

DOSSIER QUESTIONS

Problématique de maintenance :

Le client propriétaire d'une Citroën DS7 (équipée d'un moteur EP6, achetée d'occasion le 12 avril 2021 au garage DUBOULON, agent représentant de la marque et totalisant le jour de l'achat 153 228 kms) missionne M. TROUVETOUT. Cet expert est mandaté par le tribunal de grande instance de la ville de PÉRIGUEUX suite à une surconsommation de carburant et des accélérations insuffisantes relevées par M. PASCONTENT, propriétaire dudit véhicule.

Le client n'ayant aucune trace des opérations de maintenance du véhicule effectuées avant la date d'achat, l'expertise va se décomposer suivant 5 parties.

Partie 1 : Détermination de la consommation du véhicule, contrôles préliminaires et interrogation des calculateurs

Partie 2 : État du véhicule et influence sur la consommation

Partie 3 : Étude du circuit de carburant

Partie 4 : Influence du carburant sur les consommations et le comportement du véhicule

Partie 5 : Conclusion et conseil d'utilisation pour une conduite écoresponsable



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2022
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 22-ML4ASCP	Page DQ1 sur 13

Partie 1 : Détermination de la consommation du véhicule, contrôles préliminaires et interrogation des calculateurs

L'objectif de cette partie est de vérifier les dires du demandeur.

Un prélèvement du carburant présent dans le réservoir a été effectué, en vue d'une analyse future. Le plein du véhicule est effectué avec du SP95, en présence de l'expert, et les scellés sont posés sur le bouchon du réservoir ainsi que sur le circuit de carburant. Le kilométrage relevé est de 161 754 kms.

Au bout de cinq jours, les scellés sont enlevés et le plein effectué au même niveau soit 28,9 litres rajoutés. Le kilométrage relevé à cette occasion est de 162 078 kms.

Question 1-1 :	Déterminer la consommation moyenne du véhicule en litres pour 100 km.
Feuille de copie	

L'interrogation des calculateurs a été effectuée à l'aide de la valise diagnostic, il apparaît des défauts sur le circuit d'alimentation.

Question 1-2 :	À partir des données du constructeur, compléter dans les zones grisées la liste des éléments connectés au calculateur d'injection.
DR1 DT synoptique	

Question 1-3 :	Compléter les numéros de bornes manquantes (en jaune) sur le schéma et donner le nom de l'élément (cadre jaune).
DR2	

La désignation des fils est la suivante :

14G7 : Alimentation du capteur de pression et de température d'air d'admission.

1393 : Signal de pression d'air d'admission.

14G8 : Masse du capteur de pression et de température d'air d'admission.

14G9 : Signal du capteur de température d'air.

Question 1-4 :	À partir du schéma fourni à la question 1.3 et de la désignation des fils, compléter le tableau donné en DR 2. Les mesures ont été réalisées moteur froid à une température ambiante de 22°C.
DR2	

Question 1-5 :	<p>Après avoir vérifié la continuité et l'isolement du capteur de température d'air, la mesure des paramètres donne une valeur de température d'air de 25°C quelques soient les conditions de fonctionnement moteur. À partir des valeurs données ci-dessous, relever la valeur de la masse volumique de l'air pour : 25°C 45°C</p>			
Feuille de copie	<p>Masse volumique de l'air sec en fonction de la température à $p_0 = 1013,25$ hPa</p>			
	T en °C	ρ en kg.m ⁻³	T en °C	ρ en kg.m ⁻³
	-10	1,341	+40	1,127
	-5	1,316	+45	1,110
	0	1,292	+50	1,092
	+5	1,269	+55	1,076
	+10	1,247	+60	1,060
	+15	1,225	+65	1,044
	+20	1,204	+70	1,029
	+25	1,184	+75	1,014
	+30	1,164	+80	1,000
	+35	1,146	+85	0,986

Question 1-6 :	<p>La valeur erronée de l'information température d'air peut-elle avoir une influence sur la consommation ? Justifier votre réponse. Par quel élément peut-on corriger la richesse du mélange ?</p>	
Feuille de copie		

Partie 2 : État du véhicule et influence sur la consommation

L'objectif de cette partie est de déterminer l'influence de la pression et de l'état de chargement du véhicule sur sa consommation.

Le tour du véhicule a montré qu'en plus d'une erreur de monte, il y a une pression de gonflage incorrecte. De plus, de par sa profession (entraîneur sportif personnel), son véhicule est équipé de planches de surf sur le toit, de matériel de sport dans le coffre et d'un porte vélo sur le crochet d'attelage.

Étude dynamique du véhicule

Données et hypothèses :

- Masse totale du véhicule : $m = 1420 \text{ kg}$
- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Coefficient de traînée : $C_x = 0,33$
- Surface frontale exposée à l'air : $S = 3,08 \text{ m}^2$
- Pression de gonflage : $2,2 \text{ bars}$



On souhaite déterminer les différentes puissances résistantes.

L'étude se limitera aux puissances des forces aérodynamiques et des forces de roulement.

Afin de rendre cette partie indépendante, un nouvel essai a été effectué. Celui-ci correspond au trajet quotidien du propriétaire et nous a donné les résultats suivants (distance prise par un GPS) :

Distance parcourue : 50 km
Durée du trajet : 25 min

Question 2-1 :	Déterminer la vitesse moyenne en km.h^{-1} sur le trajet parcouru.
DR3	

La puissance de traînée est caractérisée par la résistance à l'avancement du véhicule due aux frottements aérodynamiques. Elle est proportionnelle au maître couple SC_x :

- S : surface frontale (m^2)
- C_x : caractérise la pénétrabilité dans l'air
- ρ : masse volumique de l'air (kg.m^{-3})
- V : vitesse du véhicule (m.s^{-1})

$$P_{aéro} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3$$

Question 2-2 :	Les planches de surf augmentent la surface projetée S de $1,2 \text{ m}^2$. Après avoir interrogé le fabricant, cela augmente le C_x du véhicule de $0,05$. Calculer la puissance $P_{aérosurf}$ correspondant à l'état de chargement de ce véhicule.
DR3	

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2022
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 22-ML4ASCP	Page DQ4 sur 13

Puissance de résistance au roulement :

$$Pr = m \cdot g \cdot K \cdot V \quad (\text{en W})$$

avec K : le facteur qui tient compte de la pression des pneus. C'est la formule d'Hoerner.

$$K = 0,005 + \frac{0,01055 + 1,235 \cdot 10^{-5} \times V^2}{P_g}$$

K :	facteur de résistance au roulement
m :	masse du véhicule (kg)
V :	vitesse du véhicule (m.s ⁻¹)
P _g :	pression de gonflage des pneus (bars)

Question 2-3 :	
DR3	Calculer la puissance de résistance au roulement P _{roulage} pour le véhicule en condition de chargement avec vélo et équipement (poids de l'ensemble 176 kg) et pour la pression mesurée de 1,7 bars. Déterminer alors la somme des puissances.

Question 2-4 :	
DR3	Calculer la différence de puissance totale en fonction des conditions d'utilisation.

Question 2-5 :	
DR3	À partir de la consommation spécifique, nous pouvons déterminer une consommation de 6,5 l/100 km selon les conditions du constructeur. En considérant qu'il y a proportionnalité avec les puissances résistantes consommées, calculer la consommation pour les conditions de chargement surf et vélos.

Question 2-6 :	
DR3	Les variations de S, C _x , masse et pression de gonflage ont-elles une influence sur la consommation ?

Les contrôles complémentaires ont montré une erreur de monte de pneumatiques.
 En effet, le véhicule est monté en 235/55 R19 100V alors que la monte préconisée est du 235/45 R17 98V.

Question 2-7 :	
DR4	Déterminer le rayon et la circonférence des pneumatiques pour la monte d'utilisation. On rappelle, 1 pouce = 25,4 mm.

Question 2-8 :	
DR4	Déterminer, par rapport au kilométrage effectué lors de l'essai, le nombre de tours de roue réalisé avec la roue 17 pouces. Déterminer à partir de cette valeur le kilométrage réellement parcouru par le véhicule ainsi que la différence de kilométrage.

Question 2-9 :	
DR4	L'erreur de monte de pneumatiques peut-elle avoir une influence sur la consommation ? Justifier

Nous allons maintenant étudier l'influence du chargement sur l'accélération du véhicule et sur la consommation.

La DS7 accélère de 80 à 120 km/h en 4,9 s selon le constructeur.

Question 2-10 :	
Feuille de copie	Déterminez la valeur de l'accélération a du véhicule à partir des équations suivantes : $a(t) = a$ $v(t) = a.t + v_0$ $x(t) = \frac{1}{2} .a.t^2 + v_0.t + x_0$

Question 2-11 :	À partir du principe fondamental de la dynamique et du théorème de la résultante dynamique, déterminer la composante $F_{X_{origine}}$ de traction du véhicule en version origine. $m = 1420 \text{ kg}$
DR5	



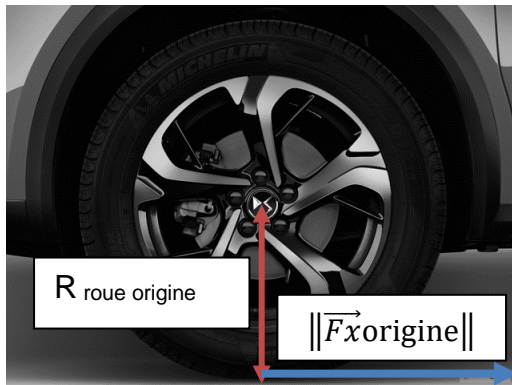
Question 2-12 :	Déterminer la composante $F_{X_{chargé}}$ de traction du véhicule chargé pour la même accélération. $m = 1596 \text{ kg}$
DR5	



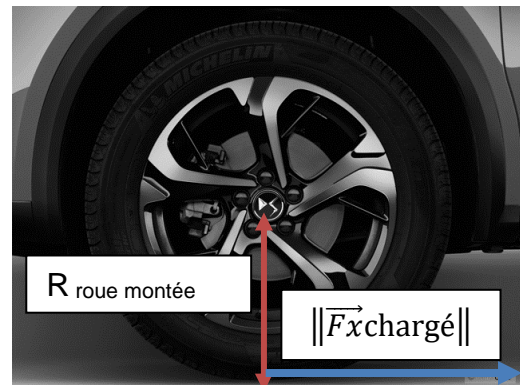
On admet comme rayons de roues les valeurs suivantes :
 $R_{\text{roue origine}} = 320 \text{ mm}$, $R_{\text{roue montée}} = 370 \text{ mm}$

Question 2-13 :	Calculer le couple nécessaire au centre de la roue dans les deux configurations. On négligera l'écrasement du pneumatique.
DR5	

Monte d'origine



Monte modifiée



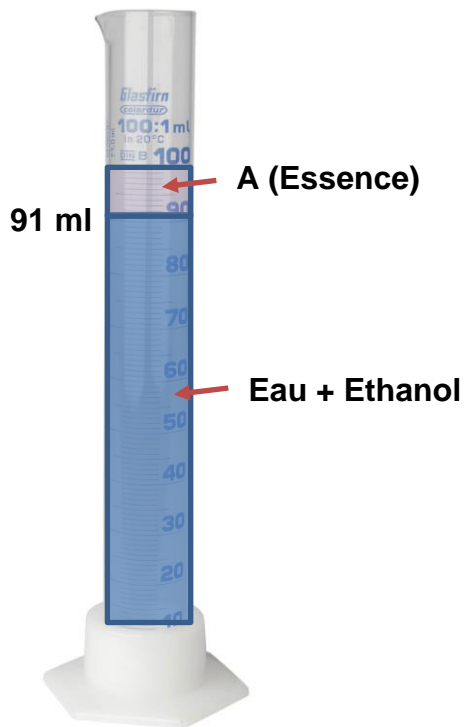
Question 2-14 :	
DR5	Calculer le pourcentage de couple supplémentaire nécessaire au centre de la roue. On prend la monte d'origine comme étant la référence à 100 %.
Question 2-15 :	
DR5	Pour une accélération identique, cette différence de couple engendre-t-elle une surconsommation ? Justifier votre réponse.
Question 2-16 :	
DR5	Pour un couple moteur égal à 270 N.m et $\frac{N_{\text{moteur}}}{N_{\text{roue}}} = 4,93$, déterminer le couple à la roue C origine. On considère le rendement de transmission = 1.
Question 2-17 :	
DR5	En utilisant la valeur du couple calculé précédemment déterminer la force de traction F_{origine} pour la monte constructeur et $F_{\text{chargé}}$ pour la monte modifiée.
Question 2-18 :	
DR5	À partir du P.F.D. : $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$, uniquement suivant l'axe des \vec{x} , déterminer la valeur des accélérations a_{origine} et $a_{\text{chargé}}$ pour les deux forces de traction précédemment calculées.
Question 2-19 :	
DR5	Quel constat peut-on tirer du calcul des accélérations précédentes ?
Question 2-20 :	
DR5	La modification de la monte de pneumatiques vous paraît-elle pertinente ?

Partie 3 : Étude du circuit de carburant

L'objectif de cette partie est de connaître le fonctionnement du circuit de carburant afin de pouvoir donner un avis argumenté sur l'origine de cette surconsommation.

Question 3-1 :	Repasser en bleu la partie du circuit où règne la basse pression (BP) et en rouge la partie haute pression (HP).
DT7 à DT10 DR6	
Question 3-2 :	Identifier en rouge sur la figure du document DR6 l'élément permettant de gérer une surpression dans le circuit HP (uniquement l'élément principal). Compléter DR6.
DT7 à DT10 DR6	
Question 3-3 :	Compléter sur le schéma hydraulique la zone repérée en orange.
DT11 DR7	
Question 3-4 :	Donner la formule d'un RCO (rapport cyclique d'ouverture) et calculer la valeur issue de la courbe bleue en %. Reporter sur la courbe les valeurs que vous avez utilisé pour votre calcul.
DR7 Feuille de copie	
Question 3-5 :	On considère que la cible possède 57 dents, reporter sur la courbe du signal en rouge (DR 7) la durée entre 2 dents et calculer la vitesse de rotation en tr.min^{-1} .
DR7 Feuille de copie	
Question 3-6 :	À l'occasion du contrôle du circuit de carburant, le filtre à carburant est partiellement colmaté mais la lecture des paramètres n'a pas montré de problème sur la pression d'injection. Cet état peut-il être à l'origine de la surconsommation de carburant ?
Feuille de copie	

ESTIMATION DU TAUX D'ÉTHANOL



Le principe de la mesure est basé sur le fait que l'alcool "éthanol" est miscible dans l'eau alors que l'essence ne l'est pas.

La procédure est la suivante :

- Mettre dans une éprouvette 50 ml du carburant à tester
- Compléter par 50 ml d'eau
- Laisser décanter, l'essence va se retrouver en haut de l'éprouvette, l'éthanol et l'eau dans la partie basse

Exemple :

A = 9 ml de sans plomb pur

Quantité d'éthanol $50 - 9 = 41$ ml

d'où un pourcentage de 82 % d'éthanol

Depuis le 12 octobre 2018 dans l'Union européenne et quelques pays proches, la nomenclature des essences est :

- E5 (5 % d'éthanol maximum, correspond aux SP95 et SP98) ;
- E10 (10 % d'éthanol maximum, correspond au SP95-E10) ;
- E85 (85 % d'éthanol maximum).

Question 3-7 :	
Feuille de copie	L'échantillon de carburant a été testé suivant la procédure ci-dessus, la décantation a donné une valeur pour A de 45 ml. Déterminer le pourcentage d'éthanol présent dans ce carburant.

Question 3-8 :	
Feuille de copie	En fonction de la nomenclature européenne du 12 octobre 2018, à quelle famille d'essence appartient l'échantillon testé.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2022
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 22-ML4ASCP	Page DQ10 sur 13

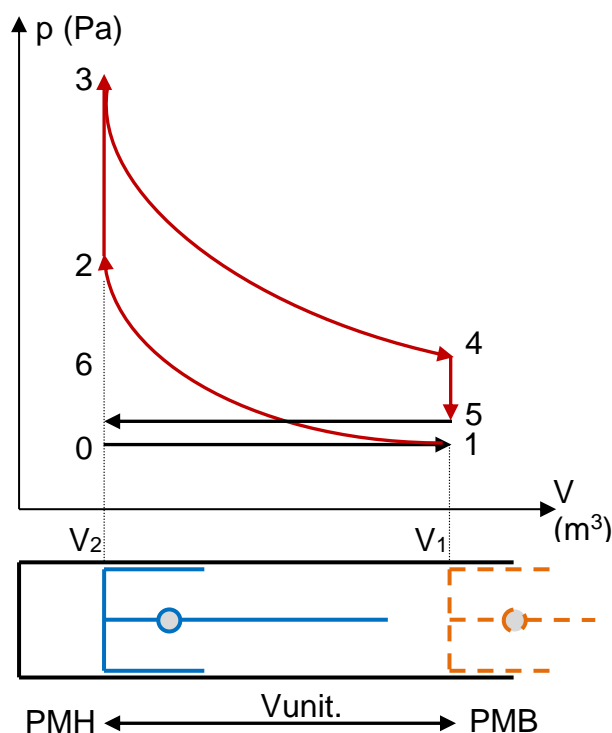
Partie 4 : Influence du carburant sur les consommations et le comportement du véhicule

- Étude de l'influence du carburant sur la puissance

Un carburant dont le taux d'alcool est plus ou moins important va avoir une influence sur la puissance issue de la combustion.

L'expert cherche à déterminer cette influence.

Le cycle thermodynamique du moteur sera considéré comme semblable au cycle théorique décrit par Beau de Rochas (transformation adiabatique) (voir figure ci-contre).



Données :

Conditions initiales :

Pression d'admission :
Température d'admission :

$p_1 =$ variable selon le débit d'air
 $T_1 = 325 \text{ °K} \equiv 52 \text{ °C}$

Caractéristiques du moteur :

Cylindrée :
Nombre de cylindres :
Rapport volumétrique :
Injection :
Rendement mécanique :
Rendement de forme :

$Cyl = 1598 \text{ cm}^3$
 $n = 4$
 $\epsilon = V_1/V_2 = 10,5$
directe essence
 $\eta_{méca} = 0,74$
 $\eta_{forme} = 0,67$

Caractéristique du mélange :

Dosage stœchiométrique du SP 95 :
Constante caractéristique :
Exposant isentropique :
Richesse :
Capacité thermique massique à $p=cte$:

$dst = 1/14,8$
 $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 $\gamma = 1,4$
 $R = 1$
 $c_p = 1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Caractéristique du carburant :

Pouvoir calorifique inférieur du SP 95 :

$P_{ci} = 47.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

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 6000 tr.min^{-1} .

On considère que l'essence est injectée instantanément au point 1.

Le cycle théorique Beau de Rochas est modélisé sans prendre en compte les étapes mécaniques de déplacement d'air d'admission et de refoulement.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2022
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 22-ML4ASCP	Page DQ11 sur 13

Formulaire thermodynamique :

Pour les transformations :

Équation des gaz parfait : $p.V = m_{tot} . r . T$

Isochore : $\frac{p}{T} = cte$ $Q_{23} = m_{tot} . c_v . \Delta T$ $Q_{23} = m_{ess} . PCI$ $W_{23} = 0$ $W_{45} = 0$

Adiabatique : $p.V^\gamma = cte$ $T.V^{\gamma-1} = cte$ $T.p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = cte$ $W = m_{tot} . c_v . \Delta T$

Question 4-1 :	
Feuille de copie	Déterminer la capacité thermique massique à volume constant du mélange c_v .

Question 4-2 :	
Feuille de copie	Déterminer la cylindrée unitaire V_{unit} .

Question 4-3 :	
Feuille de copie	Calculer les volumes au PMB : V_1 , et au PMH : V_2 (volume de la chambre de combustion) pour un cylindre.

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

$$c_v = 717 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad V_1 = 441.5 \text{ cm}^3 \quad V_2 = 42 \text{ cm}^3$$

Question 4-4 :	
Feuille de copie	À 6000 tr.min ⁻¹ , le débit d'air admis dans le moteur est de 423 kg.h ⁻¹ . En déduire la masse d'air admise par cylindre et par cycle.

Question 4-5 :	
Feuille de copie	En déduire la masse d'essence en kg.cycle ⁻¹ .cylindre ⁻¹ (m_{ess}) injectée par cylindre et par cycle.

Question 4-6 :	
Feuille de copie	Calculer la masse totale en kg.cycle ⁻¹ .cylindre ⁻¹ ($m_{tot} = m_{totale\ gaz} + m_{ess}$) contenue dans le cylindre après l'injection. On donne $m_{totale\ gaz} = m_{air\ admise} \times \frac{V_1}{V_{unit}}$

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

$$m_{tot} = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg.cycle}^{-1}.\text{cylindre}^{-1}$$

Question 4-7 :	
Feuille de copie	Calculer la pression p_1 en début de compression.

Question 4-8 :	
Feuille de copie	Calculer p_2 , T_2 et W_{12}

Question 4-9 :	Calculer Q_{23} et en déduire T_3 puis p_3 .
Feuille de copie	

On prendra pour la suite :
 $W_{12} = 246 \text{ J}$ $W_{34} = - 1375 \text{ J}$

Question 4-10 :	Calculer W_{cycle} pour un cylindre (on négligera les phases d'aspiration et de refoulement).
Feuille de copie	

Question 4-11 :	En déduire la puissance thermodynamique à 6000 tr.min^{-1} pour les 4 cylindres.
Feuille de copie	

Question 4-12 :	Calculer la P_{eff} à 6000 tr.min^{-1} et la comparer à la puissance annoncée par le constructeur. (Une tolérance de 10 % est admise.) On donne $P_{\text{eff}} = P_{\text{thermo}} \cdot \eta_{\text{méca}} \cdot \eta_{\text{forme}}$
Feuille de copie	

Question 4-13 :	Ces résultats peuvent-ils justifier le problème d'accélération indiqué par le propriétaire ?
Feuille de copie	

Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra pour la suite :
 $Q_{23} = 1852 \text{ J}$

Question 4-14 :	Le P_{ci} du SPE10 est de $P_{ci} = 45,8 \cdot 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$. Afin de maintenir la quantité de chaleur Q_{23} identique au SP95, calculer la masse de carburant nécessaire par cylindre et par cycle.
Feuille de copie	

Question 4-15 :	Le passage d'un carburant SP95 au SPE10 a-t-il une influence sur la consommation de véhicule ?
Feuille de copie	

Partie 5 : Conclusion et conseil d'utilisation pour une conduite écoresponsable

Question 5-1 :	À partir de la documentation technique et des questions précédentes, compléter le document réponse.
DR8	
Ensemble du DT	