**DOSSIER QUESTIONS**

Le propriétaire se plaint d’une surconsommation de carburant, de l’allumage du voyant moteur et d’un message « problème injection ».

Il nous explique avoir l’impression que son véhicule a un léger manque de puissance lors des insertions sur voie rapide qu’il a pu effectuer.

Pour permettre de trouver le dysfonctionnement sur le véhicule, l’étude abordera successivement :

**Partie 1 – Analyse du système d’injection de carburant** (environ 22% de la note)

**Partie 2 – Étude du remplissage en carburant** (environ 18% de la note)

**Partie 3 – Étude de l’injecteur de carburant** (environ 7% de la note)

**Partie 4 – Étude cycle thermodynamique du moteur HB4** (environ 38% de la note)

**Partie 5 – Proposition de modification de la gestion moteur** (environ 15% de la note)

Les différentes parties du sujet sont indépendantes, mais il est préférable de suivre la progression proposée.

Le détail de vos calculs et de vos démarches figurera impérativement sur votre copie.

**Les résultats seront arrondis à 4 chiffres significatifs**.

Le sujet aborde, les différentes étapes d’une démarche de diagnostic pour une situation de panne rencontrée sur un véhicule RENAULT TWINGO III équipé d’un moteur 3 cylindres.

N° VIN du véhicule : VF1AH000860940181 Kilométrage : 45 024 km

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Versions commercialisées** | **Plaque moteur** | **Cylindrée** | **Puissance (ISO ou CEE)** | **Régime puissance maximum** | **Couple maxi (ISO ou CEE)** | **Régime couple maximum** |
| **0.9LTCe** | H4BT (401) | 899 cm3 | 90 ch | 5000 tr·min-1 | 13,5 daN·m | 2500 tr·min-1 |

**PARTIE 1 :** **Analyse du système d’injection de carburant**

*L’objectif de cette partie est d’effectuer des mesures sur le système d’injection/allumage.*

**1-1 – Analyse de l’architecture structurelle et fonctionnelle du système d’injection**

Le premier travail du technicien est d’identifier les différents éléments composant le système d’injection.

**1-1.1 Identifier et décrire la chaîne d’information et la chaîne d’énergie du système.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-1.1 | À l’aide des pages DT3 à DT5, compléter le nom ou le repère des différents composants du système d’injection dans les cases en gras du synoptique de la page DR1 du dossier réponses. |
| DT3, DT4 et DT5DR1 |

**1-1.2 Identifier les éléments de la chaine d’information réalisant les fonctions du système d’injection.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question1-1.2 | Compléter sur le synoptique de la page DR1, les liaisons électriques manquantes (filaire, CAN principal, CAN MOT/BV et CAN CAR) entre les différents composants (261, 1094, 119, 2336) et le calculateur 120. |
| DT3DR1 |

**1-1.3 Identifier les fonctions des éléments du système.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-1.3 | Indiquer dans le tableau de la page DR2 du dossier réponse la fonction principale des différents composants du système. |
| DT2 et DT3DR2 |

**1-1.4 Identifier les éléments de la chaine d’énergie réalisant la fonction : Alimenter le moteur en carburant**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-1.4 | À l’aide des documents donnés en page DT2, DT3 et de la norme DT10, indiquer, sur le schéma hydraulique du document réponse DR2, le nom des composants dans les bulles. |
| DT2, DT3 et DT10DR2 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-1.5 | Implanter sur le schéma hydraulique du circuit d’essence page DR2 un manomètre permettant de relever la pression d’essence du circuit. |
| DT7 et DT10DR2 |

*Le technicien mesure la pression d’essence du circuit moteur tournant et trouve la valeur de 5,4 bar.*

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-1.6 | Indiquer sur le DR2 les valeurs minimales et maximales fournies par le constructeur pour la pression d’essence.La valeur mesurée par le technicien (5,4 bar) est-elle correcte ? |
| DT7DR2 |

## 1-2 Identifier les grandeurs d’entrée/sortie du système de gestion électronique

**1-2.1** **Identifier les données de contrôle.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.1 | À l'aide des pages DT6, DT8 et DT9, compléter sur la page DR3, le tableau des points de mesures sur le calculateur afin de relever les signaux de commande des injecteurs. |
| DT6, DT8 et DT9DR3 |

**1-2.2 Vérifier les performances du système à partir de courbes caractéristiques.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.2 | Page DR3, relever graphiquement le temps d’injection, à partir du signal relevé avec l’oscilloscope pour chaque injecteur. |
| DR3 |

**1-2.3 Quantifier les écarts entre les valeurs attendues et les valeurs calculées.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.3 | Quelle est la valeur fournie par le constructeur pour le temps d’injection ?La valeur mesurée par le technicien est-elle correcte ? Compléter la page DR4. |
| DT8DR4 |

**1-2.4 Identifier les grandeurs caractéristiques représentatives des performances du système.**

Le technicien utilise une pince ampèremétrique couplée à un oscilloscope pour visualiser le signal secondaire des bobines d’allumage des cylindres 1, 2 et 3. Il obtient trois oscillogrammes (voir DR4).

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.4 | À l'aide des pages DT4, DT5 et DT6, indiquer sur la page DR4, les différentes parties des signaux secondaires de la bobine d’allumage de chaque cylindre. |
| DT4, DT5, DT6DR4 |

**1-2.5 Quantifier les écarts entre les valeurs attendues et les valeurs calculées.**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.5 | Sur DR4, déterminer graphiquement la durée d’étincelle + oscillation de la bobine, à partir du signal relevé avec l’oscilloscope. |
| DT6DR4 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-2.6 | Les valeurs mesurées par le technicien sont-elles correctes ? Compléter la page DR4. |
| DT6DR4 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1-3 | D’après les différentes mesures effectuées sur le système de gestion moteur ; établir une conclusion sur l’état du système d’injection/Allumage du véhicule (justifier votre réponse). |
| Copie |

*Le technicien va analyser les pratiques d’utilisation du conducteur.*

**PARTIE 2 :** **Étude du remplissage en carburant**

*L’objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques du carburant contenu dans le réservoir.*

Après questionnement du client sur ses pratiques d’utilisation de son véhicule, il reconnait s’être trompé en faisant le plein à la pompe.

Il se rappelle avoir mis 24 litres de E85 lors de son dernier plein, comme ce n’était pas cher.

Le réservoir de son véhicule a une contenance de 28 L.

**Données** :

Le Bioéthanol E85 contient 85% en volume d’éthanol pur.

L’essence SP95 E10 contient 10% en volume d’éthanol pur.

Masse volumique de l’essence pure à l’état liquide ρessence = 750 kg·m-3

Masse Volumique de l’éthanol pur à l’état liquide ρéthanol = 790 kg·m-3

PCI Essence Pure : PCIessence = 42690 kJ·kg-1

PCI Éthanol Pur : PCIéthanol = 26805 kJ·kg-1

**2-1 Analyse des proportions du mélange des carburants**

*L’objectif de cette étude est d’évaluer la proportion exacte d’éthanol pur dans le carburant contenu dans le réservoir afin de savoir si l’erreur de remplissage peut être la cause de l’allumage du voyant moteur.*

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-1.1 | Calculer combien il restait de SP95 E10 dans le réservoir avant le plein. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-1.2 | Calculer Véthanol le volume en litre d’éthanol pur contenu dans le réservoir après le plein. Estimer alors la concentration d’éthanol en % du volume total. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-1.3 | Calculer Vessence le volume en litre d’essence pure contenue dans le réservoir après le plein. Estimer alors la concentration d’essence en % du volume total. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-1.4 | À partir du tableau page DT1, identifier le moteur présent sur notre véhicule et le taux maximal d’éthanol pur qu’il peut accepter. |
| DT1Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-1.5 | D’après les données du constructeur relevées ci-dessus, estimer si le taux d’éthanol dans le carburant est toléré dans le fonctionnement normal du moteur. |
| Copie |

**2-2** **Détermination des caractéristiques de ce mélange des carburants**

Le taux d’éthanol, légèrement trop élevé, peut-il être la cause du ressenti client.

*L’objectif de cette étude est d’évaluer les caractéristiques précises de ce mélange de carburant.*

On admet les résultats suivants pour la suite de l’étude Véthanol = 20,8 L et Vessence=7,2 L

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.1 | Calculer messence la masse d’essence en kg contenue dans le réservoir. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.2 | Calculer methanol la masse d’éthanol en kg contenue dans le réservoir. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.3 | En déduire mcarb, la masse totale de carburant en kg contenue dans les 28 L du réservoir puis $ρ\_{carburant}$ en kg·m-3 sa masse volumique. |
| Copie |

On admet que le mélange est composé de 75% éthanol pur et 25% d’essence pure en volume.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.4 | Placer sur le graphique du document réponse DR5, le point correspondant à notre carburant. |
| DR5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.5 | En déduire PCICarb, le Pouvoir Calorifique Inférieur de notre carburant en kJ·kg-1. |
| DR5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2-2.6 | Conclure par rapport aux symptômes vus ou ressentis par le client. |
| Copie |

**PARTIE 3 : Étude de l’injecteur de carburant**

*L’objectif de l'étude est de déterminer la quantité de carburant injectée par cylindre lors d’un cycle.*



**Hypothèses d'étude :**

On suppose un écoulement stationnaire entre les points 1 et 2 avec un fluide parfait, non visqueux et incompressible.

Les deux pressions p1 et p2 dans l’injecteur sont considérées comme pressions absolues exprimées en Pascal.

**Données** :

Le diamètre au niveau de la chambre de l’injecteur est Ød1 = 6 mm, S1 sa section en m2,

Le diamètre d'un trou d'injecteur Ød2 = 0,3 mm, S2 sa section en m2,

Nombre de trous d'injection = 6,

Distance entre les points 1 et 2 : on considère que z1 = z2 = 0 mm,

Masse volumique du carburant ρcarb= 780 kg·m-3,

Accélération de la pesanteur g = 9,81 m·s-2,

V1 et V2 les vitesses du fluide dans la chambre 1 et au niveau des trous 2 d'injecteur en m·s-1,

On considère que la vitesse V1 au niveau de la chambre 1 sera négligeable devant la vitesse V2 donc V1 ≈ 0 m·s-1.

Pression absolue au niveau de la chambre 1 : p1 = 6,4 × 105 Pa

Pression absolue au niveau de la chambre 2 : p2 = 3 × 105 Pa

Dans ces conditions l’équation de Bernoulli s'écrit :

$$p\_{1}+ρ\_{carb}×g×z\_{1}+\frac{ρ\_{carb}×V\_{1}^{2}}{2}=p\_{2}+ρ\_{carb}×g×z\_{2}+\frac{ρ\_{carb}×V\_{2}^{2}}{2}$$

En considérant les deux points 1 et 2 comme indiqués sur la figure ci-dessus :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3-1 | Simplifier l’équation de Bernoulli en tenant compte des hypothèses ci-dessus. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3-2 | À partir de l’équation simplifiée, calculer la valeur de la vitesse V2. |
| Copie |

Le débit volumique est donné par la relation Qv = V2×S2.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3-3 | Déduire la valeur du débit volumique total de carburant QV au niveau du point 2 pour les six trous de l’injecteur. |
| Copie |

Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra 𝝆carb = 780 kg·m-3 et QV = 12,52×10-6 m3·s-1.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3-4 | Exprimer et calculer le débit massique Qm. Préciser les unités utilisées. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3-5 | En déduire la masse de carburant injectée minj en kg pour un cylindre, si l’injecteur est ouvert pendant un temps tinj = 3,6×10-3 s. |
| Copie |

La masse de carburant injectée à chaque cycle dans chaque cylindre nous permet de déterminer la puissance théorique de ce moteur et de la comparer aux données du constructeur.

**Partie 4 : Étude du cycle thermodynamique du moteur H4B**

*L’objectif de cette étude est de caractériser la puissance du moteur suite à l’erreur de carburant.*

Données :

*Caractéristiques du moteur :*

Cylindrée totale : V = 899 cm3.

Nombre de cylindres : n = 3.

Rapport volumétrique : ε = V1/V2 = 9,8.

Injection : indirecte essence

Rendement mécanique : ηméca = 0,9

Rendement cycle thermodynamique : ηforme = 0,8

*Caractéristiques de l’injection de carburant :*

Dosage stœchiométrique du SP 95 : dst = 1/14,8

Constante caractéristique : r = 287 J·kg-1·K-1.

Capacité thermique massique à p=cte : cp = 1005 J·kg-1·K-1

Rendement de combustion : ηcombustion = 0,98

*Caractéristique du carburant :*

PCI du carburant : PCICARB = 31,5 x106 J·kg-1

HYPOTHÈSES :

Le fluide gazeux (mélange air, carburant puis produits de combustion) est assimilable à un gaz parfait dont les caractéristiques sont comparables à celles de l’air.

Toutes les évolutions sont supposées réversibles.

L’étude s’effectue à 3000 tr·min-1 pour un des 3 cylindres.

On considère que le carburant est injecté entre les points 0 et 1 lors de la phase d’admission.

RAPPELS

Pour un état donné du mélange gazeux, l’équation d’état des gaz parfaits suivante est :

$$p×V=m×r×T$$

Pour une transformation adiabatique réversible de l’état i vers l’état j

$$p×V^{γ}=constante;T×P^{\frac{1-γ}{γ}}=constante;T×V^{γ-1}=constante$$

$$W\_{ij}=m×c\_{v}×\left(T\_{j}-T\_{i}\right)$$

Pour une transformation isobare de l’état i vers l’état j :

$p=constante$ pi = pj

$$W\_{ij}=P×\left(V\_{i}-V\_{j}\right)$$

Pour une combustion isochore de l’état i vers l’état j :

$$V=constante$$

$$Q\_{Combustion}=m\_{ess}×PCI×η\_{Combustion}$$

$$Q\_{Combustion}=m\_{mel}×c\_{v}×\left(T\_{j}-T\_{i}\right)$$

Les constantes cP, cV, r et γ sont liées par les relations suivantes :

$$\frac{c\_{P}}{c\_{v}}=γetc\_{P}-c\_{v}=r$$

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-1 | Déterminer la capacité thermique massique à volume constant cv et l'exposant isentropique γ du mélange. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-2 | Calculer la cylindrée unitaire VU en cm3 puis en m3. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-3 | Calculer les volumes au PMB : V1, et au PMH : V2 (volume de la chambre de combustion). |
| Copie |

Compte tenu de l'épure de distribution et de la présence du turbo, la masse volumique de l'air au point 1 vaut : ρ1 = 1,588 kg.m-3.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-4 | Calculer la masse d'air correspondant au volume V1 : mair1 en kg. |
| Copie |

La masse de carburant injectée sera : minj = mess = 3,51 x10-5 kg

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-5 | Calculer la masse de mélange air+carburant, contenue dans le moteur après admission, qui va subir le cycle : mmél. |
| Copie |

*Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra pour la suite :*

$$\begin{array}{c}c\_{v}=718J.kg^{-1}.K^{-1}γ=1,4m\_{mél}=5,651×10^{-4}kgm\_{ess}=3,515×10^{-5}kg\\V\_{1}=3,337×10^{-4}m^{3}V\_{2}=3,405×10^{-5}m^{3}\end{array}\_{}$$

Afin de déterminer le travail du cycle pour le moteur, répondre aux questions suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-6 | La pression absolue au point 1 étant de p1 = 3 bar, calculer la température T1 (K) au début de la compression en fin d’admission. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-7 | Calculer le travail nécessaire W01 (J) de balayage à l'admission isobare 0 vers 1. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-8 | Entre 1 et 2, la masse de mélange subit une compression adiabatique. Calculer p2, en déduire T2. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-9 | Entre 1 et 2, en déduire l’énergie nécessaire W12 (J) pour passer de l’état 1 à l’état 2. |
| Copie |

La phase 2 vers 3 est la phase de combustion de la masse de carburant injectée au point 1. On fera l’hypothèse que cette combustion est suffisamment rapide pour être considérée comme isochore, c'est-à-dire que le piston n’a pas le temps de se déplacer pendant cette combustion. Sachant que le PCI du carburant réel est (31,5 x 106 J.kg-1) :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-10 | Calculer Q23 en J, apportée par la combustion du carburant pendant la phase 2→3. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-11 | En déduire T3 puis p3. |
| Copie |

La détente de l’état 3 vers l’état 4 sera considérée comme adiabatique réversible :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-12 | Calculer p4, T4. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-13 | En déduire l’énergie W34 (J) transférée au vilebrequin pendant la phase 3 vers 4. |
| Copie |

La phase d’échappement se fera entre 5 et 6 et sera considérée comme isobare avec comme valeur de la contrepression à l'échappement p5 = 3,2 bar.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-14 | Calculer le travail de balayage à l'échappement W56 (J). |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-15 | Calculer le travail du cycle pour un des trois cylindres du moteur : Wcycle (J). |
| Copie |

Quels que soient les résultats trouvés précédemment,

On prendra pour la suite : Wcycle = -643 J pour un cylindre.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-16 | En déduire Pthermo théorique à 3000 tr·min-1 pour le moteur complet de 3 cylindres. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-17 | Calculer Peffective à 3000 tr·min-1 pour le moteur. |
| Copie |

Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra pour la suite : Peffective = 34700 W pour le moteur à 3000 tr·min-1.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-18 | Sur le diagramme du DR5, placer le point de fonctionnement de ce moteur, **avec le mélange E10-E85**, à 3000 tr·min-1.. |
| DR5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-19 | Relever alors la perte par rapport à la puissance attendue donnée par le constructeur à 3000 tr·min-1. |
| DR5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4-20 | Conclure quant aux symptômes ressentis par le client. |
| Copie |

**Partie 5 : Proposition de modification de la gestion moteur**

L’objectif de l'étude est de déterminer si le moteur est capable de fonctionner avec ce taux d’éthanol sans dysfonctionnement et sans modification physique des composants.

Le propriétaire nous demande s’il est possible de « reprogrammer » son véhicule afin qu’il fonctionne correctement avec ce taux d’éthanol.

Nous allons donc essayer de déterminer le temps maximal possible d’injection du carburant dans le cycle moteur au régime maximal de 5000 tr·min-1.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-1 | Sur le DR6, indiquer par une flèche sur l’épure de fonctionnement le point où peut débuter l’injection juste après la fermeture de la soupape d’échappement.Indiquer à quel angle de vilebrequin on se situe. |
| DR6 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-2 | Sur le DR6, indiquer par une flèche sur l’épure de fonctionnement le point où doit se terminer l’injection au PMB.Indiquer à quel angle de vilebrequin on se situe. |
| DR6 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-3 | Par différence des deux positions précédentes, déterminer l’angle maxi de vilebrequin pendant lequel peut se dérouler l’injection. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-4 | Si le moteur tourne à 5000 tr·min-1, calculer la durée maximale possible de l’injection de carburant. |
| Copie |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-5 | Entourer dans le tableau du DR6 la valeur du temps d’injection à charge maximale à 5000 tr·min-1. |
| DR6 |

Le dosage stœchiométrique de l’éthanol pur étant différent de celui de l’essence, il est nécessaire d’injecter plus de carburant si l’on souhaite fonctionner à l’éthanol pur.

On estime cette augmentation à environ 25%.

On va donc devoir injecter 25% plus longtemps.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-6 | Le moteur peut-il fonctionner correctement sans modification physique, avec une simple reprogrammation ? |
| Copie |

Le technicien facture la reprogrammation pour 650 € (conversion bi-énergie et démarches administratives).

Prix de l’E10 : 1,80€/litre Prix de l’E85 : 1,00 €/litre

Consommation moyenne du véhicule en E10 : 6 litres/100 km

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5-7 | Sachant qu’une reprogrammation E85 consomme 30% de carburant supplémentaire, au bout de combien de km le client aura-t-il amorti le coût de la reprogrammation ? |
| Copie |