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 M.C.I. - Exploitation d’essais moteurs

Session 2011 • Code sujet : **03ED09** • Durée : **3 h** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Influence de la cale et de l’angle de nappe sur l’impact du jet** (4 questions) — **Page 3**
2. **Essai à pleine charge et choix de l’épaisseur de cale** (6 questions) — **Page 6**
3. **Exploitation et analyse des essais à charges partielles avec balayage EGR** (3 questions) — **Page 10**
4. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d’une motorisation/2011/BTS MTE - E5 - Mise au point d’une motorisation - Session 2011 - 1-Sujet.pdf

1. Influence de la cale et de l’angle de nappe sur l’impact du jet

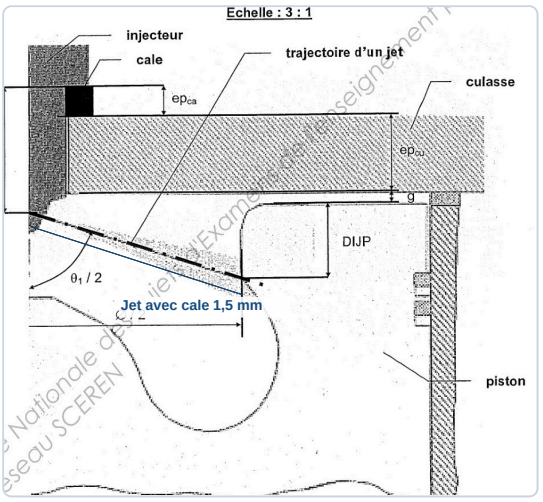
Un constructeur adapte le système de combustion d’un moteur Diesel Common Rail suralimenté, tout en conservant la culasse d’origine. L’étude géométrique porte sur l’effet de l’épaisseur de la cale sous injecteur et de l’angle de nappe sur la distance d’impact du jet dans le bol du piston.

A1

Question A1.1. Sur le document réponse DRA1, tracer la trajectoire du jet pour une épaisseur de cale de 1,5 mm, à partir de la configuration d’origine représentée.

La cale passe de 3 mm à 1,5 mm : la buse descend de 1,5 mm. À l’échelle 3:1, le décalage sur le document est de 4,5 mm. Depuis la nouvelle position de la buse, tracer une trajectoire parallèle au jet d’origine, car l’angle de nappe reste inchangé. La ligne corrigée doit atteindre la paroi du bol plus bas que la trajectoire d’origine.

Trajectoire du jet avec cale de 1,5 mm



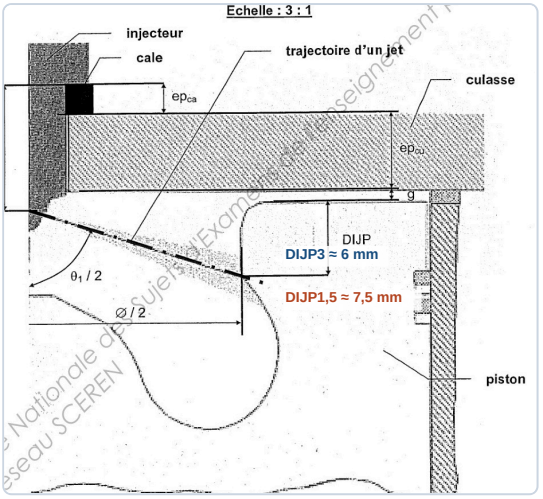
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Tracer un jet parallèle à l’origine, décalé de 4,5 mm vers le piston sur le document.

Question A1.2. Donner les distances d’impact du jet sur le piston pour les épaisseurs de cale de 3 mm et 1,5 mm, notées respectivement DIJP3 et DIJP1,5. Conclure en trois lignes maximum sur l’effet géométrique de la diminution de l’épaisseur de cale sur la pénétration du jet dans le bol du piston.

Épaisseur de cale	Distance d’impact DIJP
3 mm	DIJP3 ≈ 6 mm
1,5 mm	DIJP1,5 ≈ 7,5 mm

Ces valeurs sont relevées graphiquement sur le DRA1 à l’échelle 3:1. La diminution de la cale abaisse la buse et déplace le point d’impact plus bas dans le bol. La pénétration du jet augmente donc d’environ 1,5 mm.

Distances d’impact lues sur le DRA1



✓ RÉPONSE À RETENIR

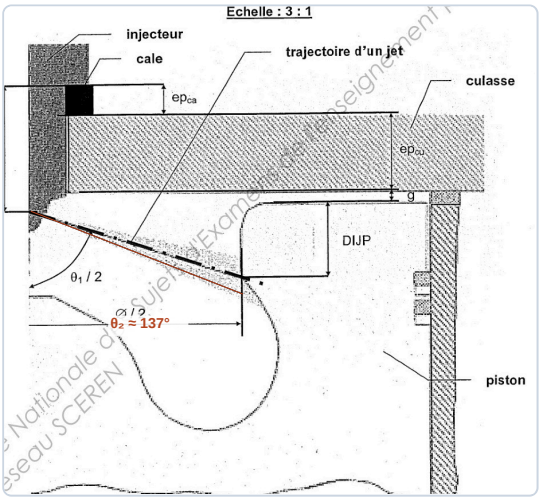
DIJP3 ≈ 6 mm ; DIJP1,5 ≈ 7,5 mm. La cale plus mince augmente la pénétration d’environ 1,5 mm.

A2

Question A2.1. Sur le document réponse DRA1, quantifier le nouvel angle de nappe permettant, avec la cale d’origine de 3 mm, de conserver la distance d’impact DIJP1,5 obtenue à la question A1.2.

Avec la cale d’origine, la buse retrouve sa position initiale. Pour conserver DIJP1,5 ≈ 7,5 mm, il faut donc incliner davantage le jet vers le piston afin d’abaisser son point d’impact. Le DRA1 permet de lire un angle de nappe voisin de 137° : il est inférieur à l’angle d’origine de 143°. La valeur reste graphique et approximative.

Trajectoire ajustée pour conserver DIJP1,5



✓ RÉPONSE À RETENIR

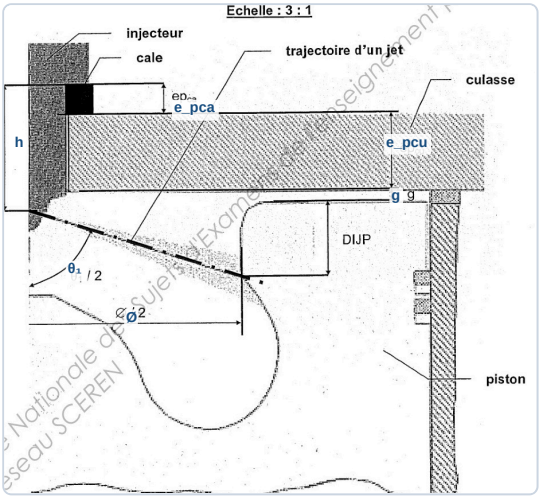
Nouvel angle de nappe : $\theta_2 \approx 137°$ avec la cale de 3 mm.

A3

Question A3.1. Parmi les principales dimensions présentées sur le document réponse DRA1, citer celles ayant une influence sur la distance d'impact du jet sur le piston.

La distance d'impact dépend des dimensions qui déterminent la position de la buse, la position du piston et la géométrie de la nappe par rapport au bol. Sur le DRA1, relever les six paramètres suivants : e_{pca}, e_{pcu}, h, g, θ_1 et Ø. Ils agissent sur la hauteur de départ ou la direction et la portée du jet.

Dimensions influençant la distance d'impact



✓ RÉPONSE À RETENIR

Dimensions influentes : e_{pca}, e_{pcu}, h, g, θ_1 et Ø.

2. Essai à pleine charge et choix de l’épaisseur de cale

Les résultats d’essais à pleine charge sont comparés pour des cales de 3 mm, 2 mm et 1,5 mm, avec un angle de nappe constant de 143°. Le choix de l’épaisseur s’appuie sur les performances, la consommation et les particules, selon l’ordre de priorité du cahier des charges et par comparaison avec la cale d’origine de 3 mm.

B1

Question B1.1. À partir des documents techniques DT1 et DTB1, écrire les expressions littérales de la puissance effective Pe en kW, de la PME en bar et de la CSE en g/kW.h en fonction des données fournies, avec les unités des essais. Compléter le document réponse DRB1 pour une cale de 1,5 mm aux régimes de 2000 et 4000 tr/min.

Le couple mesuré est en daN·m et le débit de carburant en kg/h. Pour les données DT1 et DTB1, la puissance s’obtient par $P_e = CN/955$. La consommation spécifique est $\mathrm{CSE} = 1000 Q_{carb}/P_e$, et la pression moyenne effective, avec la cylindrée totale de 2,143 L, est $\mathrm{PME} = 1200 P_e/(2{,}143 N)$.

Les valeurs correspondantes de la cale de 1,5 mm sont reportées aux deux régimes dans le DRB1.

DRB1 complété : Pe, CSE et PME

Epaisseur de cale	Régime (tr/min)	Richesse	Pe (kW)	CSE (g/kW.h)	PME (bar)	η_e (%)
3 mm	2000	0.674	54.24	209.09	15.19	40.51
	4000	0.575	69.87	258.17	9.78	32.81
2 mm	2000	0.681	55.02	208.45	15.40	40.64
	4000	0.579	71.42	256.68	10.00	33.00
1.5 mm	2000	0.682	54,97	208,86	15,39	
	4000	0.589	72,04	255,80	10,09	

Tableau pour réponses aux questions B1.1/ et B1.2/

g l'enseignement professi

✓ RÉPONSE À RETENIR

2 000 tr/min : Pe = 54,97 kW, CSE = 208,86 g/kW·h, PME = 15,39 bar. 4 000 tr/min : Pe = 72,04 kW, CSE = 255,80 g/kW·h, PME = 10,09 bar.

Question B1.2. Écrire l’expression littérale du rendement effectif en fonction de la CSE et du PCI. Compléter le document réponse DRB1 pour une cale de 1,5 mm aux régimes de 2000 et 4000 tr/min.

Le rendement effectif rapporte l’énergie mécanique utile à l’énergie fournie par le carburant. Avec la CSE en g/kW·h et le PCI en kJ/kg, la consommation de carburant correspondant à 1 kW·h fournit $\mathrm{CSE} \times \mathrm{PCI}/1000$ kJ. Comme 1 kW·h vaut 3 600 kJ, le rendement en pourcentage s’écrit :

$$\eta_e = \frac{3\,600\,000}{\mathrm{CSE} \times \mathrm{PCI}} \times 100$$

1. À 2 000 tr/min, employer la CSE calculée pour ce régime.

2. À 4 000 tr/min, employer la CSE calculée pour ce régime.

Le PCI indiqué dans DT1 est de 42 500 kJ/kg.

DRB1 complété : rendement effectif

Epaisseur de cale	Régime (tr/min)	Richesse	Pe (kW)	CSE (g/kW.h)	PME (bar)	η_e (%)
3 mm	2000	0.674	54.24	209.09	15.19	40.51
	4000	0.575	69.87	258.17	9.78	32.81
2 mm	2000	0.681	55.02	208.45	15.40	40.64
	4000	0.579	71.42	256.68	10.00	33.00
1.5 mm	2000	0.682				40,56
	4000	0.589				33,11

Tableau pour réponses aux questions B1.1/ et B1.2/

l'enseignement profess

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement effectif : 40,56 % à 2 000 tr/min et 33,11 % à 4 000 tr/min.

B2

Question B2.1. À partir du document technique DT1, préciser les précisions de mesure ou de calcul indiquées pour la PME, la CSE et l'émission de particules.

DT1 donne les précisions de mesure ou de calcul à appliquer aux grandeurs comparées. Elles permettent de juger si les écarts observés entre une cale et la référence dépassent l'incertitude indiquée. Pour l'émission, le document associe la même précision aux NOx et aux particules ; la question porte ici sur les particules.

- PME : ± 1 %.
- CSE : ± 2 %.
- Particules : ± 1,5 %.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> PME : ± 1 % ; CSE : ± 2 % ; particules : ± 1,5 %.

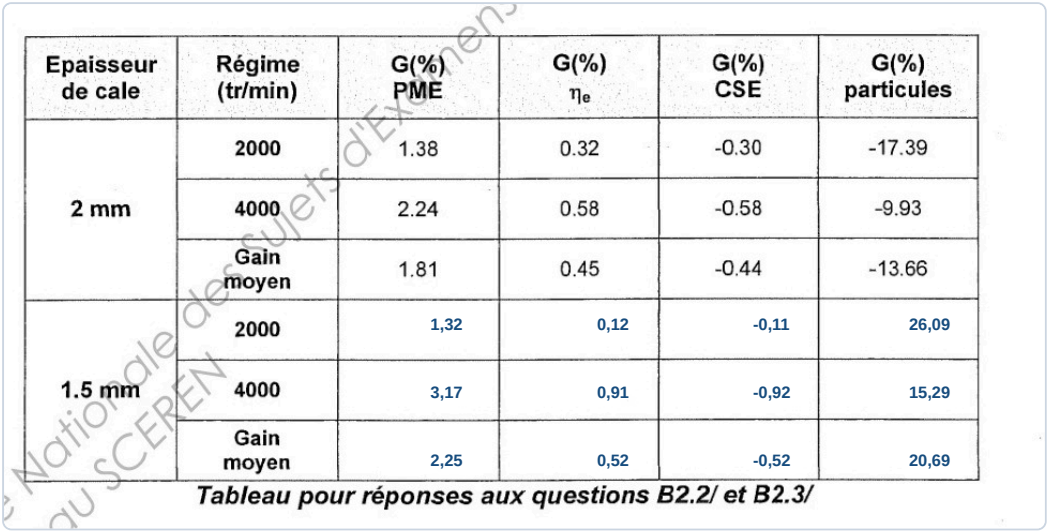
Question B2.2. Donner l'expression du gain G en pourcentage, en prenant X comme valeur mesurée et Xref comme valeur de référence. Compléter le document réponse DRB1 pour une épaisseur de cale de 1,5 mm.

La référence est la cale d'origine de 3 mm. Avec X la valeur mesurée et X_{ref} la valeur de référence, on calcule $G = (X - X_{ref})/X_{ref} \times 100$. Un résultat positif indique une valeur mesurée supérieure à la référence, y compris pour la CSE ou les particules. Les gains ci-dessous sont calculés séparément aux deux régimes, puis moyennés

pour compléter le DRB1.

Régime	PME (%)	Rendement (%)	CSE (%)	Particules (%)
2 000 tr/min	1,32	0,12	-0,11	26,09
4 000 tr/min	3,17	0,91	-0,92	15,29
Gain moyen	2,25	0,52	-0,52	20,69

DRB1 complété : gains de la cale de 1,5 mm



Epaisseur de cale	Régime (tr/min)	G(%) PME	G(%) η_e	G(%) CSE	G(%) particules
2 mm	2000	1.38	0.32	-0.30	-17.39
	4000	2.24	0.58	-0.58	-9.93
	Gain moyen	1.81	0.45	-0.44	-13.66
1.5 mm	2000	1,32	0,12	-0,11	26,09
	4000	3,17	0,91	-0,92	15,29
	Gain moyen	2,25	0,52	-0,52	20,69

Tableau pour réponses aux questions B2.2/ et B2.3/

Nationale des sujets d'Examens du SCEREN

✓ RÉPONSE À RETENIR

Gains moyens : PME +2,25 %, rendement +0,52 %, CSE -0,52 %, particules +20,69 %.

Question B2.3. Sur le document réponse DRB1, entourer les résultats de gains significatifs sur la PME, la CSE et l'émission de particules.

Un gain est significatif lorsque sa valeur absolue dépasse la précision indiquée dans DT1. Les gains de PME dépassent le seuil de 1 % aux deux régimes. Ceux de CSE restent inférieurs au seuil de 2 %, même en tenant compte de leur signe. Les gains de particules dépassent le seuil de 1,5 % aux deux régimes ; ils correspondent toutefois à une hausse des émissions par rapport à la cale de référence.

- Entourer les deux gains de PME.
- Ne pas entourer les gains de CSE.
- Entourer les deux gains de particules.

DRB1 : gains significatifs entourés

Epaisseur de cale	Régime (tr/min)	G(%) PME	G(%) η_e	G(%) CSE	G(%) particules
2 mm	2000	1.38	0.32	-0.30	-17.39
	4000	2.24	0.58	-0.58	-9.93
	Gain moyen	1.81	0.45	-0.44	-13.66
1.5 mm	2000				
	4000				
	Gain moyen				

Tableau pour réponses aux questions B2.2/ et B2.3/

Centre National des sujets d'Examens du SCEREN

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Entourer PME : +1,32 % et +3,17 %, et particules : +26,09 % et +15,29 %. Ne pas entourer la CSE.

Question B2.4. En huit lignes maximum, synthétiser les résultats précédents et choisir l'épaisseur de cale optimale en tenant compte du cahier des charges. Si un critère n'est pas significatif, reporter la priorité sur le critère suivant.

La PME, priorité 1, augmente significativement avec les cales de 2 mm et de 1,5 mm. Le gain moyen est supérieur avec 1,5 mm : 2,25 % contre 1,81 % pour 2 mm. La CSE, priorité 2, ne varie pas significativement ; on passe donc au critère suivant. Les particules augmentent significativement avec 1,5 mm, mais elles relèvent de la priorité 3. La priorité donnée à la PME conduit ainsi à retenir 1,5 mm.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Choix optimal : cale de 1,5 mm, pour le gain moyen de PME le plus élevé, critère prioritaire.

3. Exploitation et analyse des essais à charges partielles avec balayage EGR

Des essais à charges partielles sont étudiés à plusieurs points de fonctionnement, avec balayage EGR et différentes combinaisons d'angle de nappe et d'épaisseur de cale. L'exploitation des tableaux et graphiques sert à sélectionner une configuration et un réglage EGR répondant aux valeurs cibles, puis à conclure sur l'ensemble de l'étude.

Prise en mains des résultats d'essai

Question C1. À partir des documents DT1, DTC1 et DTC2, exploiter les résultats du balayage EGR au point 1500 tr/min et 3,5 bar : choisir et justifier le mode de pilotage, citer trois méthodes de détermination du taux EGR et retenir celle adaptée aux données, identifier le point à 0 % d'EGR, puis calculer le taux EGR, la richesse et l'émission spécifique de NOx aux points 1, 6 et 12. Compléter le tableau et le graphique DRC1, commenter l'évolution des NOx et de la richesse lorsque le taux EGR augmente, et justifier l'évolution de la CSE à partir de la masse de carburant injectée.

Le pilotage régime-couple maintient le point de fonctionnement pendant le balayage. Les trois méthodes sont le bilan des débits massiques, le bilan des concentrations en O_2 et le bilan des concentrations en CO_2. Les données permettent de retenir le bilan massique, le débit total étant constant. Le point 1 est à 0 % d'EGR : son débit d'air frais, 612,45 mg/cc, égale le débit total.

Calculs : EGR = $(612,45 - m_{air})/612,45 \times 100$; richesse = $14,5\, m_{carb}/m_{air}$; NOx spécifique = NOx/P, avec $P = PME \times 2,143 \times 1500/1200$.

Point	EGR (%)	Richesse	NOx spécifique (g/kW·h)
1	0,00	0,39	3,991
6	26,77	0,56	1,265
12	46,71	0,84	0,182

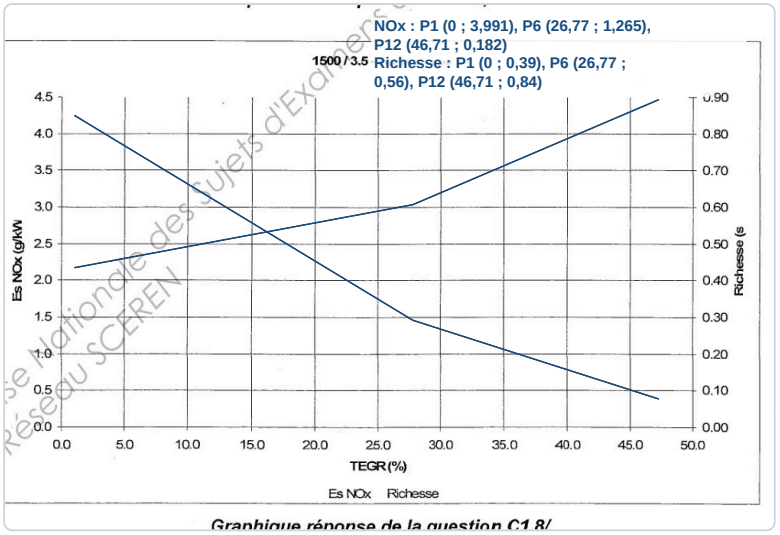
Quand l'EGR augmente, les NOx diminuent tandis que la richesse augmente. La masse de carburant injectée augmente alors que la puissance varie peu : la CSE augmente.

DRC1 complété : valeurs calculées

N° point d'essai	N tr/mn	PME bar	T_{EGR} %	R su	Es Nox g/kW.h
1	**1500**	**3.48**	P1 : 0,00 % | 0,39 | 3,991		
2	1500	3.46	13.49	0.45	2.589
3	1500	3.50	16.71	0.48	2.214
4	1500	3.50	20.07	0.50	1.881
5	1500	3.48	23.41	0.53	1.545
6	**1500**	**3.47**	P6 : 26,77 % | 0,56 | 1,265		
7	1500	3.49	30.10	0.60	1.014
8	1500	3.53	33.34	0.64	0.825
9	1500	3.51	36.83	0.68	0.625
10	1500	3.48	39.95	0.72	0.425
11	1500	3.51	43.26	0.78	0.204
12	**1500**	**3.45**	P12 : 46,71 % | 0,84 | 0,182		

Propriété de l'enseignement professionnel

DRC1 : points à reporter sur le graphique



Graphique réponse de la question C1.8/

Base Nationale des Sujets d'Examens
Réseau SCEREN

✓ RÉPONSE À RETENIR

Points 1, 6 et 12 : EGR = 0,00 ; 26,77 ; 46,71 %. Richesse = 0,39 ; 0,56 ; 0,84. NOx spécifique = 3,991 ; 1,265 ; 0,182 g/kW·h.

Synthèse des résultats à 1600 tr/min et 6 bar

Question C2. À l'aide des documents DTC3 et DTC4, compléter le tableau 1 du document réponse DRC2 en indiquant les combinaisons angle de nappe et épaisseur de cale admissibles pour les compromis HC/NOx, CO/NOx, particules/NOx et CSE/NOx. À partir de cette synthèse, choisir la combinaison à retenir pour le point 1600 tr/min et 6 bar, ainsi que le point d'essai et le réglage EGR associé, puis compléter le tableau 2.

La lecture des courbes DTC3 avec les cibles du DRC2 donne les combinaisons admissibles ci-dessous. Le choix final respecte les seuils de pollution et de consommation spécifique.

Compromis	Combinaisons admissibles : angle de nappe / cale
HC / NOx	AN 143 / 1,5 mm ; AN 139 / 1,5 mm
CO / NOx	AN 143 / 2 mm ; AN 143 / 1,5 mm ; AN 139 / 2 mm ; AN 139 / 1,5 mm
Particules / NOx	AN 143 / 1,5 mm ; AN 139 / 1,5 mm
CSE / NOx	AN 143 / 1,5 mm ; AN 139 / 2 mm ; AN 139 / 1,5 mm

Le meilleur choix global est AN 139 avec une cale de 1,5 mm : le point E9 donne 25,79 % d'EGR et 0,825 g/kW·h de NOx spécifique.

DRC2 : combinaisons admissibles

Synthèse des résultats à charges partielles

N / PME : 1600 / 6				
Graphe	Valeurs cibles maxi (g/kW.h)		Combinaisons AN / ep admissibles	
			N° point d'essai	AN / ep
Es HC = f(Es Nox)	HC	0.408		
	NOx		HC/NOx : AN143 ep1,5 ; AN139 ep1,5	
Es CO = f(Es Nox)	CO	[illegible]		
	NOx		CO/NOx : AN143 ep2 et ep1,5 ; AN139 ep2 et ep1,5	
Es Part = f(Es Nox)	Part	0.233		
	NOx		Part/NOx : AN143 ep1,5 ; AN139 ep1,5	
Es CSE = f(Es Nox)	CSE	264.0		
	NOx		CSE/NOx : AN143 ep1,5 ; AN139 ep2 et ep1,5	

Tableau 1 : réponse à la question C2.1/

DRC2 : choix final à 1600 tr/min et 6 bar

N / PME : 1600 / 6 CHOIX FINAL angle de nappe et épaisseur de cale taux d'EGR	
AN	AN 139
ep	ep 1,5 mm
N° point d'essai	Point E9 : EGR 25,79 %
T_{EGR} (%)	

Enseignement professionnel

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

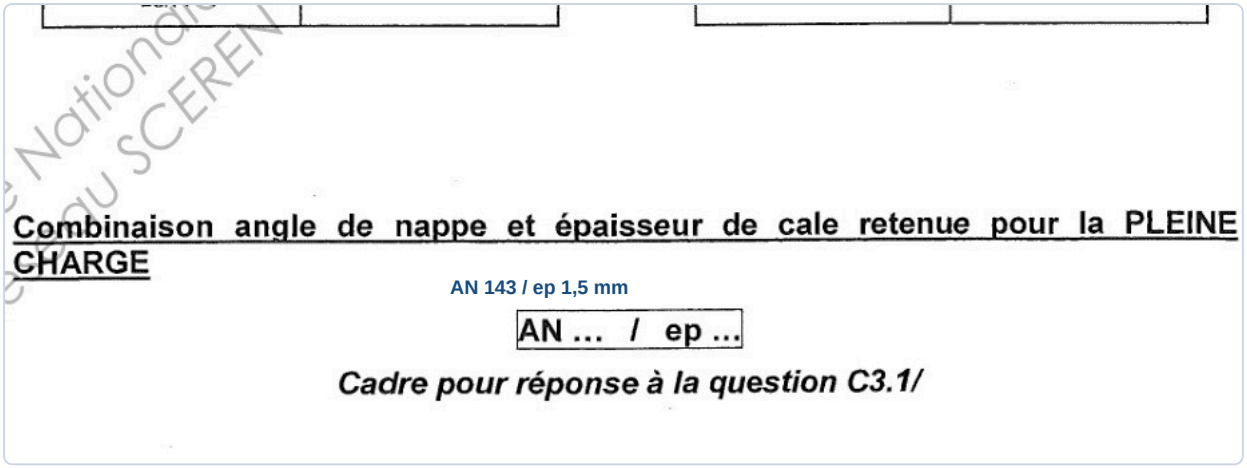
1600 tr/min, 6 bar : AN 139, cale 1,5 mm, point E9, EGR 25,79 %.

Conclusions des essais et de l'étude

Question C3. Sur le document réponse DRC2, rappeler la combinaison d'angle de nappe et d'épaisseur de cale retenue à pleine charge. En considérant les résultats à pleine charge et à charges partielles, choisir la combinaison à retenir pour l'ensemble de l'étude et justifier la réponse en six lignes maximum.

À pleine charge, la combinaison retenue est AN 143 avec une cale de 1,5 mm. Pour l'ensemble de l'étude, retenir la même configuration assure la continuité avec ce choix de pleine charge. Aux charges partielles, AN 143 / 1,5 mm reste admissible pour les quatre compromis étudiés : HC/NOx, CO/NOx, particules/NOx et CSE/NOx. Le réglage EGR permet ensuite de satisfaire les cibles au point d'essai retenu.

DRC2 : combinaison retenue pour l'étude



Combinaison angle de nappe et épaisseur de cale retenue pour la PLEINE CHARGE

AN 143 / ep 1,5 mm

AN ... / ep ...

Cadre pour réponse à la question C3.1/

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Pleine charge et ensemble de l'étude : AN 143, cale 1,5 mm.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2011)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS M.C.I., U 51 Exploitation d'essais moteurs, correspond à la session 2011, code 03ED09, d'une durée de 3 h et de coefficient 3. Elle étudie l'adaptation de la combustion d'un moteur Diesel Common Rail par le choix d'une cale et d'un angle de nappe. Les candidats exploitent des essais à pleine charge et à charges partielles, calculent des grandeurs moteur et analysent les compromis entre performances, consommation et pollution.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le taux EGR est le débit massique de gaz recirculé divisé par le débit massique total entrant, puis multiplié par 100.
- La puissance effective s'obtient à partir du couple et du régime ; convertir les unités pour exprimer le résultat en kW.
- La CSE rapporte le débit massique de carburant à la puissance effective et s'exprime en g/kW.h.
- À pleine charge, les priorités sont performance, consommation puis particules ; à charges partielles, pollution puis consommation.

Points de vigilance & attentes du jury

- Relever les valeurs dans le document correspondant au point de fonctionnement et à la configuration demandés.
- Écrire les expressions littérales avec leurs unités avant d'effectuer les calculs.
- Pour les gains de la partie B, comparer les résultats à la référence imposée : la cale d'origine de 3 mm.
- Appliquer l'ordre de priorité propre à chaque situation et distinguer pleine charge et charges partielles.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le taux EGR lorsque le débit total entrant reste constant ?

Le taux EGR est le débit massique des gaz recirculés divisé par le débit massique total entrant, puis multiplié par 100. Si ce débit total est constant, on peut aussi le déterminer à partir du débit d'air frais mesuré.

Q : Comment obtenir la richesse de fonctionnement demandée dans la partie C ?

Établissez d'abord l'équation stœchiométrique de combustion et le dosage stœchiométrique correspondant. Appliquez ensuite la méthode de calcul choisie aux données de carburant et d'air du point d'essai, en utilisant le pouvoir calorifique indiqué dans le sujet.

Q : Comment organiser le temps et les documents réponses pendant l'épreuve ?

Le temps conseillé est de 15 minutes pour la lecture, 15 minutes pour la partie A, une heure pour la partie B et une heure trente pour la partie C. Les parties se rédigent sur des copies distinctes et les documents réponses demandés sont à rendre.

Q : Quel ordre de priorité appliquer pour choisir une configuration ?

À pleine charge, l'ordre est performance, consommation puis pollution par les particules. À charges partielles, il faut d'abord respecter les valeurs cibles de pollution, puis comparer la consommation, notamment la CSE.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d'une motorisation/2011/BTS MTE - E5 - Mise au point d'une motorisation - Session 2011 - 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.