

# DOSSIER QUESTIONS

## **Problématique**

M.X propriétaire d'une YARIS Hybride se plaint d'une surconsommation de carburant. Après plusieurs passages en concession aucune solution n'a été proposée au client. Monsieur X a donc fait appel à son assurance qui vous missionne afin de mener l'expertise du véhicule. En prenant contact avec la concession, le technicien qui a pris en charge le véhicule émet comme hypothèse qu'il ne fonctionne pas assez en tout électrique ou qu'un élément du moteur thermique est défectueux.

Pour nourrir votre rapport d'expertise, vous allez procéder à l'étude de ce système en **4 parties indépendantes** :

**Partie 1 : Etude fonctionnelle, structurelle et comportementale de la propulsion hybride**

Cette partie permet de retrouver les différentes phases de fonctionnement en tout électrique ou hybride.

**Partie 2 : Etude fonctionnelle de la transmission pont hybride**

Cette partie permet de quantifier la répartition du couple du moteur thermique vers les moteurs électriques ou les roues.

**Partie 3 : Etude de la batterie HV**

Cette partie permet de déterminer l'efficacité de la batterie HV lorsque la voiture se déplace en tout électrique.

**Partie 4 : Etude thermodynamique du moteur thermique**

Cette partie permet de contrôler le cycle thermique du moteur.

**Partie 5 : Diagnostic**

Cette partie permet de déterminer l'élément défectueux.



**Remarque** : Lire attentivement le dossier technique avant de commencer à répondre aux questions

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2023
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 23-ML4ASCP	Page DQ 1/12

## Partie 1 : Etude structurelle, fonctionnelle et comportementale de la propulsion hybride

*L'objectif de cette partie est de retrouver le fonctionnement et le rôle de chaque élément dans la propulsion hybride.*

<b>Question 1-1</b>	A l'aide du dossier technique, compléter la localisation des différents éléments du véhicule
DT1 DR1	

<b>Question 1-2</b>	Donner les fonctions des éléments suivants :
DT1 à DT4 DR2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moteur MG1</li> <li>- Onduleur</li> <li>- Convertisseur DC-DC</li> <li>- Capteur de courant</li> <li>- Moteur MG2</li> <li>- Convertisseur de suralimentation</li> <li>- Capteur de température</li> </ul>

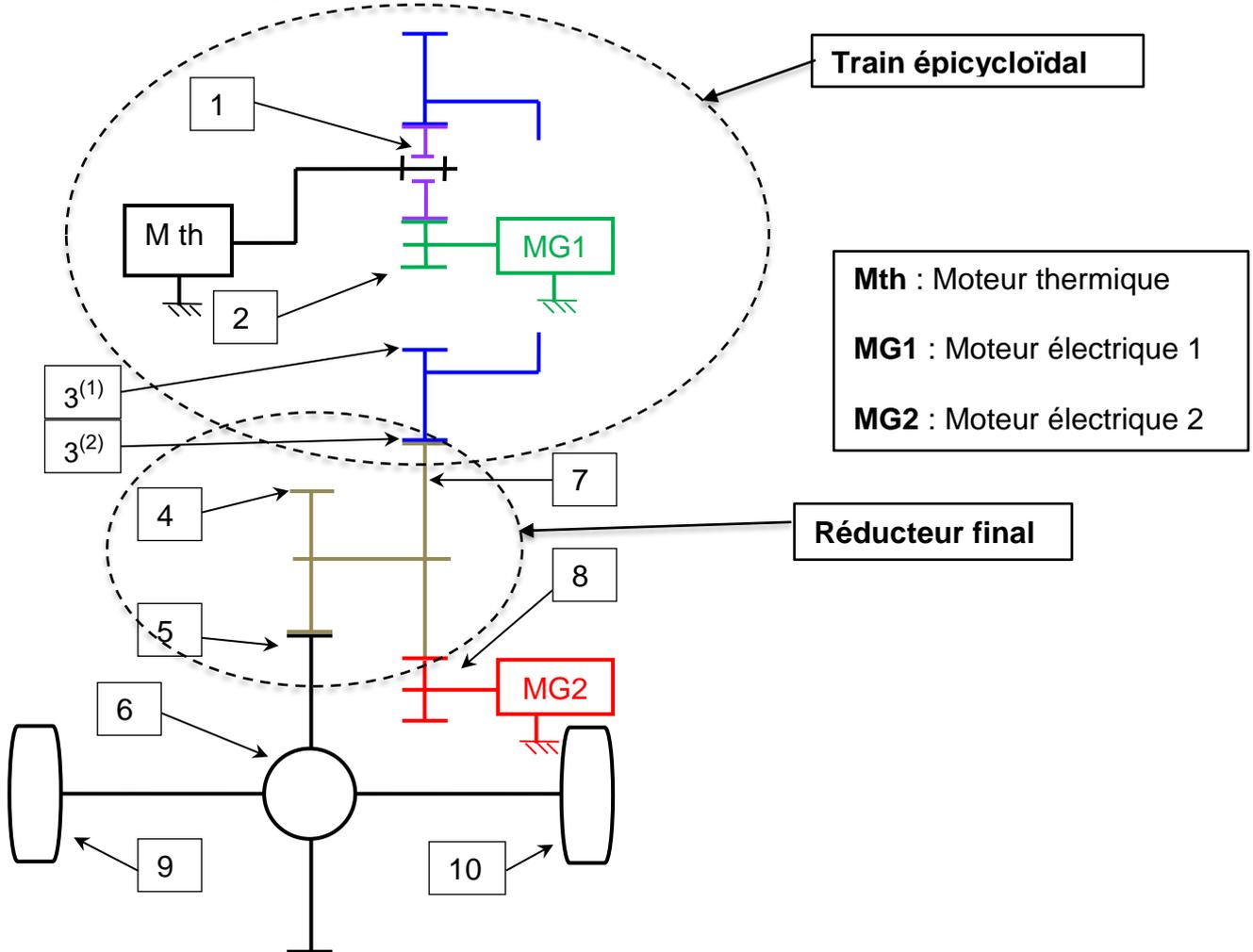
<b>Question 1-3</b>	A l'aide du dossier technique, tracer sur les schémas d'implantation, les passages de l'énergie électrique AC et DC ainsi que le cheminement de la puissance mécanique dans les différents cas de fonctionnement proposés.
DT3 DR3 et DR4	

## Partie 2 : Etude fonctionnelle de la transmission pont hybride

Cette partie permet de caractériser le pont hybride dans la phase de fonctionnement où le moteur thermique se met en route pour recharger la batterie HV et faire avancer la voiture.

La chaîne de puissance est composée des éléments suivants :

- les roues (en contact avec le sol)
- le différentiel
- le réducteur final (engrenages 3<sup>(2)</sup>, 4, 5 et 7)
- le train épicycloïdal (éléments 1, 2 et 3<sup>(1)</sup>)



5	Pignon final mené ( $Z_5 = 73$ )
4	Pignon final menant ( $Z_4 = 21$ )
3 <sup>(2)</sup>	Roue de renvoi menant ( $Z_{3^{(2)}} = 65$ )
3 <sup>(1)</sup>	Couronne ( $Z_{3^{(1)}} = 78$ )
2	Planétaire ( $Z_2 = 30$ )
1	Satellite ( $Z_1 = 23$ )
<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>

10	Sortie roue AV gauche
9	Sortie roue AV droite
8	Pignon réducteur MG2 ( $Z_8 = 17$ )
7	Pignon de renvoi mené ( $Z_7 = 53$ )
6	Différentiel
<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>

## Train épicycloïdal

<b>Question 2-1 :</b>	Indiquer à quel élément du train épicycloïdal sont reliés le <b>moteur thermique et MG1</b> .
Feuille copie	

On donne la formule de Willis appliquée sur le train épicycloïdal :

$$\frac{\omega_{\text{planétaire}} - \omega_{\text{porte satellite}}}{\omega_{\text{couronne}} - \omega_{\text{porte satellite}}} = (-1)^1 \times \frac{Z_{\text{couronne}}}{Z_{\text{planétaire}}}$$

<b>Question 2-2 :</b>	Montrer qu'à partir de la formule précédente nous pouvons obtenir la relation suivante lors de l'étude du train épicycloïdal : (Détaillez votre démarche)
Feuille copie	

$$3,6 \omega_{Mth} = 2,6\omega_3 + \omega_{MG1}$$

<b>Question 2-3 :</b>	A partir des données du tableau précédent, déterminer le rapport de réduction $r_f = \frac{\omega_5}{\omega_{3(2)}}$ du réducteur final.
Page DQ3/13 Feuille copie	

On donne la dimension des pneus : 205/55 R17 et 1 pouce = 25,4 mm

<b>Question 2-4 :</b>	Déterminer le diamètre de la roue.
Feuille copie	

La voiture se déplace à la vitesse de  $V = 50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

<b>Question 2-5 :</b>	Déterminer la vitesse de rotation angulaire de la roue en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . Reporter votre résultat sur le document DR5.
Feuille copie DR5	

Détermination de la puissance due aux forces de résistances lorsque la voiture se déplace sur une route horizontale à la vitesse constante de 50 km·h<sup>-1</sup>.

On donne :

Force de résistance au roulement :  $F_{roul} = m \times g \times f$

Force de résistance aérodynamique :  $F_{aéro} = \frac{1}{2} \rho \times (S \times C_x) \times V^2$  (avec V exprimé en m·s<sup>-1</sup>)

Masse volumique de l'air :  $\rho = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

<b>Question 2-6 :</b>	Calculer la valeur de la force de résistance au roulement.
DT7 Feuille copie	

<b>Question 2-7 :</b>	Calculer la valeur de la force de résistance aérodynamique.
DT7 Feuille copie	

<b>Question 2-8 :</b>	Calculer la valeur de la force de la résistance totale à l'avancement puis calculer la puissance nécessaire à l'avancement.
Feuille copie	

Pour la suite on prendra  $P = 2000 \text{ W}$

<b>Question 2-9</b>	Montrer que le couple à la roue $C_{roue}$ peut s'écrire sous la forme suivante $C_{roue} = \frac{P_{roue} \times R_{roue}}{v}$
Feuille copie	

On retiendra la valeur de  $r_f = 0,353$

<b>Question 2-10</b>	En déduire la valeur du couple à la roue $C_{roue}$ qui doit être transmis par l'ensemble de la propulsion pour que le véhicule puisse rouler dans les conditions citées préalablement. Reporter votre résultat sur le document DR5.
Feuille copie DR5	

<b>Question 2-11</b>	Calculer le couple $C_3$ en sortie de la couronne en supposant le rendement égal à 1. Reporter votre résultat sur le document DR5.
Feuille copie DR5	

La répartition du couple moteur thermique vers MG1 est de 27,77% et vers la couronne 3 de 72,22%. On prendra comme valeur de référence de  $C_3$  :

$$C_3 = 17 \text{ N} \cdot \text{m}$$

<b>Question 2-12</b>	Déterminer les couples : - fourni par le moteur thermique - appliqué à la génératrice MG1. Reporter votre résultat sur le document DR5.
Feuille copie DR5	

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2023
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 23-ML4ASCP	Page DQ 5/12

Pour la suite on prendra  $N_{MTh} = 1500 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$

<b>Question 2-13</b>	Déterminer la vitesse de rotation de la couronne du train épicycloïdal $\omega_{3^{(2)}}$ .
Feuille copie DR5	Reporter votre résultat sur le document DR5.

<b>Question 2-14</b>	A partir de la formule de Willis appliquée à la transmission (Q2-2), déterminer la vitesse angulaire du moteur MG1 $\omega_{MG1}$ .
Feuille copie DR5	Reporter votre résultat sur le document DR5.

Les différents résultats obtenus dans la partie 2 seront utilisés après l'étude de la partie 3.

## Partie 3 : Etude de la batterie HV

Cette partie va permettre de déterminer l'efficacité de la batterie HV lorsque la voiture se déplace en tout électrique.

<b>Question 3-1</b>	Compléter le tableau du document DR6 à l'aide de l'enregistrement graphique de la liste de données ECU Hybride de la station de diagnostic GTS donné dans le dossier technique DT5.
DT5 DR6	

<b>Question 3-2</b>	Représenter en noir les contacts des relais SMR lors de la mise READY pour les séquences de 2 à 4
DT5 DR6	

<b>Question 3-3</b>	Surligner les fils HT dans les séquences de 2 à 4 en respectant le code couleur suivant : en rouge les fils au potentiel + et en bleu les fils au potentiel -.
DT5 DR6	

<b>Question 3-4</b>	Donner l'expression de la tension totale $U_{tot}$ de la batterie HV. Calculer sa valeur.
DT1 Feuille copie	

<b>Question 3-5</b>	Calculer l'énergie totale $W_{HV}$ contenue dans la batterie HV.
DT1 et DT6 Feuille copie	

Pour augmenter la durée de vie de la batterie, son état de charge (noté SOC pour State Of Charge) sera limité à 65 % de la pleine charge. Pour la même raison, l'état de charge ne pourra pas être inférieur à 55 % de la pleine charge.  
Seuls 10% (65-55) de la charge sont utilisables.

<b>Question 3-6</b>	Calculer l'énergie utilisable de la batterie, $W_{Utilisable}$ .
DT6 Feuille copie	

Pour la suite on prendra  $W_{Utilisable} = 77 \text{ W}\cdot\text{h}$  et  $P_{résistive} = 2000 \text{ W}$

<b>Question 3-7</b>	Calculer le temps d'utilisation du véhicule en tout électrique.
DT6 Feuille copie	

<b>Question 3-8</b>	Calculer la distance parcourue en tout électrique à une vitesse de $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .
Feuille copie	

Pour simplifier on considère que l'énergie cinétique récupérée lors du freinage représente la totalité de l'énergie récupérable.

On donne : Energie cinétique  $E_C = \frac{1}{2} \times m \times V^2$  avec  $V$  en  $m \cdot s^{-1}$

<b>Question 3-9</b>	Calculer l'énergie cinétique récupérée par la batterie dans la phase de décélération de $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ jusqu'à l'arrêt complet du véhicule.
DT7 Feuille copie	

<b>Question 3-10</b>	Déterminer en $W \cdot h$ l'énergie que la batterie pourra emmagasiner grâce à la récupération réalisée lors de la phase de freinage.
Feuille copie	

<b>Question 3-11</b>	Déterminer la distance complémentaire parcourable grâce à la récupération d'énergie réalisée lors de la phase de freinage.
Feuille copie	

<b>Question 3-12</b>	En déduire la distance totale parcourue en tout électrique.
Feuille copie	

D'après l'étude de la partie 2 on sait que  $\omega_{MG1} = 250 \text{ rd} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $C_{MG1} = 6,4 \text{ m} \cdot \text{N}$

On considère que la batterie est déchargée et que le moteur thermique prend le relais pour recharger la batterie et faire avancer le véhicule.

<b>Question 3-13</b>	Calculer la puissance mécanique en entrée MG1. Reporter votre résultat sur le document DR5.
Feuille copie DR5	

En considérant  $\eta_{MG1}=1$

<b>Question 3-14</b>	Calculer le temps de recharge de la batterie par le moteur thermique pour atteindre $W_{\text{utilisable}}$
Feuille copie	

<b>Question 3-15</b>	En déduire la distance parcourue par le véhicule à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ pour recharger la batterie.
Feuille copie	

<b>Question 3-16</b>	Calculer la distance totale parcourue puis déterminer les pourcentages de distances effectuées en mode tout électrique et mode tout thermique à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .
Feuille copie	

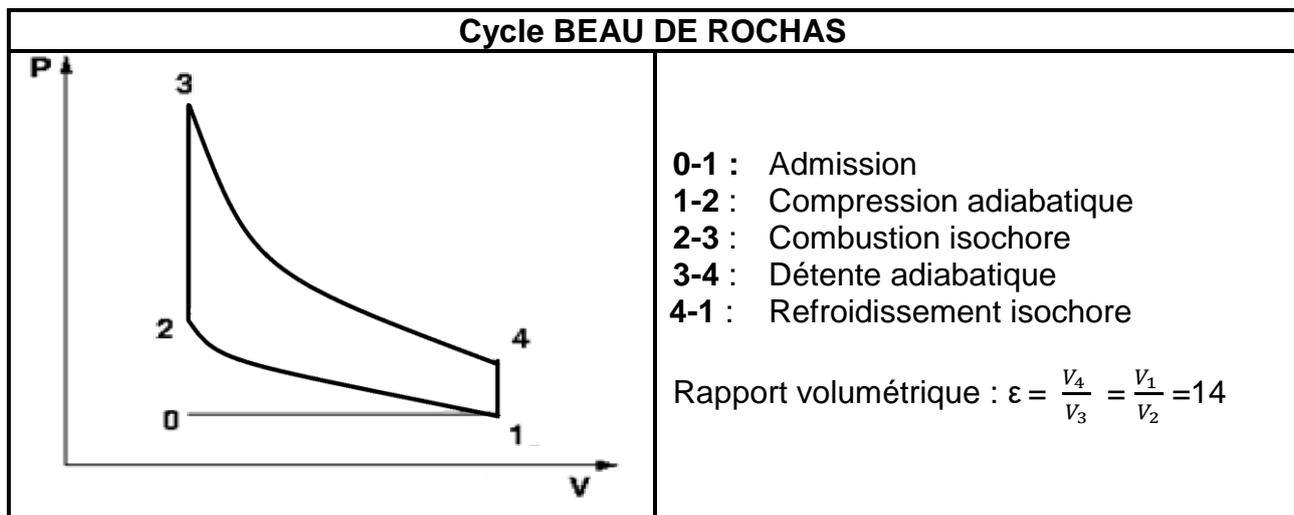
<b>Question 3-17</b>	Selon le constructeur, le mode électrique représente au moins 50 % du temps de conduite. La chaîne de traction électrique est-elle en cause pour la surconsommation de carburant ? Justifier.
Feuille copie	

## Partie 4 : Etude thermodynamique du moteur thermique

Le moteur thermique M15A-FXE fonctionne suivant deux cycles différents (cycle d'Atkinson (DT7) et cycle Beau de Rochas) en fonction des conditions d'utilisation.

Le cycle **d'Atkinson** permet d'augmenter le rendement à **bas régime** tandis que le cycle **Beau de Rochas** augmente la puissance **en pleine charge**.

L'étude suivante a pour but d'estimer la puissance développée par le moteur thermique lors de son utilisation durant le cycle **Beau de Rochas** et ainsi de comparer la puissance développée à la puissance théorique fournie par le constructeur.



**Données** :

Pression $p_3$ :	226,5 bar
Température $T_1$ :	27°C (300 K)
Pression d'admission $p_1$ :	1 bar ( $10^5$ Pa)
$m_{\text{mel}}$ :	masse du mélange carburant - comburant

**Caractéristique du mélange** :

$\gamma =$	1,4
$r =$	287 J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
$C_v =$	717,5 J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
$dst =$	$\frac{\text{Masse essence}}{\text{Masse d'air}} = \frac{1}{15}$

**Hypothèses** :

- Le fluide gazeux (mélange air-carburant) est assimilable à un gaz parfait.
- Les évolutions sont supposées réversibles.

**Rappel** :

pour une transformation adiabatique	$p_i \cdot V_i^\gamma = p_j \cdot V_j^\gamma$
	$T_i \cdot V_i^{(\gamma-1)} = T_j \cdot V_j^{(\gamma-1)}$
	$W_{ij} = m_{\text{mel}} C_v (T_j - T_i)$
pour une transformation isochore	$\frac{T_i}{p_i} = \text{constante}$
	$W_{ij} = 0$
équation d'état des gaz parfaits	$p \cdot V = m \cdot r \cdot T$

<b>Question 4-1 :</b>	Déterminer le volume unitaire $V_u$ d'un cylindre.
DT7 Feuille copie	

<b>Question 4-2 :</b>	Déterminer la cylindrée totale du moteur.
Feuille copie	

On rappelle  $V_u = V_1 - V_2$  et  $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$

<b>Question 4-3 :</b>	Déterminer les volumes $V_1$ et $V_2$ pour <b>1</b> cylindre.
Feuille copie	

**Pour la suite on prendra pour 1 cylindre  $V_1 = 535 \text{ cm}^3$  et  $V_2 = 38 \text{ cm}^3$**

<b>Question 4-4 :</b>	Déterminer la masse d'air $m_{\text{air}}$ contenue dans <b>1</b> cylindre.
Feuille copie	<b>Attention :</b> le calcul sera réalisé avec $V_1$ et non $V_u$ .

<b>Question 4-5 :</b>	Déterminer la masse d'essence $m_{\text{ess}}$ injectée dans <b>1</b> cylindre.
Feuille copie	

<b>Question 4-6 :</b>	Déterminer la masse du mélange $m_{\text{mel}}$ présente dans <b>1</b> cylindre.
Feuille copie	

**Pour la suite on prendra pour 1 cylindre  $m_{\text{mel}} = 0,663 \text{ g}$**

<b>Question 4-7 :</b>	Déterminer la pression au point 2, $p_2$ .
Feuille copie	

<b>Question 4-8 :</b>	Déterminer la température au point 2, $T_2$ .
Feuille copie	

On rappelle la valeur de la pression  $p_3 = 226,5 \text{ bar}$

<b>Question 4-9 :</b>	Déduire à partir du diagramme PV, le volume au point 3, $V_3$ .
Feuille copie	

<b>Question 4-10 :</b>	Déterminer la température au point 3, $T_3$ .
Feuille copie	

**Dans la suite on prendra si besoin :  $p_2 = 40,2 \text{ bar}$   $T_2 = 862 \text{ K}$**

**$T_3 = 4850 \text{ K}$**

**$p_4 = 5,63 \text{ bar}$   $T_4 = 1690 \text{ K}$**

**$V_4 = 535 \text{ cm}^3$**

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2023
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 23-ML4ASCP	Page DQ 10/12

<b>Question 4-11 :</b>	Déterminer l'énergie échangée lors de la phase de compression $W_{12}$ pour 1 cylindre.
Feuille copie	

<b>Question 4-12 :</b>	Déduire l'énergie échangée lors de la phase de combustion $W_{23}$ pour 1 cylindre.
Feuille copie	

<b>Question 4-13 :</b>	Déterminer l'énergie échangée lors de la phase de détente $W_{34}$ pour 1 cylindre.
Feuille copie	

<b>Question 4-14 :</b>	Déduire l'énergie échangée lors de la phase de refroidissement $W_{41}$ pour 1 cylindre.
Feuille copie	

<b>Question 4-15 :</b>	Déterminer l'énergie mécanique totale échangée pour le cycle $W_{\text{cycle}}$ pour 1 cylindre.
Feuille copie	

**Dans la suite on prendra  $W_{\text{cycle}}$  pour 1 cylindre : -1240 J**

<b>Question 4-16 :</b>	Déterminer la puissance thermodynamique $P_{\text{thermo}}$ <b>du moteur</b> à 5500 tr·min <sup>-1</sup>
DT7 Feuille copie	

<b>Question 4-17 :</b>	Déterminer la puissance réelle $P_{\text{réelle}}$ <b>du moteur</b> .
DT7 Feuille copie	

<b>Question 4-18 :</b>	Comparer votre résultat avec la puissance fournie par le constructeur. Conclure.
DT7 Feuille copie	

## Partie 5 : Diagnostic

Le technicien a relevé à l'aide de la station de diagnostic les défauts : - **P001200**  
- **P001600**

Voir leur description dossier technique DT 11.

Il réalise les relevés des signaux des capteurs de vilebrequin et des arbres à cames à l'aide d'un bornier branché sur l'ECM pour vérifier la synchronisation de la distribution.

<b>Question 5-1 :</b> DT8 à DT11 - Feuille copie	A l'aide de la description des défauts DT11, émettre des hypothèses de dysfonctionnements possibles.
--	--

<b>Question 5-2 :</b> DT11 à DT14 DR5	Compléter le tableau DR5 afin de proposer un branchement de l'interface de mesure de la station de diagnostic (oscilloscope) entre le calculateur et le faisceau pour relever les signaux des 3 capteurs de positions (des 2 arbres à cames et du vilebrequin).
---	---

<b>Question 5-3 :</b> DT15-DT16 Feuille copie	Sur les relevés à l'oscilloscope DT15 et DT16, calculer le régime de rotation moteur au ralenti accéléré et au régime de rotation élevé.
---	--

<b>Question 5-4 :</b> DT15-DT16 Feuille copie	A l'aide des courbes des documents DT15 et DT16, conclure sur le calage de la distribution.
---	---

<b>Question 5-5 :</b> DT15-DT16 Feuille copie	A l'aide des courbes des documents DT15 et DT16, conclure sur le déphasage des arbres à cames.
---	--

<b>Question 5-6 :</b> Feuille copie	Quel(s) élément(s) pourrait(ent) être défectueux ? Justifier votre réponse.
--	---

<b>Question 5-7 :</b> Feuille copie	Conclure par rapport à la surconsommation de carburant.
--	---