question 3.43. À PMI de 4 bar et à calage de 145° vilebrequin, calculer les gains en pourcentage à inscrire dans les deux dernières colonnes du tableau 3, en prenant comme référence le calage à 3 % d'EGR et une température EGR de 600 K. Conclure sur l'influence de la température EGR.

Calculer l'écart relatif par rapport à la référence 600 K : $G = (V_{600} - V_T)/V_{600} \times 100$. Un gain négatif sur la CSI signifie que la consommation augmente légèrement.

Paramètre	500 K	400 K
NO : réduction (%)	20,0	30,0
Gradient : réduction (%)	21,4	30,4
CSI : réduction (%)	0,2	−0,3

La baisse de température EGR diminue les NO et le gradient, sans effet notable sur la CSI.

Écarts en pourcentage du tableau 3



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 500 K / 400 K : réduction des NO 20,0 % / 30,0 % ; du gradient 21,4 % / 30,4 % ; de la CSI 0,2 % / −0,3 %.

Choix du réglage final

Question 3.44. Parmi les points mesurés précédemment, choisir la configuration permettant la plus forte réduction de NOx. Dire si elle répond au cahier des charges et justifier la réponse.

La plus faible émission de NO des points considérés est obtenue à 145° vilebrequin et Tegr = 400 K : 70 ppm. Le gradient vaut 3,9 bar/°. Les deux critères sont respectés : $70 < 100$ ppm et $3,9 < 7$ bar/°.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Retenir 145° vilebrequin et Tegr = 400 K : NO = 70 ppm, gradient = 3,9 bar/°. Cahier des charges respecté.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2010)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve BTS Moteurs à combustion interne, session 2010, code 02ED09, est l'unité U 51 d'exploitation d'essais moteurs, d'une durée de 3 h et de coefficient 3. Sur un moteur monocylindre à quatre soupapes, elle compare combustion homogène et CAI, stratégies de piégeage des gaz brûlés et réglages. Elle évalue l'analyse de cycles, les calculs de CSI et de rendement, ainsi que l'interprétation des performances et émissions.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le rendement indiqué met en rapport le travail indiqué et l'énergie fournie par le carburant ; la CSI varie en sens inverse du rendement.
- En CAI, un mélange dilué par les gaz brûlés s'auto-enflamme en plusieurs points, avec une combustion rapide mais contrôlée.
- Le taux de gaz brûlés dans la chambre est le rapport de leur masse à la masse totale présente dans la chambre.
- Le taux d'EGR externe vaut mEGR / (mEGR + masse d'air frais), selon la définition fournie dans le sujet.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer la PMI haute pression de la PMI basse pression avant de calculer ou comparer les rendements.
- Lire les cartes au calage, à la levée et à la température EGR demandés, en tenant compte des zones de combustion instable.
- Indiquer les relations et unités, convertir les grandeurs si nécessaire et vérifier la cohérence des calculs.
- Vérifier les deux limites du cahier des charges : $dP/d\theta < 7$ bar/° et émissions de NO < 100 ppm.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter un diagramme P = f(V) pour calculer une température maximale ?

Relever la pression au point considéré sur le diagramme, puis appliquer l'équation des gaz parfaits avec la masse et le volume indiqués. Mettre les grandeurs dans des unités cohérentes avec la constante des gaz avant de calculer la température.

Q : Comment comparer deux courbes de fraction brûlée ?

Repérer les angles correspondant à 10 %, 50 % et 90 % de fraction brûlée. CA 50 indique le phasage du milieu de combustion, tandis que CA 90 - CA 10 en mesure la durée ; ces valeurs permettent de comparer la rapidité et le calage.

Q : Comment organiser le temps pendant l'épreuve ?

Le sujet prévoit 15 minutes de lecture puis trois parties indépendantes d'environ 55 minutes chacune. Garder du temps pour les lectures graphiques, les calculs avec unités et la vérification des documents réponses à rendre.

Q : Quels critères vérifier pour choisir le réglage final ?

Choisir une configuration réduisant les NOx, puis vérifier les deux seuils du cahier des charges à 1500 tr/min : un gradient de pression inférieur à 7 bar par degré et des émissions de NO inférieures à 100 ppm.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d'une motorisation/2010/BTS MTE - E5 - Mise au point d'une motorisation - Session 2010 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Motorisations Toutes Énergies : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.