|  |
| --- |
| **TRAVAIL DEMANDÉ** |

**Contexte professionnel**

L’agriculteur propriétaire d’un tracteur Massey-Fergusson 6615 DYNA-6 alors qu’il labourait a ressenti une baisse de puissance et constaté un voyant s’éclairer.

Le dysfonctionnent étant persistant, il contacte la concession de la marque pour exposer le problème rencontré. Le responsable de l’atelier après avoir pris des renseignements sur les circonstances de l’apparition du dysfonctionnement et procédé à quelques vérifications, lui donne un rendez-vous afin d’établir un diagnostic.

**QUESTIONNEMENT**

**PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE**

*L’objectif de cette partie est de préciser l’organisation et la fonction des différents éléments constituant le système DENOXTRONIC. Ce travail doit permettre de valider les échanges et les transformations en termes de matière, d’énergie ou d’information.*

**Question 1 :** replacer les éléments constitutifs suivants sur le document réponse DR1, en vous appuyant sur le document technique DT2

Calculateur moteur, électrovanne de circulation du liquide refroidissement, ligne d’échappement catalyseur et sondes, injecteur AdBlue, réservoir AdBlue et jauge, module de pompage d’AdBlue.

**Question 2 :** compléter les fonctions globales des différents sous-systèmes sur le document réponse DR2.

**Question 3 :** déterminer la fonction globale du système DENOXTRONIC.

**Question 4 :** préciser les différents types d’énergies mises en œuvre ainsi que celles transformées tout au long du processus de fonctionnement du système DENOXTRONIC.

**PARTIE 2 : PERFORMANCES MOTEUR**

Avant l’homologation d’un nouvel engin, les performances et les caractéristiques doivent être validées (document technique DT1). Un banc de puissance relié à la prise de force arrière permet de mettre l’engin en charge et faire certains relevés.

*Pour cette partie, l’objectif est de quantifier les performances du moteur diesel « AGCO Power » 4 cylindres de type 49AWI.894 lorsque celui-ci est neuf afin de pouvoir valider par la suite un dysfonctionnement au travers de valeurs relevées non conformes.*

On considère le pouvoir calorifique inférieur du carburant (PCI) de 45 000 kJ∙kg-1, la masse volumique du gas-oil de 850 kg∙m-3à 20 °C et la masse volumique de l’AdBlue de 1091 kg∙m-3à 20°C.

Le couple moteur est relevé au banc ainsi que les consommations spécifiques de gasoil et d’AdBlue.

**Question 5 :** calculer la puissance « moteur » au régime de 1000 tr∙mn-1 sachant que le couple est de 357,2 daN∙m.

Compléter le tableau pour les régimes de 1000, 1400 et 2200 tr∙mn-1 du document réponse DR3.

**Question 6 :** Calculer la consommation horaire « Ch » de gas-oil en l∙h-1 au régime de 1000 tr∙mn- 1.

Équation littérale :

Compléter le tableau pour les régimes de 1000, 1400 et 2200 tr∙mn-1 du document réponse DR3.

**Question 7 :** calculer la consommation horaire « Ch » d’AdBlue en l∙h-1 au régime de 1000 tr∙mn-1.

Compléter le tableau pour les régimes de 1000, 1400 et 2200 tr∙mn-1 du document réponse DR3.

**Question 8 :** donner vos conclusions en comparant vos résultats et les valeurs du document technique DT1.

**Question 9 :** calculer la réserve de couple (Rc) de ce moteur en %.

Équation littérale :

**Question 10 :** sur le graphe « Puissance Couple » du document réponse DR3, hachurer la plage d’utilisation correspondante.

**Question 11 :** calculer le pourcentage des quantités d’AdBlue consommées par rapport aux quantités de carburant à 1000 tr∙mn-1 et 2200 tr∙mn-1.

**PARTIE 3 : IDENTIFICATION DU MANQUE DE PERFORMANCES**

Le propriétaire du tracteur se rend à la concession de la marque et se plaint d’un manque de puissance. On constate l’éclairage du symbole  sur l’afficheur du tableau de bord « DOT Matrix » et l’allumage du témoin d’alarme indiquant un possible problème sur le système SCR (Sélective Catalytic Réduction).

*Dans cette partie, l’objectif est de vérifier les performances de l’engin pour confirmer les symptômes.*

Pour cette partie le couple effectif à 1500 tr∙mn-1 est de 462 N∙m, l’ensemble des applications numériques sont attendues pour ce régime de fonctionnement.

**Question 12 :** sachant que la puissance moteur à1500 tr∙min-1 est de 72,5 kW et la puissance chimique consommée 205 kW, calculer numériquement le rendement global.

**Question 13 :** calculer dans les conditions de la question précédente le débit massique de carburant (Qm). On rappelle que le pouvoir calorifique (PCI) du carburant utilisé est de 45 000 kJ∙kg-1. Le résultat sera exprimé en g∙s-1.

**Question 14 :** calculer alors la consommation spécifique (CS) en g∙(kW∙h)-1.

Équation littérale :

**Question 15 :** calculer alors la masse de carburant absorbée par cycle et par cylindre.

Équation littérale :

**Question 16 :** sur le document réponse DR4, reporter les résultats trouvés dans la colonne du tableau correspondant au régime de 1500 tr∙mn-1.

Compléter les valeurs manquantes pour les régimes de 1100 et 1900 tr∙mn-1.

Analyser la cohérence des résultats obtenus.

**Question 17 :** Préciser vos constatations en comparant les valeurs à 1500 tr∙mn-1 des courbes de couple et consommation spécifique d’AdBlue, tracteur neuf et tracteur en réparation, évaluer les variations en pourcentage.

**PARTIE 4 : DIAGNOSTIC DU CIRCUIT ÉLECTRIQUE**

Les témoins affichés ont orienté la recherche de la défaillance au niveau du système d’injection d’AdBlue DENOXTRONIC BOSCH.

Le premier défaut relevé avec la station de diagnostic AGCO Massey-Fergusson EDT (Electronic Diagnostic Tool) confirme cette orientation, le code défaut est le 4364 (système d'AdBlue dysfonctionnement, irrégularité des émissions de NOx) induisant un fonctionnement en mode dégradé avec une réduction du couple moteur que nous avons validé à la question précédente.

L’autre code défaut présent dans la mémoire du calculateur est le 4356 (relais du module d'AdBlue circuit ouvert), ce relais permet de commander le réchauffage interne du module en cas de température basse. Le technicien étant donné la température clémente de la saison note que ce défaut n’a pas d’incidence sur le fonctionnement du système mais devra cependant être contrôlé.

*L’objectif de cette partie est d’analyser l’organisation du circuit électrique mettant en relation les différents éléments constitutifs du système DENOXTRONIC. Ce travail doit permettre de valider les mesures et relevés nécessaires au diagnostic.*

**Question 18 :** à partir des documents techniques DT3 et DT4 compléter la nomenclature des éléments constitutifs du système DENOXTRONIC BOSCH, document réponse DR5.

**Question 19 :** à partir des documents techniques DT3, DT4, DT5 et du schéma du module de gestion système « e3 SCR Technology » (X289), compléter le tableau document réponse DR5.

**Question 20 :** expliquer la manière dont est piloté le fonctionnement du module de réchauffage. Préciser les éléments pilotés ainsi que les bornes par lesquelles s’effectuent la circulation des commandes.

**Question 21 :** En faisant des tests, le technicien constate que le pilotage en borne 6 du module ne fonctionne pas ; proposer les mesures possibles pour diagnostiquer ce circuit en complétant le document réponse DR6.

**Question 22 :** le fonctionnement du relais K101 peut-il être la cause du non fonctionnement du réchauffage du module ? Argumenter votre réponse.

**PARTIE 5 : ÉTUDE DU FONCTIONNNEMENT DE L’INJECTEUR**

*L’objectif de cette partie est de déterminer les paramètres qui ont une incidence sur les quantités d’AdBlue débitées par l’injecteur.*

**Question 23 :** sur le document réponse DR7,repérer sur les oscillogrammes de l’injecteur d’AdBlue « tension voie 1, intensité voie 2 » les différents temps liés à sa commande.

* t rep : temps de réponse
* t com : temps de commande
* t ouv : temps d’ouverture
* t fer : temps de fermeture

Indiquer sur la courbe dédiée, voie 2, les intensités dans les différentes phases de fonctionnement.

* I max : I maxi de l’injecteur
* I ouv : I d’ouverture de l’injecteur

**Question 24 :** à partir du tracé des oscillogrammes, déterminer la fréquence de fonctionnement appliquée par le calculateur.

**Question 25 :** montrer par le calcul en prenant les valeurs sur la courbe que le temps d’ouverture représente environ 45 % de la période.

**Question 26 :** pour effectuer ce relevé, sur la voie 2 le technicien fait le montage suivant en utilisant une résistance de mesure d’une valeur de 1 Ω.

****

Démontrer par le calcul que la chute de tension aux bornes de la résistance de mesure est bien l’image de l’intensité traversant le circuit.

**Question 27 :** à partir du schéma de mesure, expliquer la position du relevé de tension en voie1 (tension à zéro quand l’injecteur est commandé).

**Question 28 :** l’objectif de cette question est dedéterminer le débit de l’injecteur d’AdBlue à 1600 tr∙mn-1 correspondant à régime à C maxi.

Les caractéristiques de l’injecteur sont :

* masse volumique de l’AdBlue (Adb) : 1091 kg∙m-3;
* injecteur 3 trous de diamètre : 0,2 mm ;
* pression d’alimentation de la pompe : 9 bars ;
* pression au niveau de l’entrée du catalyseur : 0,3 bar ;
* fréquence d’injection : 4 Hz ;
* temps d’ouverture réel de l’injecteur représentant 45 % de la période ;
* résistance : 16 Ω.

Les notations suivantes sont utilisées :

* QvAdb : Débit volumique d’AdBlue en (m3∙s-1) ;
* QmAdb : Débit massique d’AdBlue en (kg∙s-1) ;
* ⍴Adb : Masse volumique de l’AdBlue en (kg∙m-3) ;
* t : Temps d’ouverture de l’injecteur en (s) ;
* S : Section de passage de l’AdBlue à la sortie de l’injecteur en (m2) ;
* CAdb : Vitesse de l’AdBlue en (m∙s-1) ;
* Pe : Pression de l’AdBlue à l’entrée de l’injecteur en (N∙m-2) ;
* Ps : Pression en sortie dans le catalyseur (N∙m-2) ;

**Question 28-1 :** donner la forme littérale et l’application numérique de la section totale S.

**Question 28-2 :** en déduire l’application numérique la vitesse du fluide CAdb en utilisant l’expression suivante :

**Question 28-3** : en utilisant les résultats des deux questions précédentes, calculer le débit volumique d’AdBlue en utilisant sachant que :

**Question 28-4 :**  en déduire la valeur du débit massique à partir de l’expression suivante :

**Question 29 :** comparer le résultat avec ceux des derniers tableaux DR3 et DR4, déterminer l’écart de débit de l’injecteur.

**Question 30 :** en partant de l’hypothèse que seul l’injecteur est défaillant, déterminer quelles peuvent être les causes d’une baisse importante de débit.

**PARTIE 6 : ÉTUDE HYDRAULIQUE**

*L’objectif de cette partie est de déterminer l’organisation et la fonction des éléments hydrauliques du système DENOXTRONIC qui pourraient contribuer par une non-conformité au dysfonctionnement constaté.*

**Question 31 :** sur le schéma du document réponse DR8, tracer les différents circuits en respectant les couleurs proposées dans la nomenclature.

**Question 32 :** le clapet 27 est taré à 10 bars, préciser dans quelles conditions il va s’ouvrir.

**Question 33 :** compléter sur le document réponse DR9, les éléments manquants, le système étant en position vidange, préciser par un éclair si l’élément est électriquement en fonction.

**Question 34 :** préciser la nécessité de cette phase de vidange.

**PARTIE 7 : ÉTUDE DES PERFORMANCES DE LA POMPE**

*L’objectif de cette partie est de vérifier la capacité de la pompe d’AdBlue à fournir les quantités nécessaires au fonctionnement du système.*

La pompe à diaphragme du module est entrainée par un moteur à courant continu alimenté sous une tension nominale de 12 volts dont les caractéristiques sont comparables à celles proposées sur le document réponse DR10 (questions 37 et 38).

**Question 35 :** à partir des valeurs relevées, tableau du document réponse DR10, pour établir les caractéristiques du moteur électrique, déterminer la méthode de calcul du rendement de façon littérale.

**Question 36 :** compléter le tableau du document réponse DR10.

**Question 37 :** tracer la courbe de rendement sur le document réponse DR10.

**Question 38 :** indiquer les valeurs des intensités suivantes.

* Intensité au démarrage du moteur : I dém
* Intensité de rendement maxi : I max
* Intensité de puissance maxi : P max

Le point de fonctionnement nominal, qui est le point de fonctionnement idéal du moteur, est situé pour un couple 0,015 N∙m.

Compléter le DR10 en plaçant les points suivants puis en indiquant dans les rectangles :

* Intensité de démarrage (Idem)
* Intensité de rendement maxi (I η max)
* Intensité de puissance maxi (I Pmax)
* Intensité au point de fonctionnement nominal (I nom)
* Couple de de rendement maxi (C η max)
* Couple au point de fonctionnement nominal (C nom)
* Couple de puissance maxi (C Pmax)

**Question 39 :** débit théorique de la pompe**,** donner la formule littérale de la puissance hydraulique de la pompe (Ph).

**Question 40 :** calculer le débit théorique de la pompe au point de fonctionnement nominal, le rendement hydraulique de la pompe étant de 90% et la pression régulée à 9 bars.

**Question 41 :** Comparer le résultat avec le débit volumique calculé pour l’injecteur, le débit de la pompe est-il suffisant ? Vous préciserez l’écart entre les deux valeurs.

**Question 42 :** expliquer comment le module de pompage régule la pression à 9 bars hydrauliquement et électriquement ?

**Question 43 :** compléter la boucle de régulation permettant de réguler la pression document réponse DR11.

**Question 44 :** dans ce système on constate que l’injecteur est commandé en fréquence variable (quatre Hz maximum) et la pompe en PWM, compléter les deux schémas sur le document réponse DR11 en représentant une commande en fréquence variable et l’autre en PWM (Pulse Width Modulation).

**Question 45 :** la courbe du document réponse DR11 représente la phase de remplissage du circuit avec la mise en pression du circuit d’AdBlue par le module de pompage :

* en voie 1, tension de commande
* en voie 2, intensité consommée par le moteur de la pompe

Repérer par une flèche sur le relevé :

* I de démarrage (I dém)

Compléter les rectangles les différentes phases :

* repos (Rep)
* décharge du clapet (Dc)
* remplissage canalisations (Rc)
* fonctionnement à pression 9 bars (Fonc n)
* montée en pression (Mp)
* PWM à 100% (PWM 100 %)
* tension régulée (U rég)
* PWM à 0% (PWM 0 %)

**PARTIE 8 : ÉTUDE DES PARAMÈTRES RELEVÉS PAR LA STATION DE DIAGNOSTIC**

*L’objectif de cette partie est d’analyser l’évolution des valeurs du système dans différentes configurations de fonctionnement pour valider un dysfonctionnement.*

Les relevés de consommation spécifique d’AdBlue à l’entrée du tracteur à l’atelier et les premières investigations ont montré des consommations d’AdBlue trop basses, et aucun défaut lié à la pompe.

Pour aller plus loin dans sa démarche le technicien utilise le menu « Diagnostic graphique » document technique DT6 de la station de diagnostic pour avoir une vue synthétique des paramètres du système SCR à différentes étapes de fonctionnement.

Les relevés sont faits « à vide » sans que le tracteur soit en charge, document technique DT7.

**Question 46 :** les conditions du premier relevé sont :

* régime de ralenti,
* température moteur moyenne.

Préciser pourquoi les sondes NOx amont et aval ne sont pas opérationnelles, argumenter votre réponse.

**Question 47 :** préciser pourquoi la pression du DEF (injecteur AdBlue) est proche de zéro, argumenter votre réponse.

**Question 48 :** conditions du deuxième relevé :

* régime moyen,
* température moteur plus élevée.

Préciser en argumentant, pourquoi la sonde NOx amont est opérationnelle (valeur relevée 430) et la sonde NOx aval ne l’est pas (processus).

**Question** **49 :** conditions du troisième relevé :

* régime moyen,
* le moteur est monté en température.

Préciser les conditions pour que le système commence à injecter (575 g/hévalués par le calculateur en fonction du temps de commande et de la pression d’alimentation) sur cet exemple.

**Question 50 :** conditions du quatrième relevé :

* régime élevé,
* le moteur est en température.

Le système est maintenant totalement opérationnel, en étudiant les différentes valeurs sur ce relevé et sur le précédent préciser en argumentant les éléments qui confirment un dysfonctionnement du système SCR.

**Question 51 :** déterminer les causes possibles de ce dysfonctionnement en argumentant chaque hypothèse retenue.

**Question 52 :** proposer les opérations envisagées pour remettre en état cet équipement.