

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR MAINTENANCE DES VÉHICULES

Option A : Voitures particulières
Option B : Véhicules de transport routier
Option C : Motocycles

E4 – ANALYSE DES SYSTÈMES ET CONTRÔLE DES PERFORMANCES

SESSION 2026

Durée : 6 heures

Coefficient : 5

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.
Aucun document n'est autorisé.

Ce sujet se compose de 3 dossiers :

- Dossier technique
- Dossier questions
- Dossier réponses

Dès le sujet remis, s'assurer qu'il est complet.

Le dossier réponses est à rendre en intégralité, dégrafé et inséré dans la copie.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	Page de garde

DOSSIER QUESTIONS

Problématique de maintenance :

Le propriétaire d'un **Renault Talisman Energy 130 dCi**, acheté d'occasion en 2024 à un particulier avec 120 500 km au compteur, arrive en concession suite à un constat d'un voyant allumé au tableau de bord accompagné d'une perte de puissance du véhicule, d'un manque de reprise lors des dépassements et d'une légère surconsommation de carburant.

Le client effectue lui-même les opérations de maintenance courantes (vidange et changement de filtres depuis moins de 5000 km) et il n'a aucune trace des différentes opérations de maintenance assurées avant l'achat du véhicule. Toutefois le vendeur l'avait informé avoir acheté le véhicule à sa sortie en 2015 et l'avoir utilisé au quotidien pendant les 7 premières années. Puis, se servant peu du véhicule, il l'avait laissé au garage plusieurs mois sans l'utiliser. Le client précise qu'il fait son plein avec un gasoil de qualité d'une station-service Total Énergies.

Afin de mener à bien cette étude et de proposer une solution au client, il est proposé de découper le travail demandé en quatre parties :

Partie 1 : Analyse des différents organes pouvant être mis en cause.

Cette partie représente environ 33% de la note.

Partie 2 : Justification de la surconsommation annoncée par le client.

Cette partie représente environ 24% de la note.

Partie 3 : Justification de la perte de puissance annoncée par le client (cette partie est essentiellement orientée sur l'étude thermodynamique du moteur).

Cette partie représente environ 35% de la note.

Partie 4 : Recherche des origines du dysfonctionnement annoncé par le client. Proposition de remédiation.

Cette partie représente environ 8% de la note.

Ces quatre parties peuvent être traitées indépendamment, toutefois il est conseillé de les traiter dans l'ordre chronologique qui donne plus de cohérence à l'étude proposée.

Tous les documents réponses, même non complétés, doivent être impérativement rendus avec la copie.

Les calculs seront détaillés et les unités précisées. Les réponses seront arrondies à 4 chiffres significatifs.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 1 sur 15

PARTIE 1 : Analyse des différents organes pouvant être mis en cause.

L'objectif de cette partie est d'analyser l'environnement du moteur afin de recenser les différents éléments pouvant être à l'origine du dysfonctionnement décrit par le client, puis de réaliser un diagnostic en menant une démarche d'investigation afin de cibler le(s) élément(s) responsable(s) de la panne.

Question 1-1	Le DR1 présente le schéma hydraulique simplifié du circuit d'alimentation des injecteurs.
Voir DT1 Sur DR1	Compléter ce schéma en plaçant correctement le nom des différents composants proposés. Représenter le schéma de l'électrovanne correspondant au sens normal de circulation du gasoil et en <u>position normalement ouverte</u> (laissant circuler le fluide).

Afin de réduire la liste des éléments pouvant être à l'origine du dysfonctionnement, le technicien décide de réaliser un contrôle de la pression dans la rampe commune au moyen d'un testeur RPT-5. Pour un régime de 1750 tr·min⁻¹ en pleine charge, il relève à l'entrée de l'accumulateur une pression de l'ordre de 2050 bars.

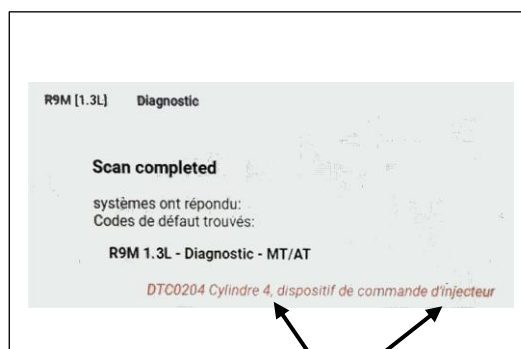
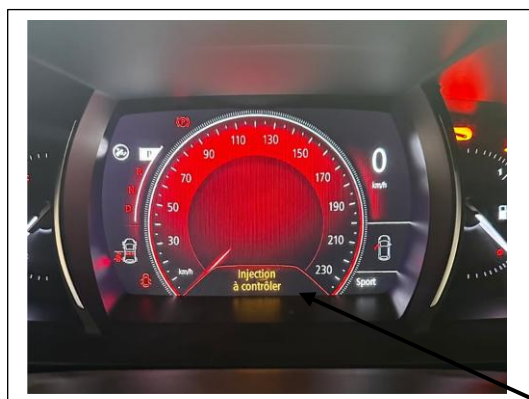


Question 1-2	En tenant compte de la description faite par le client, analyser cette valeur par rapport à la donnée normalement attendue fournie sur le DT2 puis conclure sur les éléments pouvant être exclus des origines possibles du dysfonctionnement.
Voir DT2 Sur copie	

Recherche des autres causes possibles liées à un manque de puissance du moteur.

Question 1-3	Parmi les différentes propositions énoncées sur le DR2, entourer celles qui peuvent jouer un rôle dans le constat d'un manque de <u>puissance moteur</u> sur un véhicule.
Sur DR2	

Le technicien branche la valise de diagnostic et il obtient les résultats suivants :



La valise met en évidence un problème au niveau de l'injecteur N°4.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 2 sur 15

Recherche des symptômes associés à un injecteur défectueux.

Question 1-4	Parmi les différentes propositions énoncées sur le DR2, entourer les bonnes propositions pouvant être associées à un injecteur défectueux.
Sur DR2	

Le technicien décide donc de poursuivre son investigation en contrôlant l'injecteur ciblé par la valise de diagnostic.

Analyse du schéma électrique en vue de repérer les bornes relatives à l'injecteur défectueux :

Question 1-5	Étude de la connectique associée à l'injecteur N°4 : Sur le schéma partiel du DR3, surligner en rouge les fils qui relient l'injecteur N°4 au calculateur. Préciser, sur ce même document, le code organe de cet injecteur, le code des fils assurant la connexion avec le calculateur et le N° des bornes du calculateur connectées à l'injecteur N°4.
Sur DR3 Voir DT5 et DT6	

Le technicien réalise ensuite une série de mesures pour vérifier si le circuit électrique de commande d'injecteur est défaillant.

Conditions pour réaliser les mesures :

Question 1-6	Le technicien teste dans un premier temps <u>la continuité</u> des fils reliant l'injecteur au calculateur. Parmi les différentes propositions faites sur le DR2 entourer les propositions qui vous semblent correctes pour effectuer les mesures.
Sur DR2	

Question 1-7	Le technicien utilise un multimètre. Indiquer le mode à sélectionner sur l'appareil pour contrôler la continuité des fils. Il relève une valeur de 0,01 sur chaque fil. Indiquer l'unité de cette valeur. Conclure sur la continuité des fils.
Sur copie	

Le technicien va maintenant tester le fonctionnement de l'injecteur défectueux en deux étapes, d'abord du point de vue électrique puis du point de vue hydraulique et mécanique.

Pour le contrôle électrique, il utilise un oscilloscope (PeakTech 1325) et relève les signaux présentés sur le DR4.

Le moteur étant chaud et au ralenti, le relevé fait apparaître une pré-injection suivie d'une injection.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 3 sur 15

Analyse du relevé de mesures effectuées :

Question 1-8	En vous référant aux informations fournies sur le DT7, indiquer sur les courbes du DR4 la partie du signal correspondant à la pré-injection ainsi que la partie du signal correspondant à l'injection sur <u>la voie 1</u> . Déterminer, la durée de ces deux phases. Indiquer, <u>sur la voie 2</u> , la partie du signal qui commande l'ouverture de l'injecteur et la partie du signal qui commande la fermeture de l'injecteur.
Sur DR4 Voir DT7	

Question 1-9	Sur les courbes du DR4, relever la valeur maximale de la tension et les valeurs maximales et minimales de l'intensité puis indiquer leur unité respective (répondre sur le DR4). En se référant au DT8 présentant le fonctionnement d'un injecteur piézoélectrique, préciser si la valeur mesurée pour la tension est conforme à un fonctionnement normal de l'injecteur. Justifier votre réponse. Conclure.
Sur DR4 Voir DT8 à DT10	

Analyse du coupleur hydraulique de l'injecteur :

Dans le but de réduire le nombre de couches de céramique et la tension d'alimentation de l'injecteur, le constructeur a implanté un coupleur hydraulique à l'intérieur de l'injecteur. Celui-ci est présenté sur les documents DT8 à DT10.

Question 1-10	À partir des dimensions du coupleur hydraulique données sur le DT8, - Exprimer et calculer le volume déplacé par le piston récepteur V4c. Sa course est de 50×10^{-6} m ; - Exprimer le volume déplacé par le piston émetteur V4a. Sachant que le volume de gasoil dans la chambre 4.b déplacé par le piston émetteur 4.a déplace le piston récepteur 4.c : - Calculer la course du piston 4.a ; - En déduire le facteur d'amplification de la course entre le piston 4.a et le piston 4.c C_{4c} / C_{4a}.
Sur copie Voir DT8 et DT9	

Quelle que soit la valeur trouvée ci-dessus, on prendra pour la suite de l'étude un nombre de couches de céramique égal à 390 et une course utile du module piézoélectrique $\Delta l = 36 \times 10^{-6}$ m.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 4 sur 15

Question 1-11	À partir de la loi de déformation fournie sur le DT8, calculer la valeur de la tension à appliquer à l'injecteur pour obtenir le déplacement souhaité. Vérifier si cette valeur est conforme au relevé obtenu à la question Q1-9.
Sur copie Voir DT8	

Suite à ces différents tests, le technicien conclut que le dysfonctionnement ne vient pas d'un problème électrique.

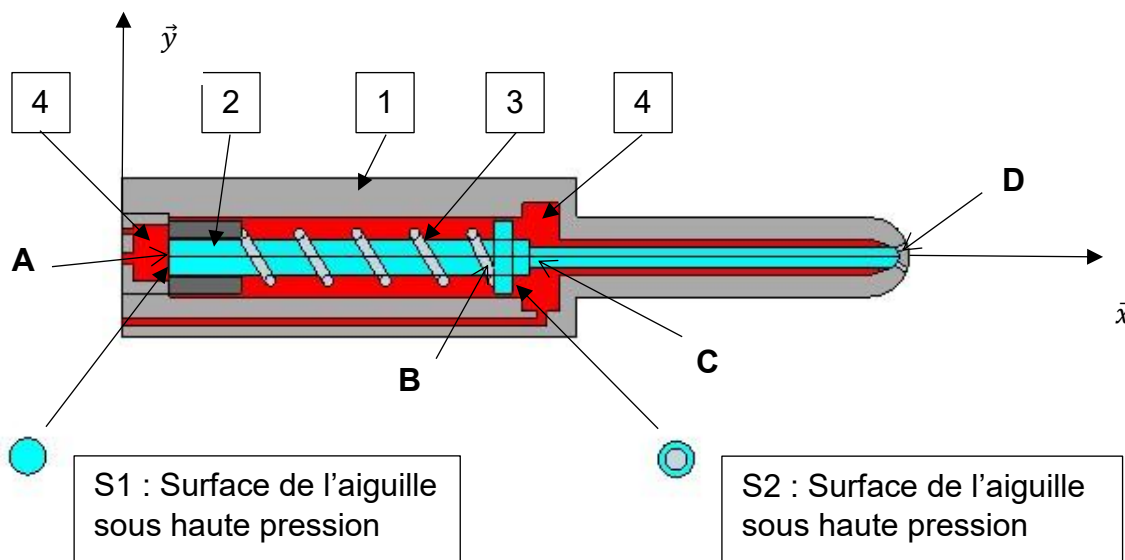
Il va maintenant s'intéresser au fonctionnement hydraulique de l'injecteur.

Dans les questions suivantes, nous allons chercher à expliciter les différentes étapes de fonctionnement de l'injecteur afin de mettre en évidence l'origine probable du dysfonctionnement.

Question 1-12	À partir des différentes explications fournies sur les documents techniques DT9 et DT10, compléter les figures du document réponse DR5 en représentant le piston en phase d'injection. Colorier pour les deux phases, en rouge les chambres et conduites sous haute pression et en vert les chambres et conduites sous basse pression.
Sur DR5 Voir DT9 et DT10	

Étude des actions mécaniques agissant sur l'aiguille de l'injecteur :

La figure ci-dessous représente un modèle simplifié de l'aiguille de l'injecteur dans la phase de repos.



1 : corps de l'injecteur ; 2 : aiguille ; 3 : ressort ; 4 : gazoil sous pression

Hypothèses :

- poids de l'aiguille négligé ;
- guidage de l'aiguille négligé ;
- Contact ponctuel en D entre 1 et 2.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 5 sur 15

Question 1-13	Représenter sur la figure du document réponse DR5, à une échelle quelconque, les vecteurs modélisant les actions mécaniques qui participent à l'équilibre de l'aiguille en position repos. Nommer chaque vecteur (exemple : $\overrightarrow{A4 \rightarrow 2}$).
Sur DR5	

Équilibre de l'aiguille (2) : Modélisation des actions mécaniques par les torseurs.

On modélise l'action mécanique exercée par le gasoil (4) sur l'aiguille (2) au point A par le torseur suivant:

$${}_A\{T4 \rightarrow 2\} = {}_A\left\{ \begin{array}{c} \overrightarrow{A4 \rightarrow 2} \\ \vec{0} \end{array} \right\} = {}_A\left\{ \begin{array}{cc} p \times S1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

L'action mécanique exercée par le ressort (3) sur l'aiguille (2) peut s'exprimer avec la relation $F = k \times \Delta l$

Question 1-14	En prenant modèle sur l'action modélisée précédemment, réaliser l'inventaire des actions mécaniques extérieures qui participent à l'équilibre de l'aiguille de l'injecteur (relation littérale uniquement).
Sur copie	

Question 1-15	On applique le Principe Fondamental de la Statique sur l'aiguille « 2 ». Écrire le théorème de la résultante sur l'axe $\vec{x}$. À partir de cette équation, à quelle condition y a-t-il une action en D ?
Sur copie	

Question 1-16	On se place au début de la phase d'injection. À partir de l'équation établie à la question précédente, à quelle condition l'action en D disparaît-elle ?
Sur copie	

Question 1-17	Décrire ce qu'il se passe quand la pression dans la chambre A (au niveau de la surface S1) commence à chuter ?
Sur copie	
Voir DT9	

Dans cette première partie, nous avons analysé l'environnement du moteur afin de pouvoir cibler les éléments pouvant être à l'origine du dysfonctionnement puis, suite aux indications de la valise de diagnostic, nous avons orienté nos recherches sur le branchement et le fonctionnement de l'injecteur piézoélectrique mis en cause. À ce stade de l'étude, nous connaissons l'élément qui est à l'origine du dysfonctionnement mais nous n'avons toujours pas trouvé la cause.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 6 sur 15

PARTIE 2 : Vérification de la consommation annoncée par le constructeur et justification de la surconsommation formulée par le client.

L'objectif de cette partie consiste à vérifier si les caractéristiques du moteur et des différents organes liés à la transmission permettent de valider la consommation annoncée par le constructeur. On cherchera dans un second temps à comprendre les origines de la surconsommation constatée par le client.

Cette partie se décompose en trois sous-parties :

- Une analyse de la courbe de puissance en vue de déterminer le régime pour lequel le rendement est maximal.
- L'utilisation successive des différentes données constructeurs afin de calculer la valeur de la consommation du véhicule au régime pour lequel le couple est maximal.
- Une réflexion sur les causes possibles de la surconsommation.

On rappelle quelques relations fondamentales en mécanique :

Vitesse angulaire : $\omega = \frac{2 \times \pi \times N}{60}$

Vitesse linéaire : $V = R \times \omega$

Puissance en rotation : $P = C \times \omega$

Unité de puissance : 1ch = 736 W

2-1 Exploitation de la courbe de puissance

Objectif : Vérifier la puissance et le couple annoncés par le constructeur puis déterminer la valeur de la puissance et le régime moteur quand le couple est maximal.

Question 2-1-1	Sur la courbe de puissance moteur du document réponse DR6
Sur DR6	placer en bleu le point correspondant à la puissance maximale Relever sa valeur en kW et en ch. En déduire la valeur du couple correspondant en N·m et placer sur la courbe le point correspondant en bleu.

Question 2-1-2	Sur la courbe de couple moteur du document réponse DR6,
Sur DR6	placer en rouge le point correspondant au couple maximal pour le régime moteur le plus faible. Donner sa valeur en N·m. Tracer sur la courbe la valeur du régime moteur correspondant puis donner sa valeur en tr/min. Placer un second point rouge indiquant la puissance correspondante. Donner sa valeur, notée $P_{(\text{couple maxi})}$, en kW.

Question 2-1-3	Pour le régime et le couple obtenu à la question 2-1-2, vérifier par le calcul la valeur de la puissance.
Sur DR6	

Question 2-1-4	À ce point de fonctionnement, calculer le pourcentage par rapport à la puissance maximale.
Sur DR6	

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 7 sur 15

2-2 Calcul de la consommation du véhicule

Objectif : Vérifier la valeur de la consommation annoncée par le constructeur afin de la comparer avec celle du client.

Pour cette partie, on se place à un régime moteur de $1750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

A ce régime, la masse d'air injectée admise dans un cylindre vaut :

$$m_{\text{air}}(1750) = 2,54 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{cycle}^{-1} \cdot \text{cylindre}^{-1}.$$

On rappelle le dosage stœchiométrique du gasoil : $\text{dst} = \frac{1}{14,96}$ et que pour un diesel on utilise une richesse d'environ 0,8 (mélange pauvre).

On adoptera donc un dosage réel : $d_{\text{réel}} = \frac{1}{18}$.

Question 2-2-1	Calculer la masse de gasoil injectée par cycle dans le moteur à ce régime moteur, noté « $m_{\text{go}}(1750) \cdot \text{cycle}^{-1}$ ».
Sur copie	Calculer le nombre de cycles par seconde à ce régime moteur, noté « $\text{nb}_{\text{cycle}} \cdot \text{s}^{-1}$ ».
	Déduire la masse de gasoil injectée par seconde dans le moteur à ce régime, noté « $m_{\text{go}}(1750) \text{ moteur}$ ».

Question 2-2-2	En vous référant aux données du constructeur du document technique DT3, calculer le diamètre de la roue « D », en mètre et déduire le rayon « R ».
Sur copie Voir DT3	

Question 2-2-3	Pour le rapport de 6 ^{ème} et un régime moteur de $1750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, calculer la fréquence de rotation de la roue « N_{roue} ». En déduire la vitesse angulaire de la roue motrice, notée « ω_{roue} ».
Sur copie Voir DT2	

Question 2-2-4	Déduire la vitesse d'avancement du véhicule à ce régime moteur, notée « $V_{\text{véhicule}}$ » en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.
Sur copie	

Pour la suite, on prendra une vitesse de véhicule : $V_{\text{véhicule}} = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Question 2-2-5	Calculer le temps mis pour parcourir 100 km (en seconde).
Sur copie	

On donne la masse volumique du gasoil : $\rho_{\text{go}} = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Prendre $m_{\text{go}}(1750) \text{ moteur} = 8,2 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$.

Question 2-2-6	Calculer la consommation du véhicule à ce régime pour 100 km, notée « $\text{Cons}_{100 \text{ km}}$ » (unité : le $\text{L} \cdot 100 \text{ km}^{-1}$).
Sur copie	

Question 2-2-7	Conclure par rapport à la valeur de consommation théorique annoncée par le constructeur en cycle extra-urbain.
Sur copie	

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 8 sur 15

Remarque : Le résultat obtenu ci-dessus ne tient pas compte des conditions d'utilisation du véhicule, à savoir les conditions de circulation, le type de conduite, l'état du véhicule (chargement, état des pneus, aérodynamisme).

Le client se souvient avoir fait le plein avant de prendre la route à 350 km de chez lui. Sur un trajet majoritairement extra-urbain et à une vitesse moyenne de $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, il a roulé 80 km avant que le défaut ne s'affiche au tableau de bord. Roulant de nuit et avec sa famille à bord du véhicule, il a poursuivi sa route avec l'intention de faire contrôler son véhicule chez son garagiste habituel. Malgré le voyant allumé, le véhicule ne s'est pas mis en mode dégradé. Afin d'évaluer sa consommation, il a refait le plein le lendemain et a rajouté 18L de carburant.

Question 2-2-8	Calculer la consommation réelle du véhicule lors de ce trajet et conclure par rapport à la surconsommation évoquée par le client.
Sur copie	Proposer une explication pour cette surconsommation.

Dans cette seconde partie, nous avons vérifié la consommation du véhicule en cycle extra-urbain à partir des différentes caractéristiques fournies par le constructeur, puis justifié la surconsommation constatée par le client lors de son trajet de retour à la maison.

PARTIE 3 : Vérification de la puissance annoncée par le constructeur et justification de la perte de puissance formulée par le client.

L'objectif de cette partie consiste à vérifier si les caractéristiques du moteur permettent de valider la puissance annoncée par le constructeur. On cherchera dans un second temps à comprendre les origines de la perte de puissance constatée par le client.

Question 3-1	À partir des dimensions de l'alésage et de la course fournies sur le DT2, calculer la cylindrée unitaire (volume d'un seul cylindre) de ce moteur, notée « V_{unit} ».
Sur copie Voir DT2	

Question 3-2	Indiquer la partie de la désignation du moteur correspondant au résultat précédent ? Justifier.
Sur copie Voir DT2	

Rappel : Le rapport volumétrique d'un moteur est le rapport entre le volume au PMB (point mort bas) et le volume au PMH (point mort haut).

Question 3-3	Sachant que le rapport volumétrique de ce moteur est de 15,7, calculer les volumes au PMH noté « V_{PMH} » et au PMB noté « V_{PMB} » (unité : le cm^3)
Sur copie	

L'abaque du document technique DT4 présente le rendement du turbocompresseur. Il permet de déterminer la masse d'air délivrée par le turbocompresseur en fonction du ratio de pression souhaité.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 9 sur 15

Question 3-4	Pour un ratio de pression de 1,8, déterminer les valeurs minimale et maximale du débit massique d'air délivré par le turbocompresseur pour une efficacité optimale (unités : le $\text{lbs}\cdot\text{min}^{-1}$ puis le $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$). Exprimer la valeur minimale en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$.
Sur DR6 Voir DT4	

Pour la suite de l'étude, nous considérons une masse d'air admise par le moteur $m_{\text{AirAdm}} = 0,106 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ au régime moteur de $4000 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.
Quels que soient les résultats trouvés aux questions précédentes, nous prendrons pour la suite du sujet les valeurs suivantes :

Volume au PMH : $V_{\text{PMH}} = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Volume au PMB : $V_{\text{PMB}} = 427 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

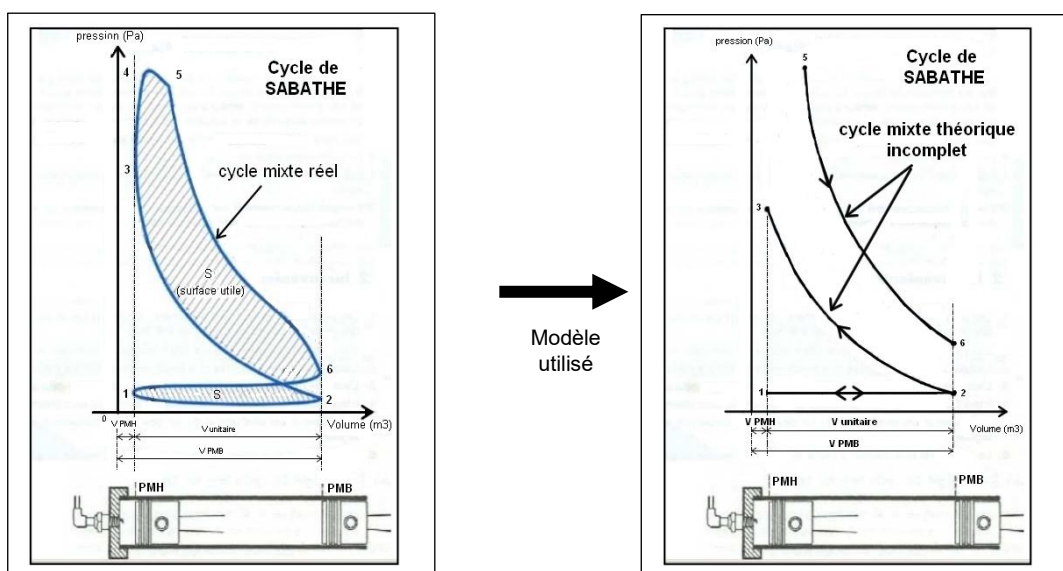
Masse totale admise par cycle et par cylindre : $m_t = 8,9 \times 10^{-4} \text{ kg}$

Masse de gasoil injectée par cycle et par cylindre : $m_{\text{go}\cdot\text{cycle}^{-1}\cdot\text{cyl}^{-1}} = 4,42 \times 10^{-5} \text{ kg}$

Pression d'admission : $p_1 = 1,8 \times 10^5 \text{ Pa}$

Température d'admission : $T_1 = T_2 = 24,5^\circ \text{ C} = 297,5 \text{ K}$

Nous modélisons le cycle thermodynamique du moteur R9M étudié grâce aux diagrammes de SABATHE ci-dessous :



Description des changements d'état :

1→2 Admission isobare	5→6 Détente isentropique (adiabatique)
2→3 Compression isentropique (adiabatique)	6→2 Echappement isochore
3→4 Combustion isochore	2→1 Echappement isobare
4→5 Combustion isobare	

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 10 sur 15

Caractéristiques du mélange :

La chaleur massique à volume constant vaut : $c_v = 717 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La chaleur massique à pression constante vaut : $c_p = 1004 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Question 3-5	A partir de la description des changements d'état, compléter sur le
Sur DR7	document réponse DR7 l'allure des phases 3→4, 4→5 et 6→2.

On rappelle les deux relations :

$c_p - c_v = r$ où r est la constante des gaz parfaits

$\frac{c_p}{c_v} = \gamma$ où γ est l'exposant isentropique

Question 3-6	Calculer la valeur de « r » et de « γ » et préciser les unités si
Sur copie	nécessaire.

Remarque importante : Les phases 1→2 et 2→1 sont des phases de transvasement durant lesquelles les soupapes sont ouvertes. Elles ne répondent donc pas aux lois de transformation thermodynamique. De ce fait, on ne calculera ni travail, ni quantité de chaleur durant ces phases.

Pour les autres phases, on rappelle la loi des gaz parfaits :

$$P \times V = m \times r \times T$$

p : pression en Pa

V : Volume en m^3

m : masse en kg

r : constante des gaz parfaits : $r = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

T : température en K

Étude de la transformation 2→3 (compression isentropique ou adiabatique)

Etat 2 $p_2 = 1,8 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_2 = 427 \times 10^{-6} \text{ m}^3$; $T_2 = 297,5 \text{ K}$

Etat 3 $p_3 = ?$; $V_3 = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$; $T_3 = 884,7 \text{ K}$

Lois thermodynamiques : $p \times V^\gamma = \text{cst}$ avec $\gamma = 1,4$

$$T \times V^{\gamma-1} = \text{cst}$$

$$W_{2-3} = m_t \times c_v \times (T_3 - T_2)$$

Question 3-7	Calculer p_3 et W_{2-3} .
Sur copie	

Étude de la transformation 3→4 (combustion isochore)

Etat 3 $p_3 = 81,6 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_3 = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$; $T_3 = 884,7 \text{ K}$

Etat 4 $p_4 = ?$; $V_4 = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$; $T_4 = ?$

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 11 sur 15

Le pouvoir calorifique inférieur du gasoil vaut : $PCI = 42 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Durant cette phase, 75% de la masse de gasoil injectée est utilisée.

La quantité de chaleur vaut : $Q_{3-4} = m_{\text{go utilisée}} \times PCI$.

Lois thermodynamiques : $\frac{p_3}{p_4} = \frac{T_3}{T_4}$

$$Q_{3-4} = m_t \times C_v \times (T_4 - T_3)$$

La variation de volume étant nulle, le travail vaut : $W_{3-4} = 0 \text{ J}$.

Question 3-8	Calculer Q_{3-4} , T_4 , p_4 .
Sur copie	

Étude de la transformation 4→5 (combustion isobare)

Etat 4 $p_4 = 283 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_4 = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$; $T_4 = 3066 \text{ K}$

Etat 5 $p_5 = 283 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_5 = ?$; $T_5 = ?$

Le pouvoir calorifique inférieur du gasoil vaut : $PCI = 42 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Durant cette phase, 25% de la masse de gasoil injectée est utilisée.

La quantité de chaleur vaut : $Q_{4-5} = m_{\text{go utilisé}} \times PCI$

Lois thermodynamiques : $\frac{V_4}{V_5} = \frac{T_4}{T_5}$

$$Q_{4-5} = m_t \times c_p \times (T_5 - T_4)$$

$$W_{4-5} = - p_4 \times (V_5 - V_4)$$

Question 3-9	Calculer les valeurs de Q_{4-5} , T_5 , V_5 et W_{4-5}
Sur copie	

Étude de la transformation 5→6 (détente isentropique ou adiabatique)

Etat 5 $p_5 = 283 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_5 = 32,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Etat 6 $p_6 = ?$; $V_6 = 427 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Lois thermodynamiques : $p \times V^\gamma = \text{cst}$ avec $\gamma = 1.4$

$$T \times V^{\gamma-1} = \text{cst}$$

$$W_{5-6} = m_t \times c_v \times (T_6 - T_5)$$

Cette étude permet d'obtenir les résultats suivants :

$p_6 = 7,75 \times 10^5 \text{ Pa}$; $T_6 = 1283 \text{ K}$; $W_{5-6} = - 1469 \text{ J}$

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 12 sur 15

Étude de la transformation 6→2 (échappement isochore)

Etat 6 $p_6 = 7,75 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_6 = 427 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Etat 2 $p_2 = 1,8 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_2 = 427 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

La variation de volume étant nulle, le travail vaut : $W_{6-2} = 0 \text{ J}$

Question 3-10	Sachant que le travail sur un cycle est égal à la somme des travaux de chaque phase du cycle, montrer que :
Sur copie	$W_{\text{cycle} \cdot \text{cyl}^{-1}} = - 1226 \text{ J}$

Question 3-11	Sachant que le moteur dispose de 4 cylindres, déduire le travail par cycle pour le moteur, noté $W_{\text{moteur} \cdot \text{cycle}^{-1}}$.
Sur copie	

Le constructeur annonce une puissance de 130 ch à 4000 tr·min⁻¹ (on rappelle la relation : 1 ch = 736 W).

Par ailleurs, on rappelle la relation : $P_{\text{thermo } 1\text{cycle}} = \frac{|W_{\text{cycle}}|}{t_{\text{cycle}}}$

(Unités : « P » en Watt, « W cycle » en Joule et « t » en seconde).

Question 3-12	Le moteur tourne à 4000 tr·min ⁻¹ , calculer la durée d'un cycle, notée « t_{cycle} » en seconde.
Sur copie	
Question 3-13	Calculer la puissance thermodynamique pour un cycle, notée « $P_{\text{thermo}/1\text{cycle}}$ » .
Sur copie	

La puissance d'un moteur thermique se calcule à l'aide de la relation :

$$P_{\text{réelle}} = \eta_{\text{moteur}} \times P_{\text{thermo}/1\text{cycle}}$$

Or le rendement du moteur diesel étudié est de 60%

Question 3-14	Calculer la puissance réelle du moteur et comparer la avec la valeur donnée par le constructeur.
Sur copie Voir DT2	

Prise en compte de l'injecteur défectueux :

On réitère la démarche en considérant que l'injecteur défectueux ne délivre que 50% de la quantité de gasoil d'un injecteur fonctionnant normalement.

De ce fait, la masse de gasoil injectée par cycle et par cylindre vaut :

$$M_{\text{go} \cdot \text{cycle}^{-1} \cdot \text{cyl}^{-1}} = 2,21 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{cycle}^{-1} \cdot \text{cyl}^{-1}.$$

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 13 sur 15

L'étude thermodynamique pour le cylindre 4 aboutit à un travail pour un cycle de :

$$W_{\text{cycle cyl4}} = - 613 \text{ J.}$$

Question 3-15	Montrer que le travail par cycle pour le moteur défectueux vaut
Sur copie	$W_{\text{moteur défectueux} \cdot \text{cycle}^{-1}} = - 4291 \text{ J.}$ (voir la question 3-10)

On donne le temps d'un cycle : $t = 0,03 \text{ s.}$

Le rendement du moteur est de 60%.

Question 3-16	Calculer la puissance thermodynamique pour un cycle en tenant compte de l'injecteur défectueux et conclure sur le ressenti du client quant au manque de puissance du véhicule.
Sur copie	Estimer le pourcentage de perte de puissance.

Dans cette troisième partie, nous avons vérifié la puissance du véhicule à l'aide d'une étude thermodynamique puis nous avons justifié la perte de puissance constatée par le client lors de son trajet de retour à la maison.

PARTIE 4 : Recherche des causes du dysfonctionnement annoncé par le client. Propositions de remédiation faites au client.

L'objectif de cette partie consiste à finaliser la recherche du dysfonctionnement décrit par le client afin d'en connaître l'origine puis à lui proposer une solution pour remédier à la panne.

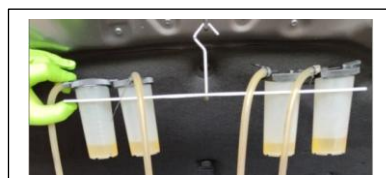
Les différentes parties traitées précédemment conduisent à un problème interne à l'injecteur. On va donc procéder au contrôle des injecteurs en deux étapes.

Contrôle des retours de fuites :

A l'image du contrôle décrit sur le DT11, on réalise un test de retour de fuites sur le véhicule du client. On se place dans les conditions suivantes : moteur tournant et chaud, montée en régime progressive de $850 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ à $3500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ pendant environ 1 minute.

On obtient les résultats suivants :

Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4
23 ml	24 ml	22 ml	25 ml



Question 4-1	Analyser ces résultats et conclure sur le bon fonctionnement des quatre injecteurs par rapport au retour de fuites.
Sur copie Voir DT11	

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 14 sur 15

Contrôle des injecteurs sur le banc EFICT (réf : DS2R) :

Les quatre injecteurs du véhicule sont testés successivement sur le banc **EFICT** présenté sur le DT12 et on obtient les résultats suivants :

Test réalisé sur injecteur à commande piézoélectrique Bosch					Valeurs de référence, avec +/- 4ml
Valeurs en ml	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	
iVM FL (pleine charge)	27	26	28	15	30
iVM PL (demie charge)	16	15	17	8	18
iVM LL (faible charge)	8	6	10	4	10
LKT (retour de fuites)	20	22	21	24	<55

Analyse des résultats :

Question 4-2	Analyser ces résultats et indiquer sur votre copie le ou les injecteurs non conforme(s) en précisant la situation de charge. Justifier votre réponse.
Sur copie	

Il s'avère que l'injecteur N°4 est mis en cause.

Question 4-3	Parmi les différentes propositions sur le DR 7 entourer la ou les causes possibles du dysfonctionnement de l'injecteur N°4.
DR7	

Propositions de remédiation : en tant que technicien vous avez un devoir de conseil et de résultat envers votre client.

Question 4-4	Proposer une ou plusieurs solution(s) argumentée(s) pour remettre le véhicule en conformité. Les critères à retenir : - le coût, - la durabilité de la réparation, - la prévention pour limiter les risques de récurrence.
Sur copie	

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DQ 15 sur 15

Le support d'étude est un véhicule Renault Talisman Energy 130



Ce véhicule est équipé d'un moteur Renault 1.6L dCi R9M 410 :

Le moteur R9M Renault est un moteur thermique automobile à combustion interne, diesel quatre temps, avec 4 cylindres en ligne alésés directement dans le bloc, refroidi par eau, doté d'un vilebrequin 5 paliers, avec 2 arbres à cames en tête entraînés par une chaîne de distribution, avec une culasse en aluminium, soupapes en tête, fabriqué par Renault.

Ce moteur est équipé d'un système « Common Rail », il s'agit d'une injection haute pression (2300 bars maxi) qui permet de diminuer les émissions polluantes tout en réduisant la consommation de carburant.

Le gasoil est aspiré dans le réservoir par la pompe d'alimentation. À la sortie de cette pompe, un capteur mesure la température du carburant.

Le carburant traverse le régulateur de débit qui ajuste la quantité de carburant à comprimer par la pompe haute pression en fonction des besoins du moteur. Sous haute pression, le carburant circule dans la rampe d'accumulation, à laquelle sont reliés les injecteurs piézoélectriques.

Un régulateur de pression situé à une extrémité de la rampe d'injection module la pression du carburant selon la charge moteur. À l'autre extrémité, un capteur de pression informe le calculateur d'injection de la pression dans la rampe.

Dans le conduit de retour des injecteurs, un clapet maintient une pression constante de 10 bars nécessaire au bon fonctionnement des injecteurs piézoélectriques.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 1 sur 12

Tableau récapitulatif des caractéristiques du moteur :

Désignation	Moteur Renault 1.6l dCi 130 R9M 410
Type	R9M
Cylindrée	1598 cm ³
Alésage/course	80 mm / 79.5 mm
Nombre de cylindres	4 cylindres
Nombre de soupapes	16 soupapes
Distribution	Chaine
Energie	Diesel
Pression maxi dans la rampe commune	2300 bars
Alimentation	Turbocompressé
Puissance maximale	130 ch à 4000 tr·min ⁻¹
Couple maximal	320 N·m à 1750 tr·min ⁻¹
Norme pollution	Euro 5 / Euro 6
Modèles équipés	SCENIC 4, MEGANE 3, LAGUNA 2, TALISMAN NISSAN QUASHQAI

Caractéristiques mécaniques de la transmission :

Ce Renault Talisman Energy 130 est équipée d'une boîte de vitesses robotisée à 6 vitesses EDC 6:

Rapports de réduction (boîte de vitesses + pont avant) :

$$\text{Rappel : } r = \frac{N_{\text{roue}}}{N_{\text{moteur}}} = \frac{\text{Produit des } Z_{\text{menantes}}}{\text{Produit des } Z_{\text{menées}}}$$

Vitesse sélectionnée	Rapport global de réduction
1 ^{ère}	r ₁ = 0,058
2 ^{ème}	r ₂ = 0,107
3 ^{ème}	r ₃ = 0,175
4 ^{ème}	r ₄ = 0,252
5 ^{ème}	r ₅ = 0,325
6 ^{ème}	r ₆ = 0,405



Consommations et émissions :

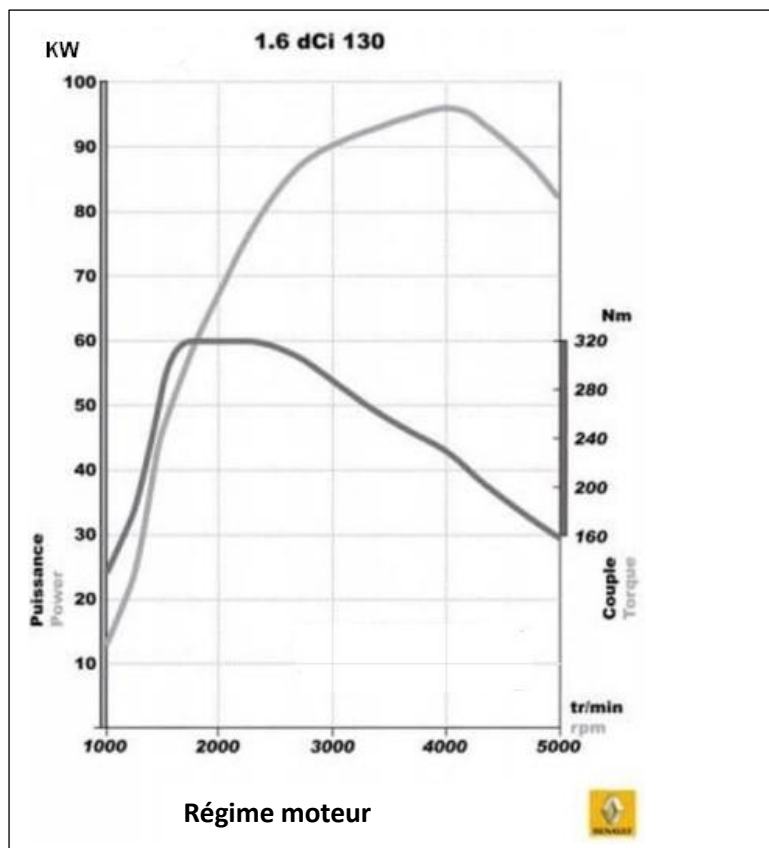
CO2	112 g / 100 km
Cycle mixte	4,2 L / 100 km
Cycle extra-urbain	3,9 L / 100 km
Cycle urbain	4,8 L / 100 km
Contenance du réservoir	47 L

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 2 sur 12

Performances du véhicule :

Aérodynamisme	S.Cx = 0,635 m ²
Vitesse maximale	Vmax = 207 km·h ⁻¹
Accélération	0 à 100 km·h ⁻¹ en 10,8 s
400 m départ arrêté	17,1 s
1000 m départ arrêté	31,9 s

Courbe de puissance du moteur Renault 1.6l dCi 130 R9M 410 :



Désignation des pneumatiques :

245 / 45 R18 100 W (roue 18')
Rappel : 1 pouce (1') = 2,54 cm

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 3 sur 12

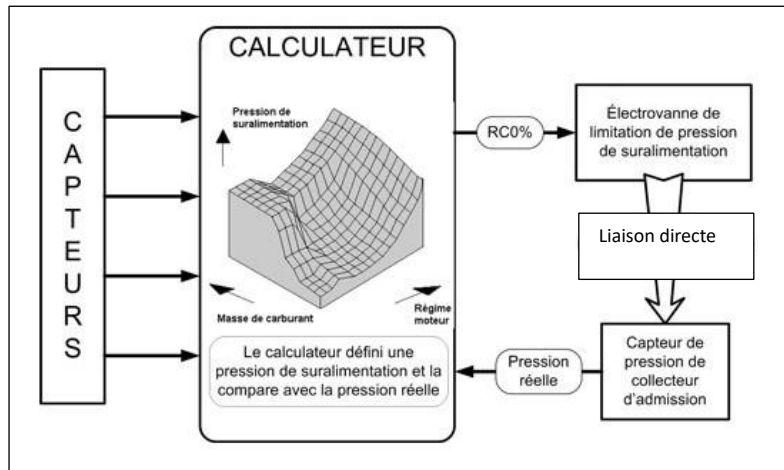
La suralimentation du moteur diesel :

Le moteur Renault 1.6l dCi R9M 410 est équipé d'un turbocompresseur de référence 144114822R ou 144111292R.

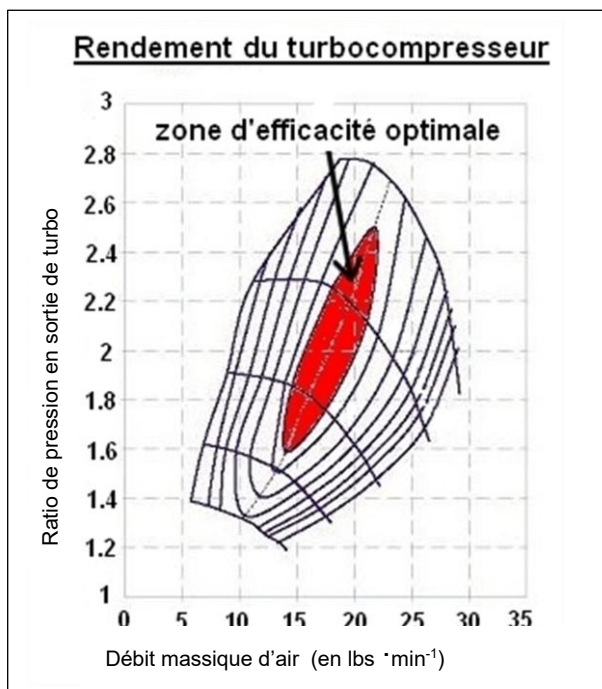


Gestion du circuit de suralimentation :

Afin d'adapter en permanence la pression de suralimentation à l'admission, le calculateur commande une électrovanne qui lui permet de limiter cette pression.



Cet abaque constructeur permet de déterminer le ratio de pression d'air souhaité en fonction du débit massique d'air délivré par le turbocompresseur :

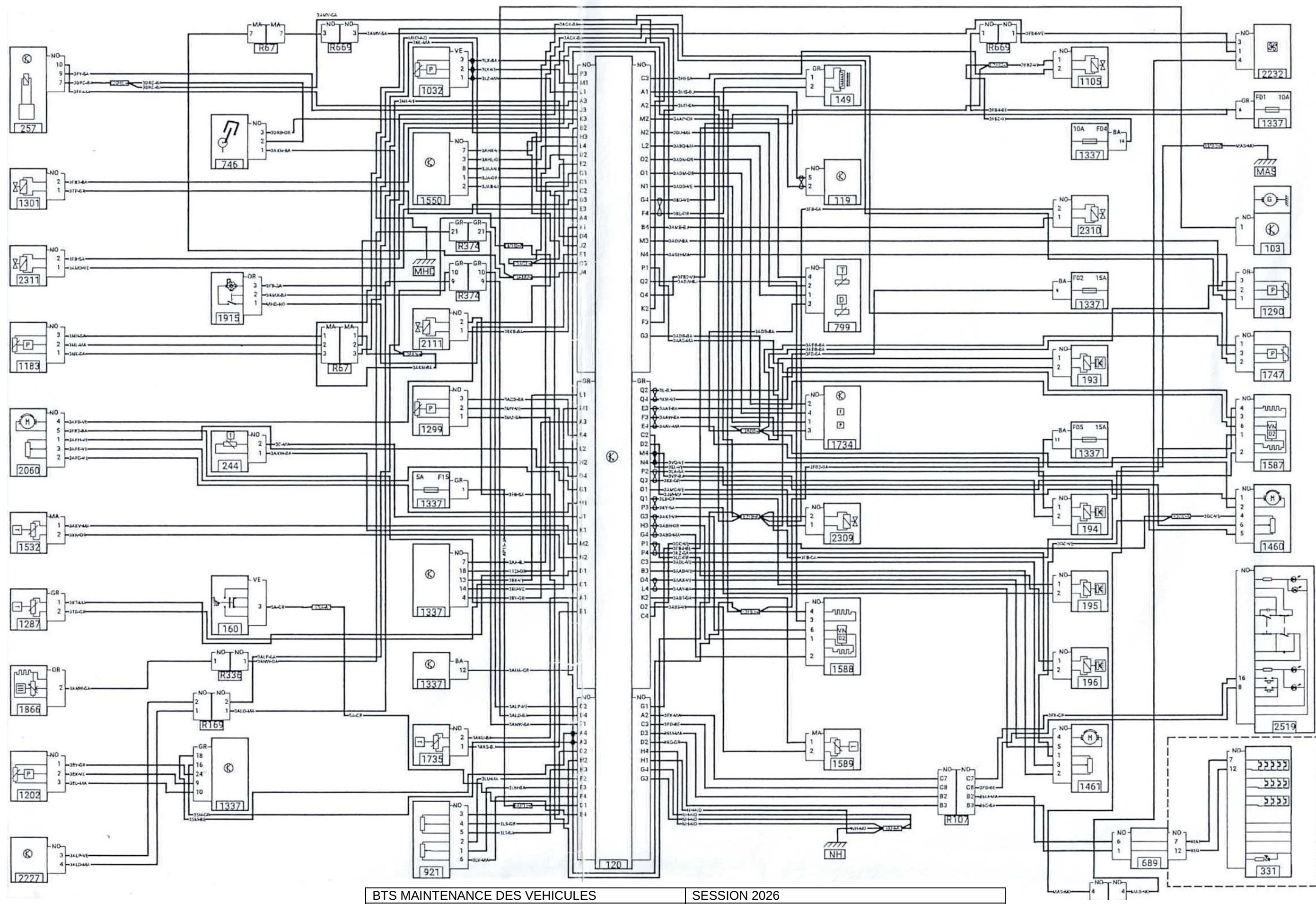


L'unité de masse utilisée est la livre : lbs (unité anglaise).

On précise que : 1lbs = 0,4536 kg

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 4 sur 12

GESTION MOTEUR - INJECTION ELECTRONIQUE - MOTEUR RENAULT R9M



Extrait du répertoire des organes du Moteur Renault R9M	
103	Alternateur
119	Unité de contrôle électrique / boîte de vitesses automatique
149	Capteur PMH
160	Contacteur stop
193	Injecteur 1
194	Injecteur 2
195	Injecteur 3
196	Injecteur 4
244	Capteur température eau injection
257	Boîtier de préchauffage
331	Commande régulateur de vitesse
689	Capteur tournant
746	Capteur cylindre
799	Débitmètre air injection
921	Potentiomètre accélérateur
1032	Capteur pression rampe à carburant
1105	Actuateur débit de carburant
1183	Capteur pression carburant
1202	Capteur pression gaz réfrigérant
1287	Capteur température amont filtre à particules
1290	Capteur pression différentiel filtre à particules
1299	Capteur pression avant turbine turbocompresseur
1301	Electrovanne by-pass / Electrovanne recyclage des gaz
1337	Unité de protection et de commande
1460	Electrovanne recyclage des gaz motorisés
1461	Volet d'admission d'air
1532	Capteur température recyclage des gaz
1550	Boitier interface chauffage additionnel
1587	Sonde oxygène amont
1588	Sonde oxygène aval
1589	Capteur température amont turbocompresseur
1734	capteur pression/température aval air
1735	Capteur température amont catalyseur
1747	Capteur pression suralimentation amont volet air
1866	Réchauffeur gazole avec sonde à eau
1915	Pompe à eau recyclage des gaz
2060	Volet SWIRL (brassage)
2111	Electrovanne by-pass moteur
2227	Module de contrôle de la pompe à carburant
2232	Volet réchauffage moteur
2309	Électrovanne soupape de décharge turbo basse pression
2310	Électrovanne by-pass turbine haute pression
2311	Électrovanne by-pass compresseur haute pression
2519	Commande du frein de parking assisté et du régulateur limiteur

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 6 sur 12

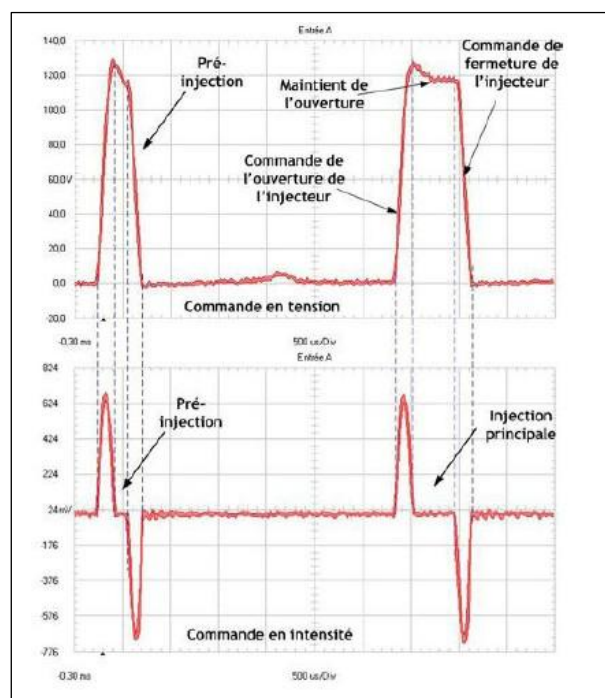
Injecteurs piézoélectriques :

L'effet piézoélectrique traduit le couplage entre les effets mécaniques et les effets électriques. C'est aux frères Curie que l'on attribue la découverte de l'effet direct en 1880. Certains matériaux ont la propriété de se polariser sous l'effet d'une contrainte mécanique, c'est l'effet piézoélectrique direct. Cette polarisation change de signe avec la contrainte. L'effet piézoélectrique est réversible et, les matériaux se déforment sous l'effet d'une polarisation électrique résultant de l'application d'un champ électrique, c'est l'effet inverse.

- Application aux injecteurs :

Si on applique une tension sur le matériau qui constitue principalement l'actuateur de l'injecteur, il s'en suit un allongement de celui-ci. Et inversement, si on applique une tension inverse, alors l'actuateur se contracte. A noter que le matériau ne revient pas de lui-même dans sa position de départ, il faut lui appliquer une tension de signe inverse pour le faire revenir à sa position initiale. Cette propriété reste identique si on inverse le sens du courant. De ce fait, pour une intensité positive, l'actuateur se comprimera et pour une intensité négative, il s'allongera.

- Signaux de commande de l'injecteur piézoélectrique :

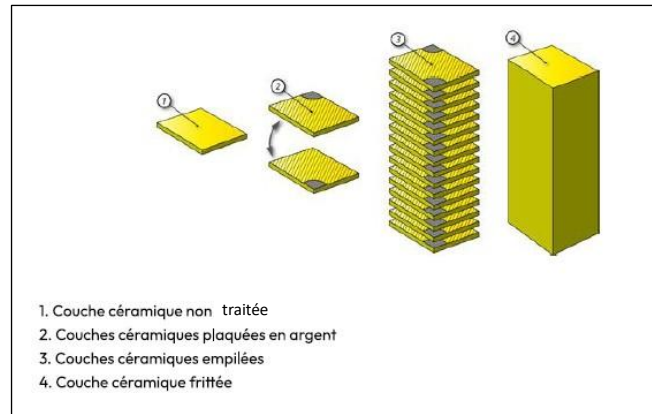


BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 7 sur 12

- Dimensionnement de l'actuateur :

L'inconvénient de cette technique est qu'elle demande une tension très élevée (de l'ordre du Mégavolt) pour obtenir un déplacement infiniment petit (en micromètre).

Pour résoudre ce problème, les constructeurs ont choisi d'empiler un grand nombre de couches de céramique (PZT : Plomb, Zirconium et Titane) ayant chacune une épaisseur de 80µm (rappel : 1 µm = 10⁻⁶ m).



Les contraintes de fonctionnement de l'injecteur piézoélectrique nécessitent un déplacement du piston récepteur 4c (voir ci-dessous) de **50 µm** sous une tension maximale de **250V**.

L'encombrement de la partie piézoélectrique ne doit pas excéder 35mm.

L'actuateur obéit à la loi de déformation suivante :

$$\Delta l = n \times d_{33} \times U$$

Δl : allongement (ou contraction) en m
 n : nombre de couches U : tension en V
 d_{33} : constante de charge piézoélectrique longitudinale en m·V⁻¹

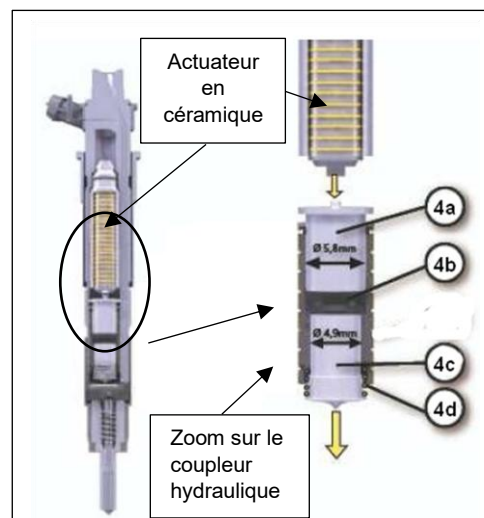
Pour la céramique PZT, **$d_{33} = 400 \times 10^{-12} \text{ m} \cdot \text{V}^{-1}$** .

- Caractéristiques du coupleur hydraulique :

L'injecteur Bosch utilisé possède un actuateur avec **390 couches** de PZT ainsi qu'un coupleur hydraulique présenté ci-dessous :

- 4a) Piston émetteur à Ø 5.8 mm
- 4b) Chambre de pression
- 4c) Piston récepteur à Ø 4.9 mm
- 4d) Ressort de rappel

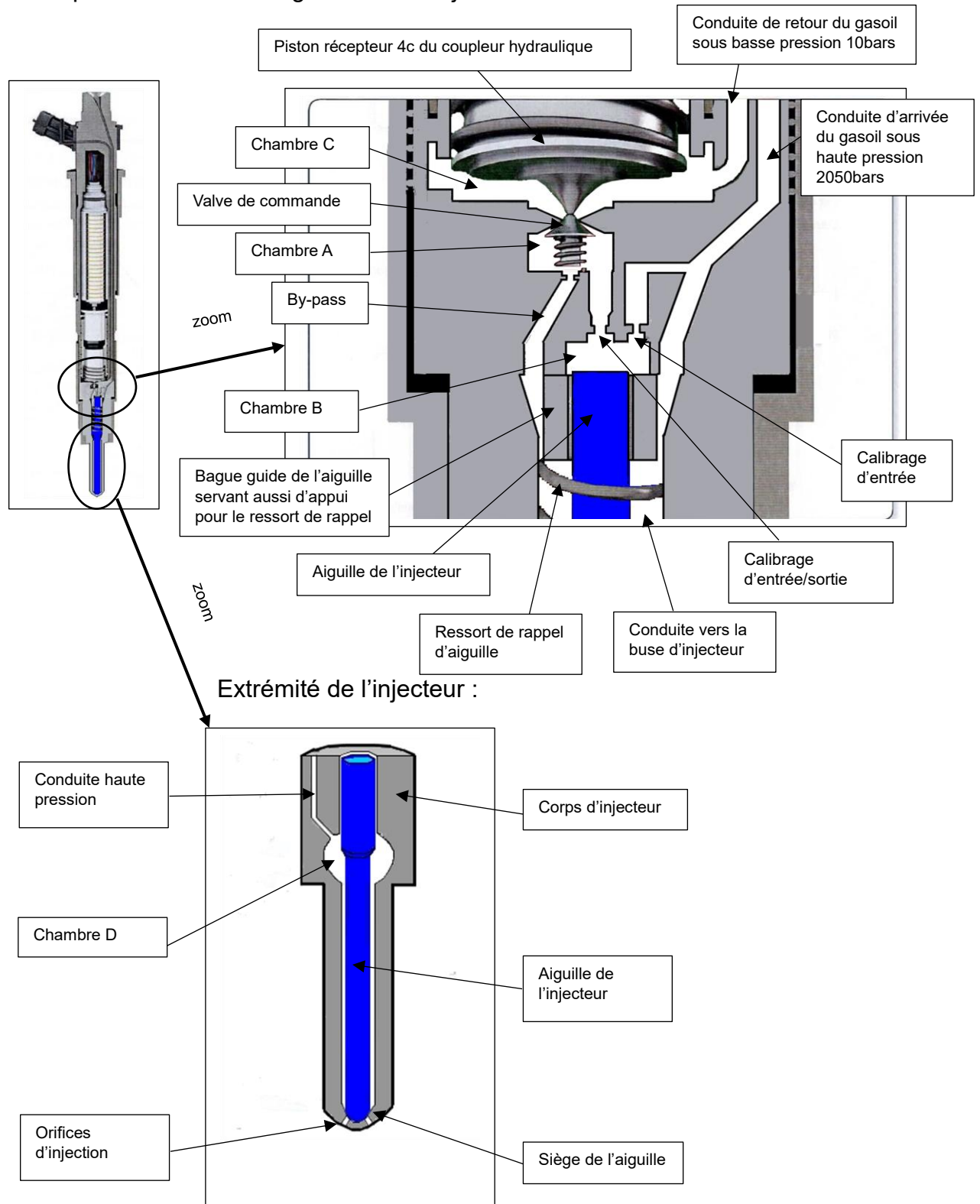
NB : La chambre 4b est constamment soumise à une pression de 10 bars.



BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 8 sur 12

Lorsque l'actuateur est sollicité, il s'allonge et vient pousser sur le haut du piston émetteur 4.a. Celui-ci descend et entraîne avec lui le volume de gasoil contenu dans la chambre 4.b. Ce volume de gasoil déplacé entraîne à son tour la descente du piston récepteur 4.c. Toutefois, le piston 4.c étant de plus petit diamètre, sa course est donc amplifiée par rapport à celle du piston 4.a.

- Principe de circulation du gasoil dans l'injecteur :



BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 9 sur 12

Phase de repos :

L'actuateur piézoélectrique n'étant pas sollicité, la valve de la chambre A est donc fermée interdisant le passage du gasoil de la chambre A vers la chambre C. Le gasoil sous haute pression (2050 bars) remplit donc tout le circuit situé sous la valve. De ce fait, la haute pression située dans la chambre B pousse l'aiguille de l'injecteur vers le bas et la plaque sur son siège, obturant ainsi les orifices d'injection.

Phase d'injection :

L'actuateur piézoélectrique est sollicité ce qui provoque le déplacement du piston récepteur 4.c vers le bas. La valve de la chambre A s'ouvre, autorisant ainsi le passage du gasoil de la chambre A vers la chambre C et donc une chute de pression dans la chambre A. Lorsque le piston récepteur atteint sa course maximale, la valve vient obturer le passage entre la chambre A et le by-pass. La section du calibrage d'entrée/sortie étant plus grande que la section du calibrage d'entrée, la pression de la chambre B chute à son tour réduisant fortement la poussée du gasoil sur le haut de l'aiguille. La haute pression située dans la chambre D étant toujours active, l'aiguille va donc remonter jusqu'à venir obturer le passage entre la chambre B et le calibrage d'entrée/sortie. Les chambres A et C sont maintenant en basse pression (10 bars). L'aiguille étant soulevée, les orifices d'injection sont ouverts et l'injection se produit.

Phase de fin d'injection :

L'actuateur piézoélectrique est sollicité en inversant la polarité du signal. De ce fait, le piston récepteur se déplace vers le haut ce qui permet à la valve de revenir sur son siège. La chambre A repasse alors en haute pression ainsi que la chambre B, ce qui repousse l'aiguille de l'injecteur sur son siège. La phase d'injection est terminée et on est revenu à la phase de repos.

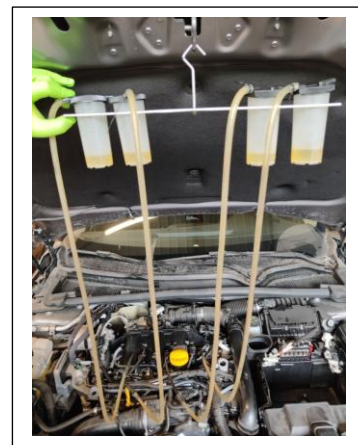
BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 10 sur 12

Exemple de protocole de contrôle des injecteurs : sur un véhicule type :

On dispose de deux types d'appareils complémentaires pour contrôler le bon fonctionnement des injecteurs.

Le premier, plus facile à mettre en œuvre, ne nécessite pas le démontage des injecteurs. Il s'agit d'un kit de contrôle des débits de fuite constitué d'éprouvettes graduées raccordées à chaque orifice de retour de fuite des injecteurs par un tuyau souple.

La méthode est essentiellement comparative car la quantité de gasoil présente dans ces conduites de retour de fuite dépend de l'usure des joints situés dans les injecteurs et donc de l'ancienneté du véhicule. Une procédure précise permet toutefois de vérifier l'état des injecteurs pour une durée et un régime moteur donnés.

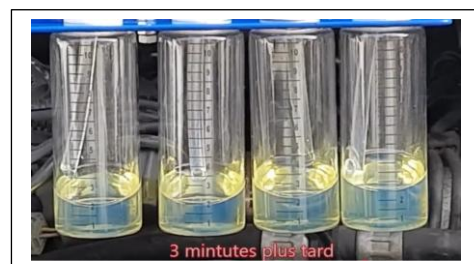


Exemple d'analyse des résultats obtenus sur un véhicule type:

Essai 1

On mesure les débits de fuite des injecteurs pendant 3 minutes avec le moteur au ralenti. On obtient les résultats ci-contre :

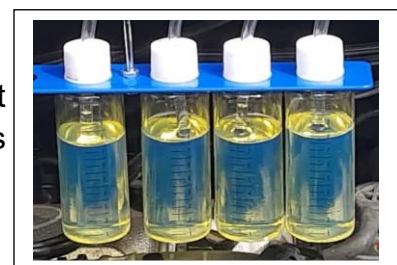
Interprétation : Les injecteurs 3 et 4 ont un retour de fuite légèrement plus élevé que les injecteurs 1 et 2 mais cela reste dans les mêmes proportions. On peut conclure que les quatre injecteurs sont encore fonctionnels.



Essai 2

On mesure les débits de fuite des mêmes injecteurs pendant 3 minutes à un régime moteur de 2500 tr·min⁻¹. On obtient les résultats ci-contre :

Interprétation : Même constat, les quatre injecteurs sont fonctionnels.



Essai 3

On mesure les débits de fuite d'une autre série d'injecteurs sur un moteur posant problème. Le test moteur au ralenti pour une durée de 3 minutes donne les résultats ci-contre :

Interprétation : Cet essai montre clairement un dysfonctionnement au niveau de l'injecteur N°3 dont les retours de fuite sont nettement supérieurs aux trois autres. L'injecteur est donc à remplacer.



Ceci sur un véhicule type.

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 11 sur 12

Le deuxième appareil est un banc de contrôle permettant de vérifier les débits de chaque injecteur.



Le banc utilisé est de la marque EFICT référence DS2R, société basée à Fécamp.

Caractéristiques :

- Jusqu'à 2000 bars HP avec 6.5 bars air compresseur
- Mesure volumétrique analogique (VT)
- Opération manuelle
- Niveau diagnostic spécialiste diesel
- Possibilité rinçage et lavage
- 16 min par phase test

Procédure : l'injecteur est relié à une éprouvette permettant la mesure de la quantité injectée, le test de retour de fuite peut être confirmé sur ce banc.

Tests dynamiques de débits :

IVM est la valeur de débit obtenue en ml pour une durée d'ouverture et une pression variable, selon la phase de fonctionnement fixées par le banc d'essai.

Les résultats peuvent être regroupés dans un tableau dans lequel une valeur de référence est indiquée afin de contrôler la conformité des résultats, ceci à différentes charges moteur.

LKT est la valeur de retours de fuite de l'injecteur en ml.

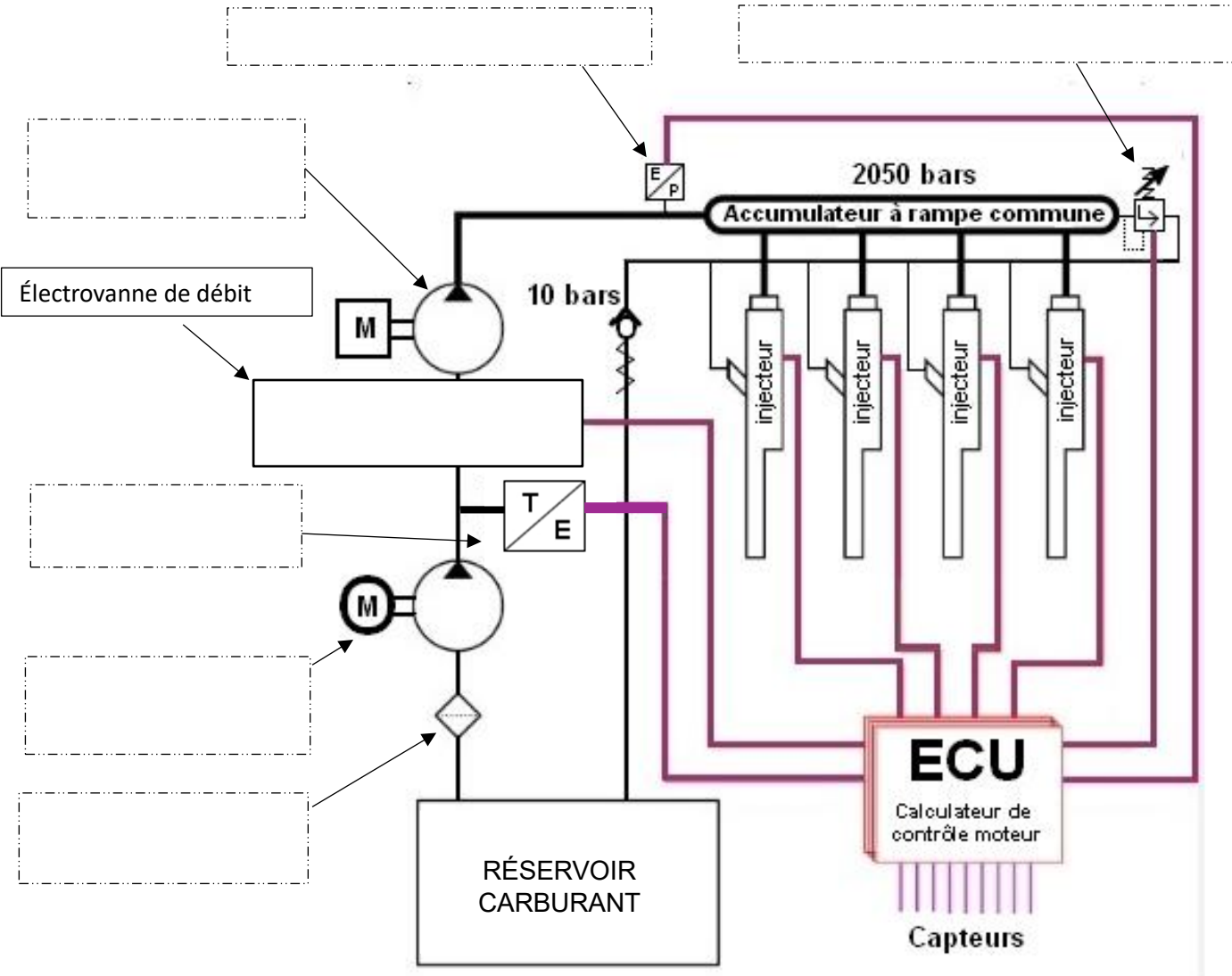
Test réalisé sur injecteurs(type d'injecteurs).....					Valeurs de référence, avec +/- 4ml
Valeurs en ml	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	
iVM FL (pleine charge)					
iVM PL (demie charge)					
iVM LL (faible charge)					
LKT (retour de fuite)					<



BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DT 12 sur 12

DOSSIER RÉPONSES

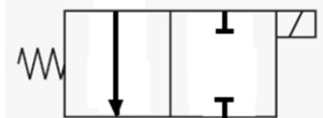
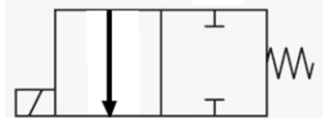
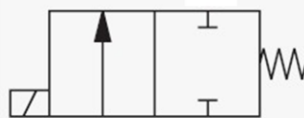
Q 1-1 : Voir DT1



Composants hydrauliques :

Pompe haute pression
 Pompe d'alimentation
 Capteur température de carburant
 Capteur de pression
 Régulateur de pression
 Filtre à carburant

Schémas possibles de l'électrovanne



Q 1-3

Batterie faible	Injecteur défectueux
FAP encrassé	Pneus sous-gonflés
Climatisation qui ne produit plus de froid	Vanne EGR défectueuse
Vidange dépassée d'environ 2000km	Manque de liquide de refroidissement

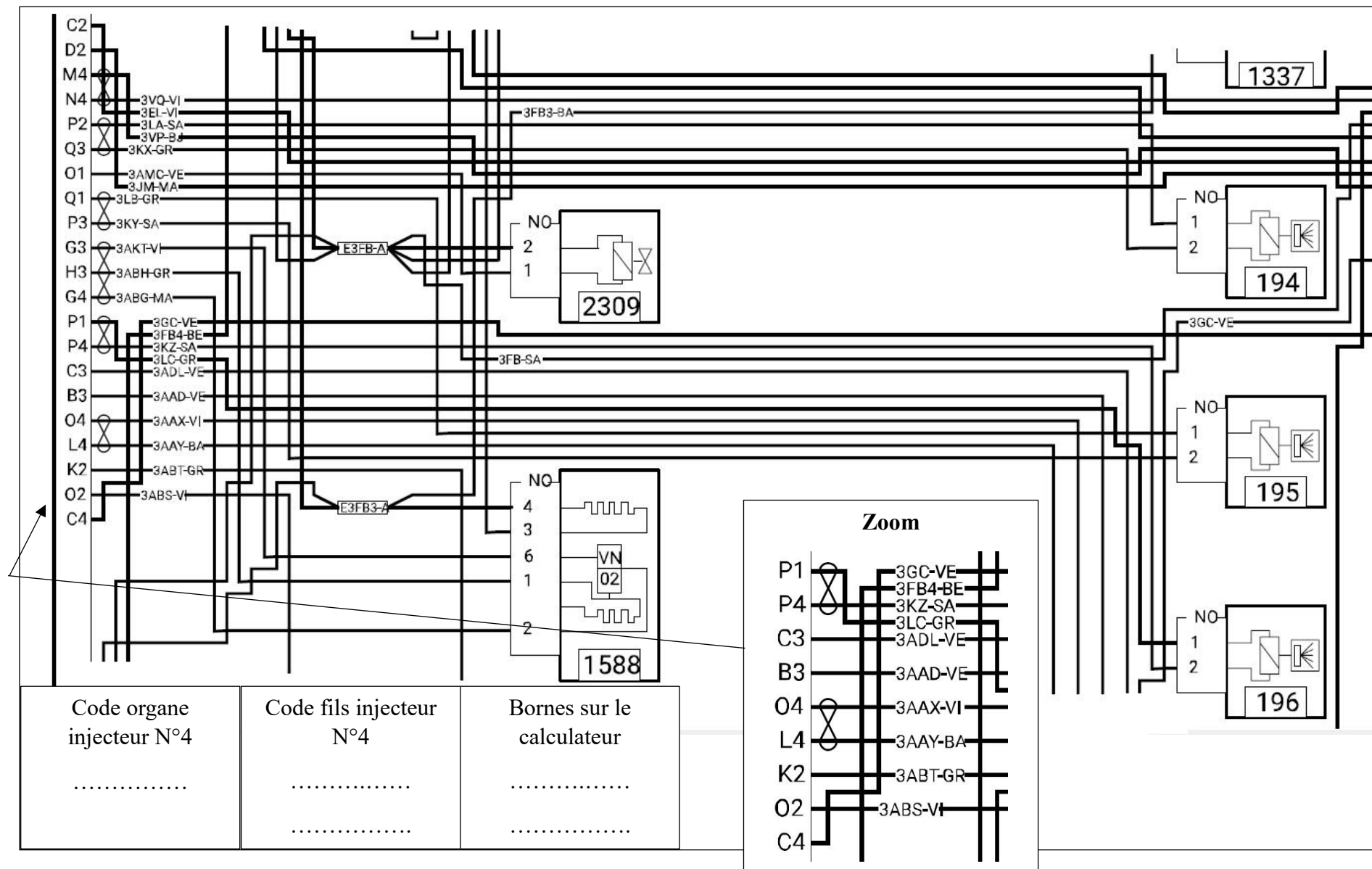
Q 1-4

Perte de puissance	Augmentation de la consommation
Vibrations anormales du moteur	A-coups à l'accélération
Batterie qui se décharge anormalement	Voyant moteur allumé au tableau de bord
Véhicule qui se met en mode dégradé	La sonde lambda qui donne de mauvaises informations au calculateur

Q 1-6

Véhicule à l'arrêt	Véhicule roulant
Moteur à l'arrêt	Moteur tournant
Fils connectés à l'injecteur	Fils déconnectés de l'injecteur
Fils connectés au calculateur	Fils déconnectés du calculateur

Q 1-5 : Voir DT5 et DT6



Q 1-8 : Voir DT7



La voie 1 en rouge présente l'évolution de la tension en fonction du temps : 50V/div.

NB : La partie sous la courbe (signal au repos) est un effet de self dont il ne faut pas tenir compte.

La voie 2 en bleu présente l'évolution de l'intensité en fonction du temps : 10 A/div.

L'axe horizontal correspond au temps : 1 ms/div.

Durée pré-injection :

Durée injection :

Q 1-9 : Voir DT8 à DT10

Tension maximale : Tension minimale : 0 v

Intensité maximale : Intensité minimale :

Conformité et justification :

.....

Conclusion :

.....

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DR 4 sur 7

(en majuscules)

[illegible]

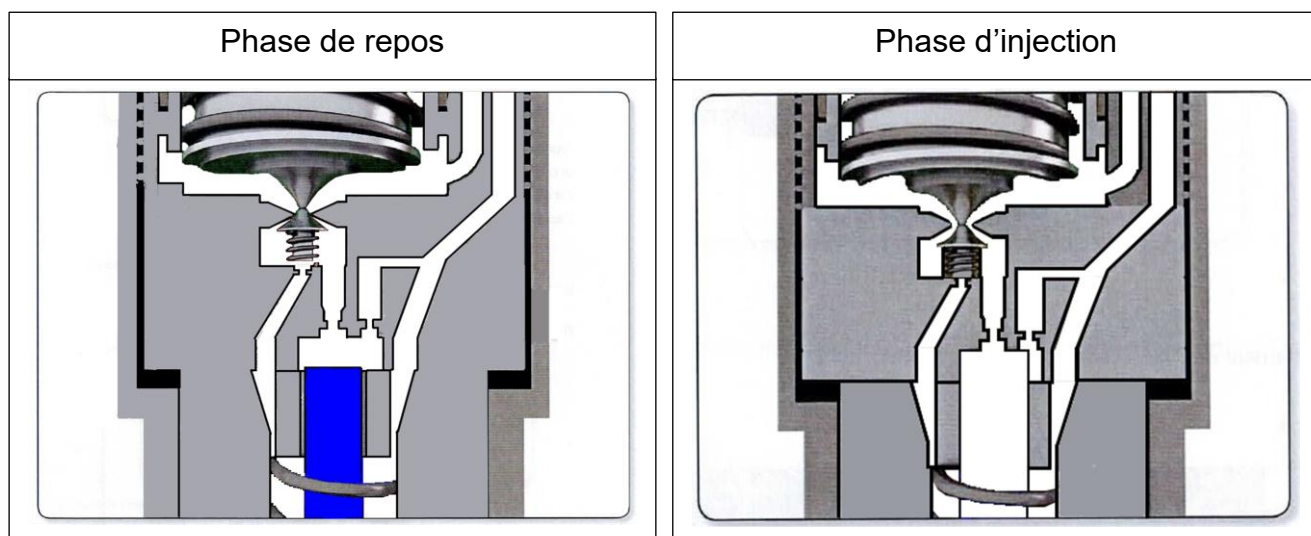
RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--

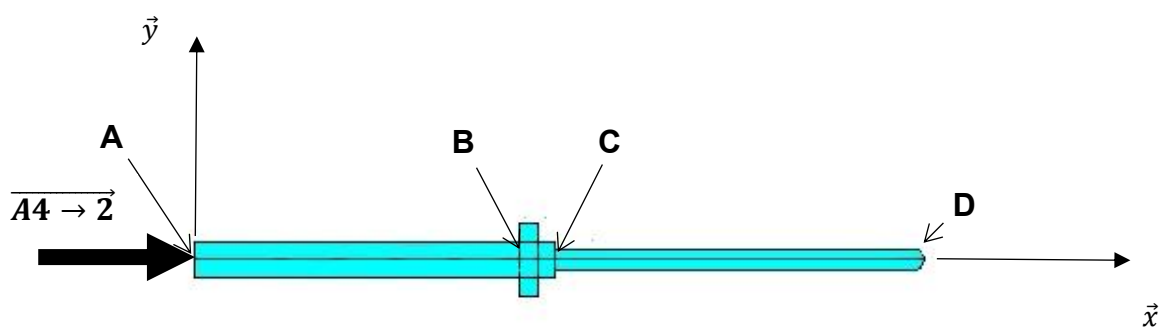
[illegible]

Q 1-12 : Voir DT9 et DT10



Q 1-13

1 : corps de l'injecteur ; 2 : aiguille ; 3 : ressort ; 4 : gasoil sous pression



BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DR 5 sur 7

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



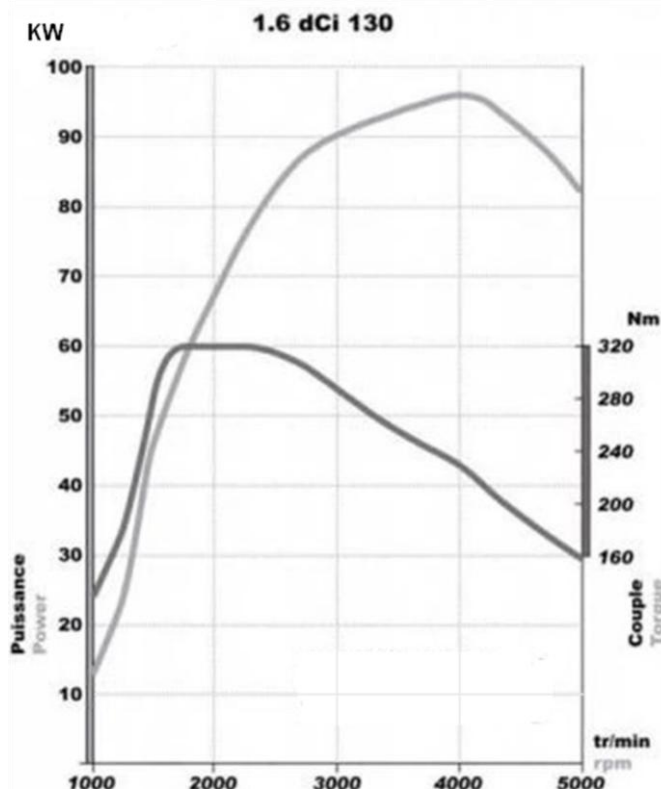
		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

Q2-1-1

Q2-1-2

Q2-1-3

Q2-1-4



Courbe de puissance du moteur diesel 1.6l dCi R9M 130Cv

Q2-1-1

P_{maxi} =P_{maxi} =C_(pour P_{maxi}) =

Q2-1-2

C_{maxi} =N_(pour C_{maxi}) =

P (couple maxi) courbe =

Q2-1-3

P (couple maxi) calculée :

.....

.....

.....

Q2-1-4

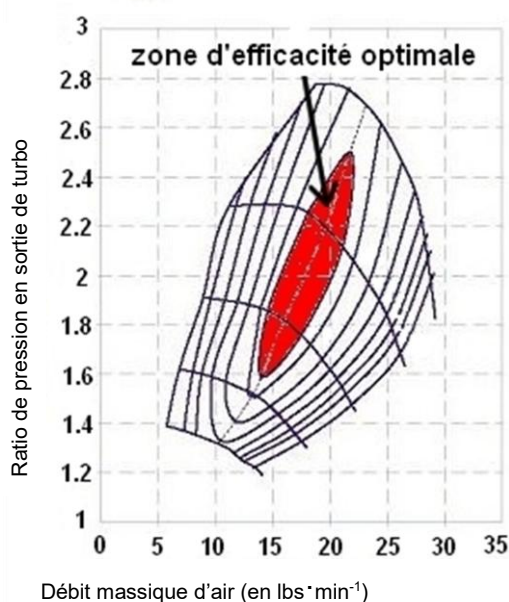
Proportion de la puissance maxi :

.....

.....

Q 3-4 : Voir DT4

Rendement du turbocompresseur



L'unité de masse utilisée est la livre : lbs (unité anglaise).

On précise que : 1lbs = 0,4536 kg

Valeur mini du débit massique d'air pour un ratio de pression de 1,8 :

.....lbs·min⁻¹

.....kg·min⁻¹

.....kg·s⁻¹

Valeur maxi du débit massique d'air pour un ratio de pression de 1,8 :

.....lbs·min⁻¹

.....kg·min⁻¹

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

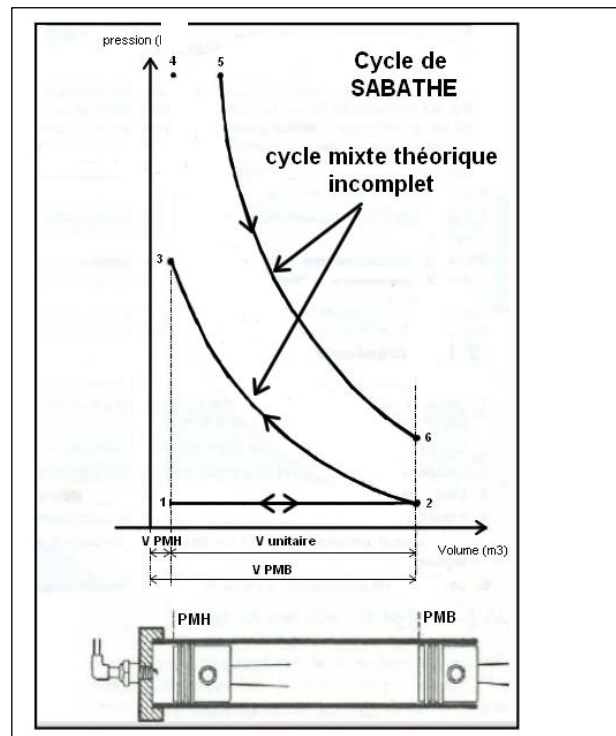
[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

Q 3-5



Q 4.3

Injecteur grippé ouvert
Aiguille injecteur cassée
Tension de commande de l'injecteur trop faible
Trous de buse de l'injecteur partiellement bouchés
Injecteur grippé fermé
Fuite interne injecteur

BTS MAINTENANCE DES VEHICULES	SESSION 2026
E4 – Analyse des systèmes et contrôle des performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 26ML4ASCPPO	DR 7 sur 7

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--