

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Maintenance des Matériels de Construction et de Manutention

Épreuve U4 – Analyse d'un dysfonctionnement

Coefficient 5 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

Informations aux candidats

Le sujet est organisé en :

- un dossier technique (DT1 à DT10)
- un dossier questionnement qui se décline en 41 questions
- un dossier réponse (DR1 à DR3)

Le dossier questionnement est structuré en 5 parties et une conclusion. Celles-ci sont totalement indépendantes mais il est préférable de les traiter dans l'ordre du sujet afin d'avoir une progressivité dans l'analyse du dysfonctionnement et la compréhension des systèmes.

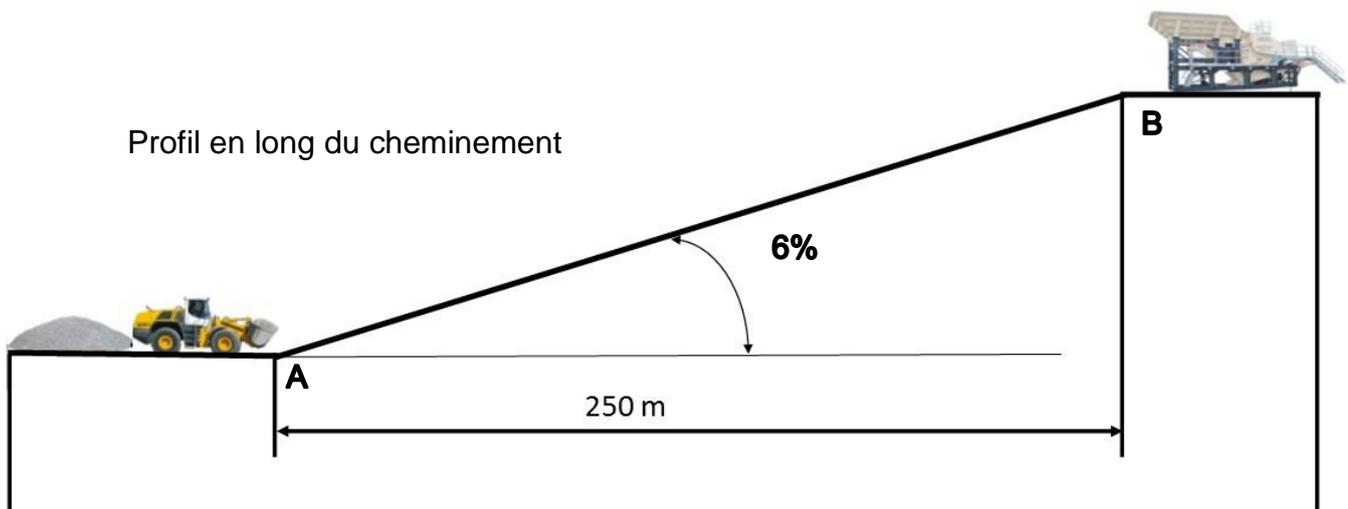
Les documents réponses DR1 à DR3 sont à rendre agrafés aux copies.

Épreuve U4 Analyse d'un dysfonctionnement	Sujet 0
BTS Maintenance des Matériels de Construction et de Manutention	Page 1 / 20

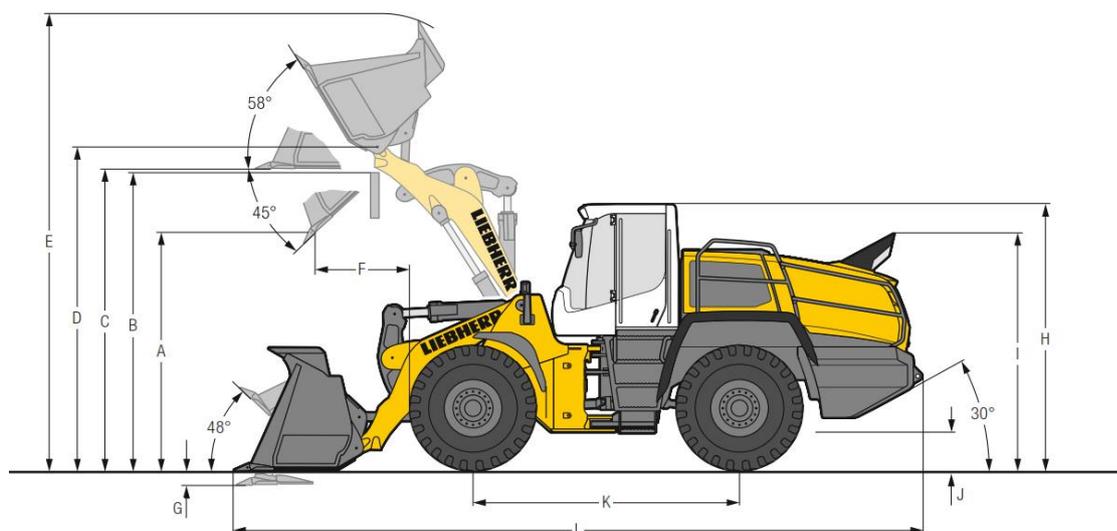
DOSSIER TECHNIQUE

DT 1 Description du site d'exploitation

Une chargeuse est affectée au transport de matériaux dans une carrière d'extraction de granulats. Cette machine permet d'alimenter le concasseur distant de 250 m du tas de matières premières. Le cheminement se fait sur un terrain ayant une pente constante de 6%. Le matériau transporté a une masse volumique de $1\,850\text{ kg/m}^3$.



DT 2 Caractéristiques de la chargeuse



Longueur du bras de levage	mm	2 600
Capacité du godet suivant ISO 7546**	m ³	3,6
Poids spécifique du matériau	t/m ³	1,85
Largeur du godet	mm	2 700
A Hauteur de déversement max., godet basculé à 45°	mm	2 810
B Hauteur max. d'obstacle	mm	3 500
C Hauteur max. fond de godet horizontal	mm	3 645
D Hauteur max. axe du godet	mm	3 915
E Hauteur totale	mm	5 695
F Portée au levage max., godet basculé à 45°	mm	1 170
G Profondeur de creusage	mm	85
H Hauteur sur cabine du conducteur	mm	3 370
I Hauteur sur échappement	mm	3 020
J Garde au sol	mm	490
K Empattement	mm	3 395
L Longueur totale	mm	8 480
Rayon de dégagement godet en position transport	mm	6 610
Force de cavage (arrachement) (SAE)	kN	150
Charge de basculement statique, en ligne*	kg	15 750
Charge de basculement complètement articulée*	kg	13 700
Poids en ordre de marche*	kg	18 400

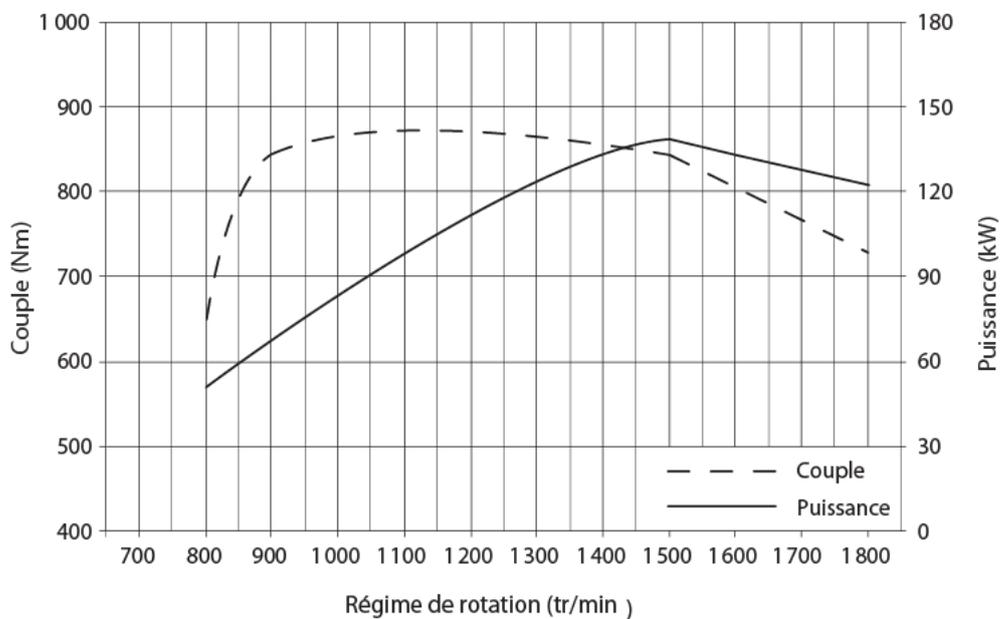
Caractéristiques des pneumatiques 23.5 R 25

Marque	Michelin	Diamètre (mm)	1606
Profil	XHA	Largeur (mm)	602
Indice de charge	195	Rayon sous charge (mm)	712
Indice de vitesse	A8	Circonférence de roulement (mm)	4473

DT 3 Caractéristiques du moteur thermique

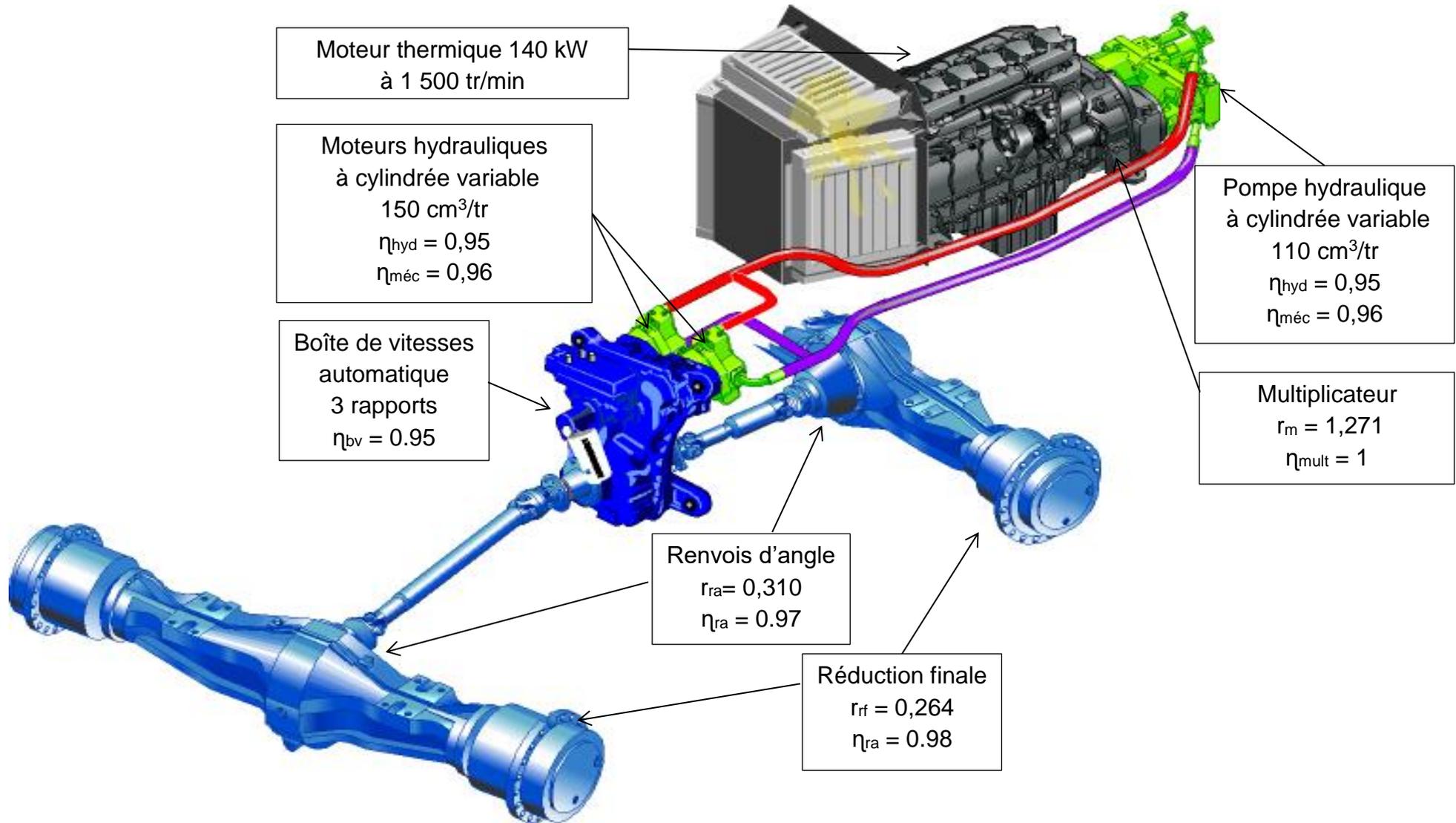
Moteur diesel	Refroidi par eau, suralimentation à 2 étages, recyclage des gaz d'échappement, filtre à particules.
Cylindres en ligne	4
Type d'injection	Common Rail électronique à injection haute pression.
Puissance maxi (kW) selon ISO 9249	140
Régime puissance maxi (tr/min)	1 500
Cylindrée (litre)	7,01
Alésage/Course (mm)	122/150

Courbes caractéristiques du moteur

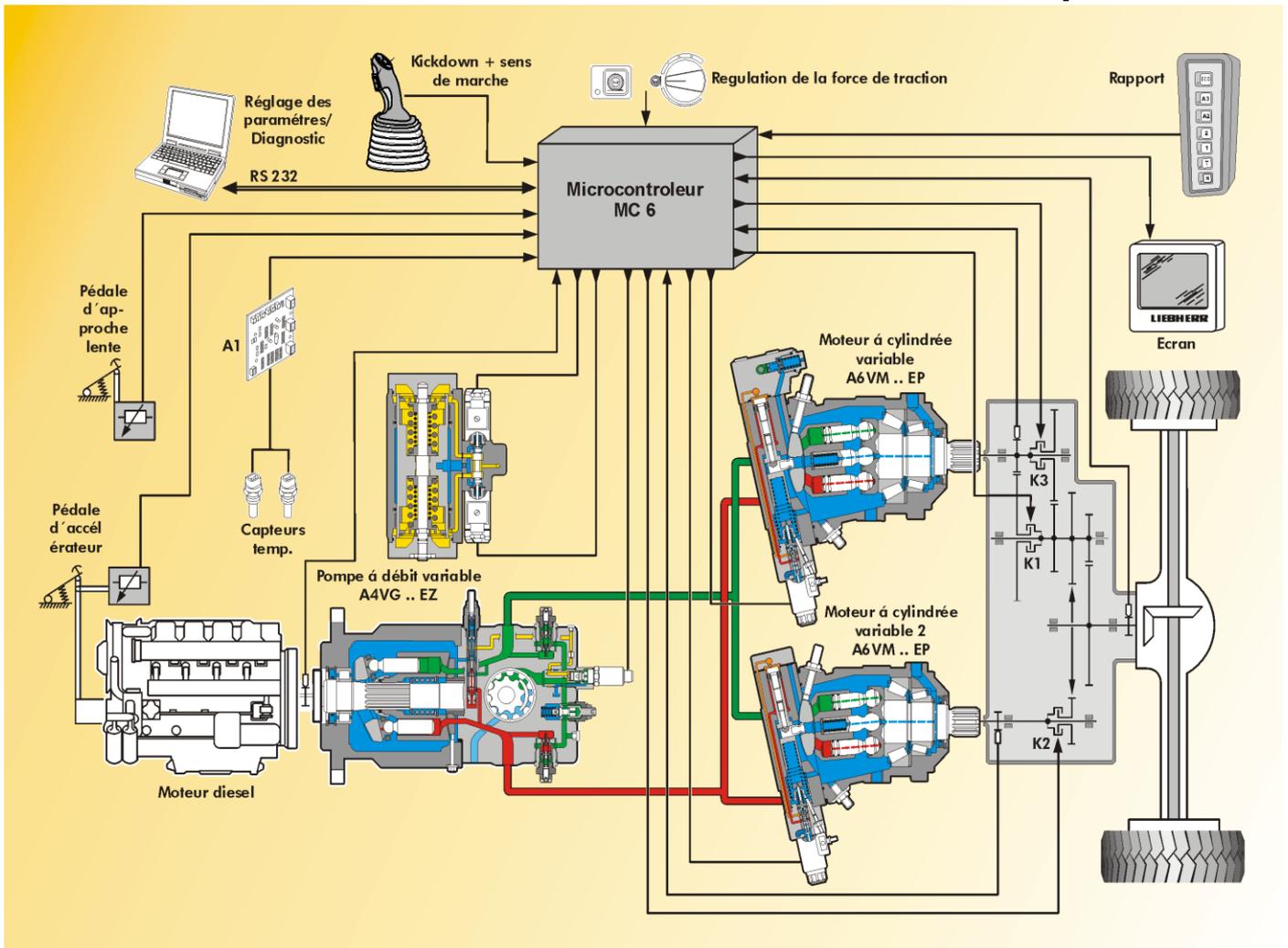


L0115

DT 4 Organisation structurale de la transmission



DT 5 Gestion de la transmission automatique



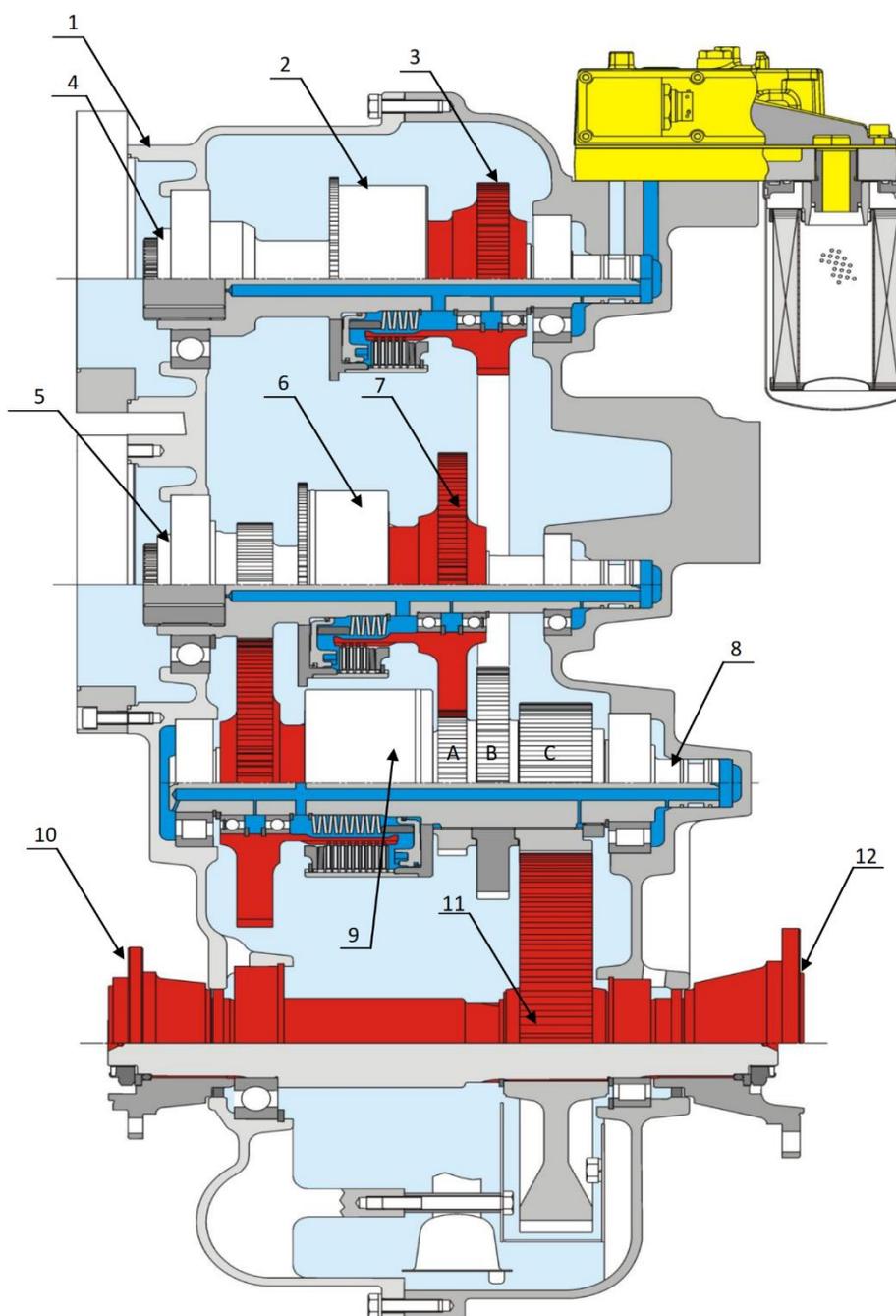
Le système de transmission en continu permet une variation de vitesse sans à-coups et sans interruption de la force de traction. L'automatisme optimise l'efficacité et le taux de rendement de la transmission.

Le conducteur actionne la pédale d'accélération du moteur pour obtenir un certain niveau de puissance. Le logiciel machine reçoit le signal électronique de la pédale et adapte le rapport de transmission afin d'exploiter la pleine puissance du moteur thermique sans que celui-ci baisse en régime.

- La première vitesse est obtenue en alimentant les 2 moteurs hydrauliques, les embrayages K1 et K2 sont sollicités. La vitesse de déplacement varie de 0 à 7 km/h.
- La deuxième vitesse est obtenue en alimentant le moteur hydraulique 2 (moteur hydraulique 1 en cylindrée nulle), l'embrayage K2 est sollicité. La vitesse de déplacement varie de 7 à 17 km/h.
- La troisième vitesse est obtenue en alimentant le moteur hydraulique 1 (moteur hydraulique 2 en cylindrée nulle), l'embrayage K3 est sollicité. La vitesse de déplacement varie de 17 à 36 km/h.

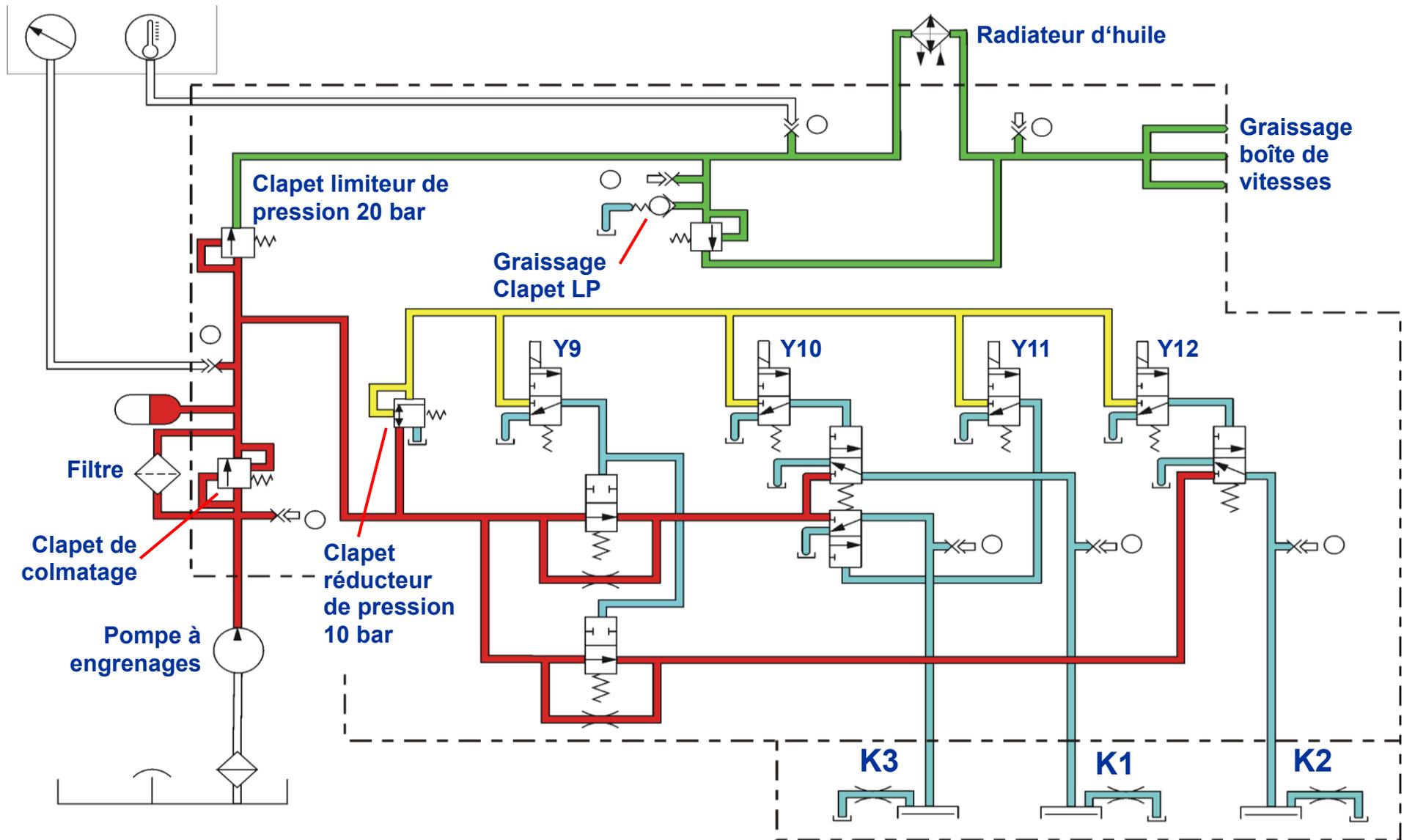
Épreuve U4	Analyse d'un dysfonctionnement	Sujet 0
BTS Maintenance des Matériels de Construction et de Manutention		Page 6 / 20

DT 6 Boîte de vitesses

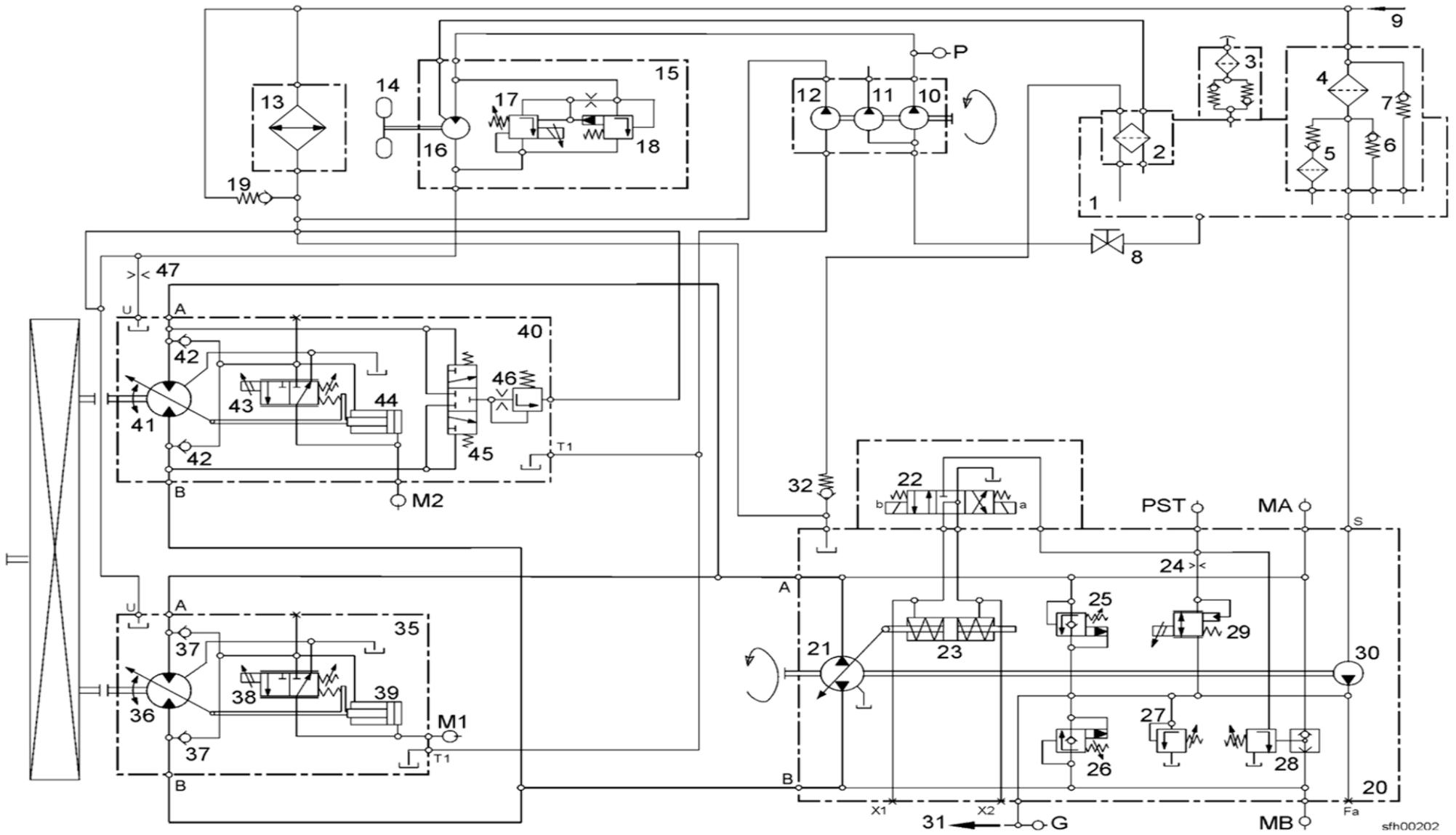


6	Embrayage K3	12	Bride arbre de transmission essieu avant
5	Arbre d'accouplement moteur 1 Z = 21 dts	11	Arbre de sortie Z = 65 dts
4	Arbre d'accouplement moteur 2	10	Bride arbre de transmission essieu arrière
3	Pignon K2 Z = 33 dts	9	Embrayage K1
2	Embrayage K2	8	Arbre intermédiaire $Z_A = 27$ dts ; $Z_B = 39$ dts ; $Z_C = 25$ dts
1	Carter de boîte de vitesses	7	Pignon K3 Z = 51 dts
Rep.	Désignation	Rep.	Désignation

DT 7 Circuit de commande de la boîte de vitesses (position neutre)



DT 8 Schéma hydraulique de la transmission hydrostatique



sfh00202

DT 9 Nomenclature de la transmission hydrostatique et valeurs de réglages

1 Réservoir hydraulique	16 Moteur de ventilateur	31 vers circuits de commande
2 Filtre de drains	17 Régulation vitesse	32 Clapet by-pass
3 Reniflard	18 Limiteur de pression	35 Ensemble moteur hydraulique 1
4 Filtre principal	19 By-pass d'échangeur	36 Moteur hydraulique à cylindrée variable 1 (150 cm ³ /tr)
5 Crépine	20 Ensemble pompe de transmission hydrostatique	37 Clapets de sélection
6 By-pass	21 Pompe à pistons axiaux à cylindrée variable (110 cm ³ /tr)	38 Électrovanne de commande de cylindrée du moteur 1
7 Clapet by-pass	22 Distributeur de sens de marche	39 Vérin de positionnement de cylindrée moteur 1
8 Robinet d'arrêt	23 Vérin de positionnement de cylindrée	40 Ensemble moteur hydraulique 2
9 Retour du circuit hydraulique de travail	24 Gicleur \varnothing 1,8 mm	41 Moteur hydraulique à cylindrée variable 2 (150 cm ³ /tr)
10 Pompe ventilateur	25 Limiteur de pression et clapet de gavage (480 bar)	42 Clapet by-pass
11 Pompe freinage	26 Limiteur de pression et clapet de gavage (480 bar)	43 Électrovanne de commande de cylindrée du moteur 2
12 Pompe circuit de refroidissement	27 Limiteur de pression de gavage (25 bar)	44 Vérin de positionnement de cylindrée moteur 2
13 Échangeur thermique	28 Limiteur par annulation de débit (450 bar)	45 Distributeur d'échange
14 Ventilateur	29 Électrovanne de commande de cylindrée de pompe	46 Limiteur de débit
15 Ensemble moteur de ventilateur	30 Pompe de gavage (24,5 cm ³ /tr)	47 Diaphragme \varnothing 4,2 mm
G, Fa, M1, M2, MA, MB, PST, X1 et X2 prises de pression installées sur la machine.		

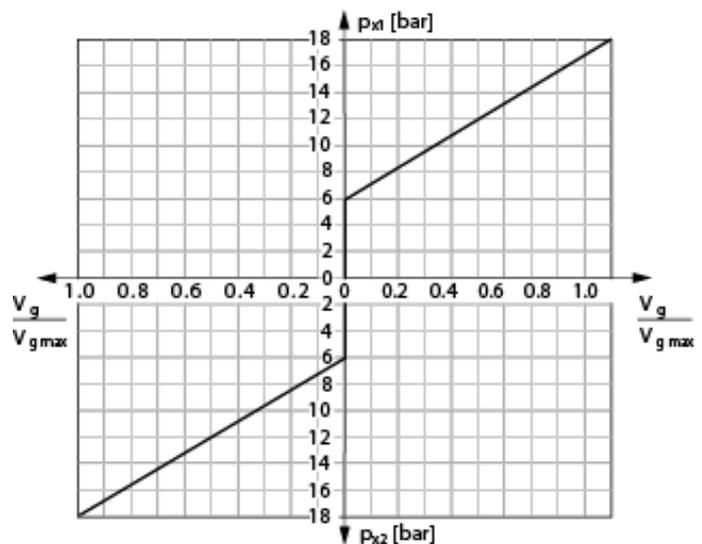
DT 10 Caractéristiques pompe et moteurs hydrauliques

Les unités à pistons axiaux sont conçues pour fonctionner avec de l'huile hydraulique minérale de type HLP 46 selon DIN 51524. En fonctionnement continu, la viscosité de l'huile doit être comprise entre 400 et 10 mm²/s. La teneur en particules ne doit pas excéder 20/18/15 selon ISO 4406.

Caractéristiques de la commande de cylindrée de la pompe hydraulique



Évolution de la cylindrée de pompe $\frac{V_g}{V_{gmax}}$ en fonction de la pression de commande.

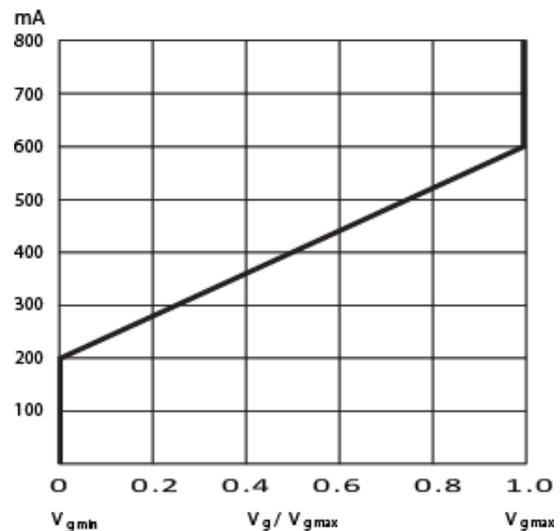


V_g : Cylindrée pompe
 V_{gmax} : Cylindrée maximale pompe
 (110 cm³/tr)

Caractéristiques de la commande de cylindrée des moteurs hydrauliques



Évolution de la cylindrée du moteur hydraulique $\frac{V_g}{V_{gmax}}$ en fonction du courant de commande.



V_g : Cylindrée moteur hydraulique
 V_{gmax} : Cylindrée maximale moteur hydraulique
 (150 cm³/tr)

DOSSIER QUESTIONNEMENT

Mise en situation du problème à résoudre

Vous travaillez en tant que technicien junior pour la concession MMCM. Votre supérieur hiérarchique vous demande de vous rendre à la carrière de l'entreprise SACREUSE. En effet, le client constate une baisse de productivité de son installation ; depuis quelques jours, la chargeuse ne permet plus de suivre la cadence de production du concasseur. Le conducteur met en cause le manque de vitesse de déplacement de la chargeuse entre le tas et le concasseur. Vous êtes donc chargé d'identifier l'origine du dysfonctionnement afin de pouvoir établir un devis.

À votre arrivée sur le site SACREUSE, après les formalités d'usage, vous avez un entretien avec le chauffeur sur le dysfonctionnement constaté. Après cet échange vous effectuez des contrôles statiques et un test de la machine en situation.

Les résultats sont les suivants :

- Avant l'essai :
 - le conducteur vous indique que :
 - le manque de vitesse lui est apparu progressivement mais qu'il s'accroît rapidement ces derniers jours d'utilisation ;
 - les conditions d'utilisation de la machine n'ont pas changé (topographie du terrain, état de la piste et matériaux transportés).
 - Vous constatez que :
 - la machine est conforme à son état d'origine (pneumatiques, godet ...) ;
 - les niveaux des fluides et les pressions de gonflage des pneumatiques sont conformes aux spécifications ;
 - le compteur horaire de la machine affiche 6 700 h et le tableau de bord n'indique pas de code défaut ;
 - l'historique de la machine ne fait pas apparaître d'intervention en lien avec la panne. Les entretiens sont effectués conformément aux recommandations du constructeur.
- Lors de l'essai, le godet est rempli d'un matériau dont la masse volumique est $1\,850\text{ kg/m}^3$ et le moteur est accéléré au régime maximum. Les résultats des tests dans la pente (6 %) sont les suivants :
 - la vitesse de déplacement semble faible dans la montée (8,5 km/h au compteur) ;
 - le régime moteur est stable à 1 500 tr/min ;
 - le rapport de vitesse engagé est la seconde (affichage au tableau de bord) ;
 - pas de bruit anormal ;
 - pas d'élévation de température apparente (moteur, transmission...) ;
 - pas de fumée moteur ;
 - temps pour gravir la pente (1 minute 47 secondes).

Épreuve U4	Analyse d'un dysfonctionnement	Sujet 0
BTS Maintenance des Matériels de Construction et de Manutention		Page 12 / 20

Partie 1 : Confirmation du dysfonctionnement

Afin de confirmer le temps excessif pour gravir la pente et n'ayant pas de temps de référence, il faut déterminer le temps théorique en fonction des caractéristiques de l'engin (DT 2 et DT 3) et du terrain (DT 1).

Question 1 : montrer que la masse de l'engin en charge est voisine de 25 000 kg.

Question 2 : pour une résistance au roulement des pneumatiques de 8% du poids, déterminer l'énergie pour vaincre la résistance au roulement pour aller de A à B.

Question 3 : déterminer la différence d'altitude entre le bas de la pente (A) et le haut de la pente (B).

Question 4 : déterminer la variation de l'énergie potentielle de l'engin en charge entre les points A et B.

Question 5 : déterminer l'énergie totale pour déplacer l'engin de A à B.

Question 6 : dans la phase de transport de matériaux, au régime moteur de 1 500 tr/min, l'ensemble des équipements de la machine (pompes, climatisation, alternateur...) consomme 7,9 kW. Dans même temps la perte de puissance par la transmission est estimée à 25,8 kW. Déterminer la puissance disponible aux roues.

Question 7 : sachant que l'énergie nécessaire pour déplacer l'engin de A à B est de 8 800 kJ, déterminer le temps théorique nécessaire pour effectuer ce déplacement en exploitant la puissance maxi disponible aux roues de 106 kW.

Question 8 : pour un temps de 83 s pour aller de A à B, déterminer la vitesse théorique de l'engin pour gravir la pente.

Question 9 : sachant que la vitesse théorique pour gravir la pente est de 11 km/h, déterminer le pourcentage de perte de vitesse.

Question 10 : conclure sur la véracité du problème énoncé par le client.

Partie 2 : Analyse de l'environnement de travail de l'engin

Le manque de vitesse de l'engin peut être dû à un problème spécifique à l'engin ou à des conditions d'utilisation de l'engin qui ont changé.

Question 11 : indiquer les facteurs externes à l'engin, tel que présenté sur DT1 et DT2, qui pourraient être à l'origine de l'augmentation du temps pour gravir la pente.

Question 12 : en fonction des constatations effectuées avant l'essai, le manque de vitesse est-il dû à un facteur externe ou un problème de l'engin lui-même ? Justifier la réponse.

Épreuve U4	Analyse d'un dysfonctionnement	Sujet 0
BTS Maintenance des Matériels de Construction et de Manutention		Page 13 / 20

Partie 3 : Origine du manque de puissance de l'engin

La partie précédente a permis de montrer que l'engin manquait de puissance au niveau des roues, ce qui se traduit par une vitesse de déplacement insuffisante. Dans cette partie, on se propose de vérifier si le manque de puissance vient du moteur thermique ou d'un problème lié à la transmission. Votre manque d'expérience sur le système en dysfonctionnement vous amènera à prendre conseil auprès de l'expert technique du fabricant de la chargeuse.

Question 13 : au vu des tests déjà effectués et des caractéristiques du moteur, le manque de vitesse de déplacement de l'engin est-il dû à un régime insuffisant du moteur thermique ? Justifier la réponse.

Question 14 : même avec un régime moteur conforme aux données du constructeur, le moteur thermique peut-il être mis en cause dans le manque de vitesse d'avancement ? Justifier la réponse en exploitant le dossier ressource.

Question 15 : comme dans la partie précédente, les équipements consomment une puissance de 7,9 kW, donner la puissance maximale disponible pour la transmission.

Question 16 : déterminer le couple que doit imposer la transmission sur le volant moteur pour que la transmission exploite la puissance maximale qui est disponible (132 kW).

Question 17 : montrer que le couple, imposé par la pompe sur le multiplicateur, doit être voisin de 660 Nm pour que le moteur produise la puissance maximale.

Afin de vérifier que le moteur produit bien le couple attendu à la puissance maxi, l'expert technique vous a demandé de relever un certain nombre de valeurs lors du trajet AB (moteur accéléré en plein régime). Vous avez reporté les résultats dans le tableau ci-après.

Type de mesure	Point de mesure DT8	Valeur relevée (bar)
Pression HP	MA	25
Pression BP	MB	395
Pression cylindrée commande cylindrée	PST	20
Pression de gavage	G	25

Question 18 : en fonction du relevé effectué ci-dessus, déterminer le couple absorbé par le groupe pompe hydrostatique.

Question 19 : en fonction des deux résultats précédents, que pouvez-vous conclure sur l'origine du dysfonctionnement (moteur ou transmission ?) ? Justifier la réponse.

Partie 4 : Identification du sous ensemble à l'origine du manque de vitesse

Cette partie vise à identifier la défaillance potentielle de la transmission, pour cela il est nécessaire d'analyser comment l'énergie est adaptée à l'ensemble de la transmission.

Question 20 : sur la figure 1 de DR 1, représenter les actions mécaniques agissant sur la chargeuse. On considère que le poids total en charge s'applique en G.

Question 21 : déterminer l'effort de traction (effort tangentiel global aux roues) nécessaire pour maintenir l'engin dans la pente. Vous pouvez utiliser la méthode de votre choix (graphique en utilisant la figure 2 de DR1 ou analytique sur la feuille de copie).

Question 22 : en prenant en compte la résistance au roulement de 8% du poids, déterminer l'effort tangentiel global aux roues pour pouvoir gravir la pente.

Question 23 : en supposant que lors du déplacement l'effort tangentiel par roue est de 8 752 N, déterminer le couple nécessaire à l'entraînement d'une roue.

Question 24 : déterminer le couple global qui s'applique en sortie de boîte de vitesses.

Question 25 : pour une vitesse de déplacement de l'engin en côte de 8,5 km/h (valeur relevée), déterminer la vitesse de rotation de roue en tr/min.

Question 26 : indiquer si les essieux (ponts) peuvent-êre mis en cause dans le manque de vitesse de déplacement de la machine en côte ? Justifier la réponse.

Question 27 : déterminer la vitesse de rotation en sortie de boîte de vitesses.

Question 28 : le rapport de transmission de deuxième vitesse est engagé. Compléter DR 2 en :

- identifiant les entrées venant des moteurs hydrauliques 1 et 2 ;
- indiquant le nom des embrayages ;
- montrant le cheminement de l'énergie dans le rapport considéré (avec un surligneur par exemple).

Question 29 : déterminer le rapport de transmission de la boîte de vitesses en seconde vitesse.

Question 30 : compléter sur DR 2, le tableau d'état des électrovannes pour le rapport de 2^{ème} vitesse. On notera :

- 0 pour électrovanne non alimentée ;
- 1 pour électrovanne alimentée.

Question 31 : pour un couple en sortie de boîte vitesse de 2 145 Nm, un rapport de réduction de 0,325 et en considérant le rendement de la boîte de vitesses, déterminer le couple nécessaire à l'entraînement de la boîte de vitesse.

Question 32 : déterminer quelle doit être la vitesse de rotation du moteur hydraulique 2 pour que la vitesse de sortie de boîte de vitesses soit de 387 tr/min.

Question 33 : indiquer si la boîte de vitesses peut être mise en cause dans le manque de vitesse de déplacement de la machine en côte. Justifier la réponse.

Partie 5 : Localisation de la défaillance

Le problème ne pouvant venir que de la transmission hydrostatique, sur les conseils de l'expert technique, vous vérifiez si les moteurs hydrauliques sont correctement commandés afin d'obtenir le bon rapport de transmission. Les valeurs relevées, dans la pente, sont reportées dans le tableau ci-dessous et viennent en complément du relevé précédent de la partie 2.

Type de mesure sur DT10	Valeur relevée
Courant électrovanne 43	540 mA
Courant électrovanne 38	0 mA

Le constructeur ne fournissant pas de valeur de référence pour la situation de travail à laquelle est soumise la chargeuse, il faut déterminer les valeurs attendues dans la situation de travail. Les calculs précédents ont permis de déterminer que, dans la situation de dysfonctionnement, le couple d'entrée de boîte de vitesse devait être de 734 Nm et que dans même temps la vitesse de rotation était de 1 195 tr/min.

Question 34 : en fonction du tableau des relevés effectués en partie 2, surligner, sur DR 3, les conduites dans lesquelles les pressions connues règnent. Noter, sur DR 3, la légende des couleurs utilisées (une couleur par pression).

Question 35 : en fonction de la valeur de courant relevée et des courbes caractéristiques sur DT10, déterminer les cylindrées théoriques des moteurs hydrauliques. Détailler les calculs.

Question 36 : déterminer le débit reçu par le moteur hydraulique pour obtenir une vitesse de 1 195 tr/min.

Question 37 : pour une vitesse d'entraînement de 1 906,5 tr/min, déterminer le débit théorique de la pompe.

Question 38 : l'écart de débit des deux questions précédentes est de 60 l/min environ. Indiquer le type de défaut qui engendre l'écart de débit. Cet écart est-il dû en totalité à la défaillance ? Justifier la réponse.

Conclusion

Question 39 : en reproduisant le modèle de tableau ci-dessous sur la feuille de copie proposer les éléments pouvant être à l'origine de la perte de débit (ajouter autant de lignes que nécessaire).

Élément possiblement en défaut	Repère	Type de défaut

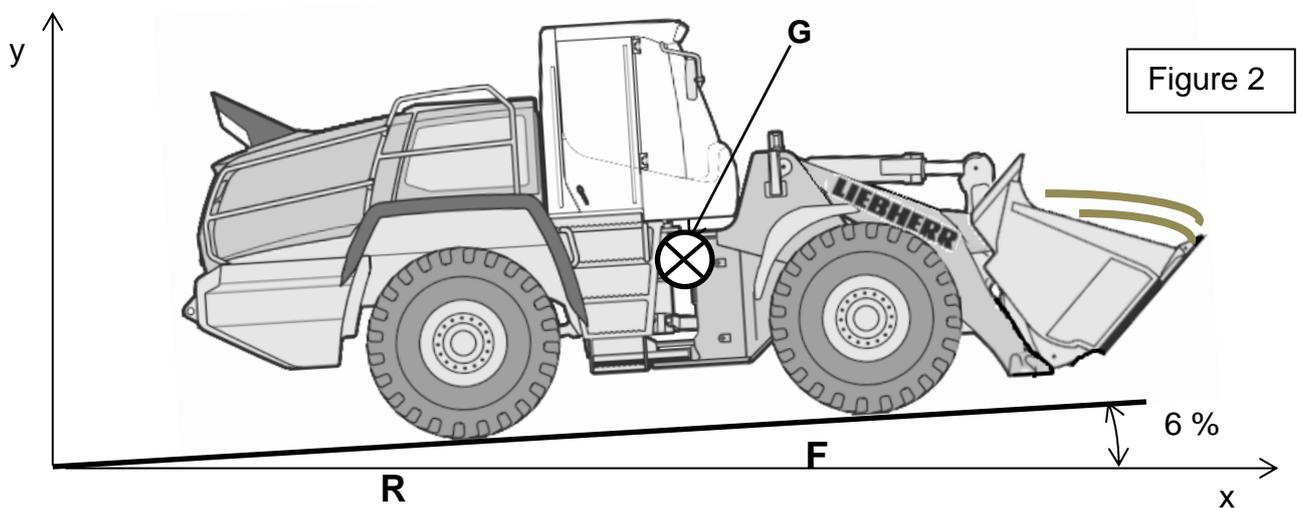
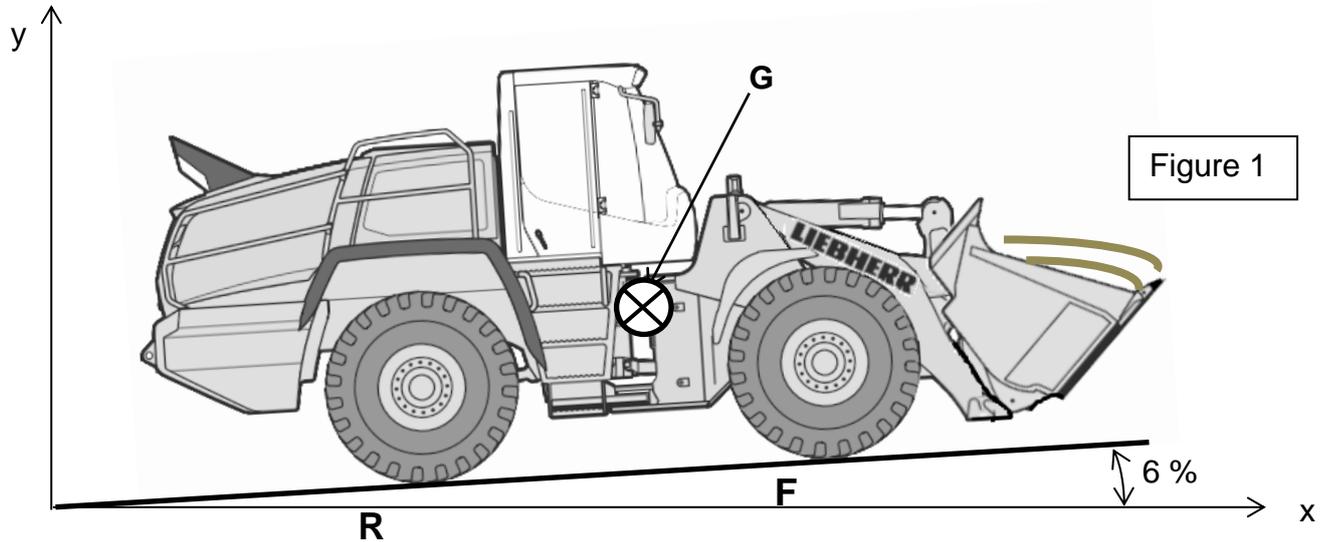
Question 40 : afin de mieux cerner l'origine du dysfonctionnement, vous effectuez un comptage de particules de l'huile, prélevée dans le réservoir hydraulique, suivant la norme ISO 4406 et vous obtenez 24/20/18. Analyser ce résultat.

Question 41 : une fois l'élément en défaillant identifié, que préconisez-vous au client comme investigation et action complémentaire sur la machine avant l'échange de l'élément défectueux ?

DOSSIER RÉPONSE

DR 1 Actions sur la chargeuse

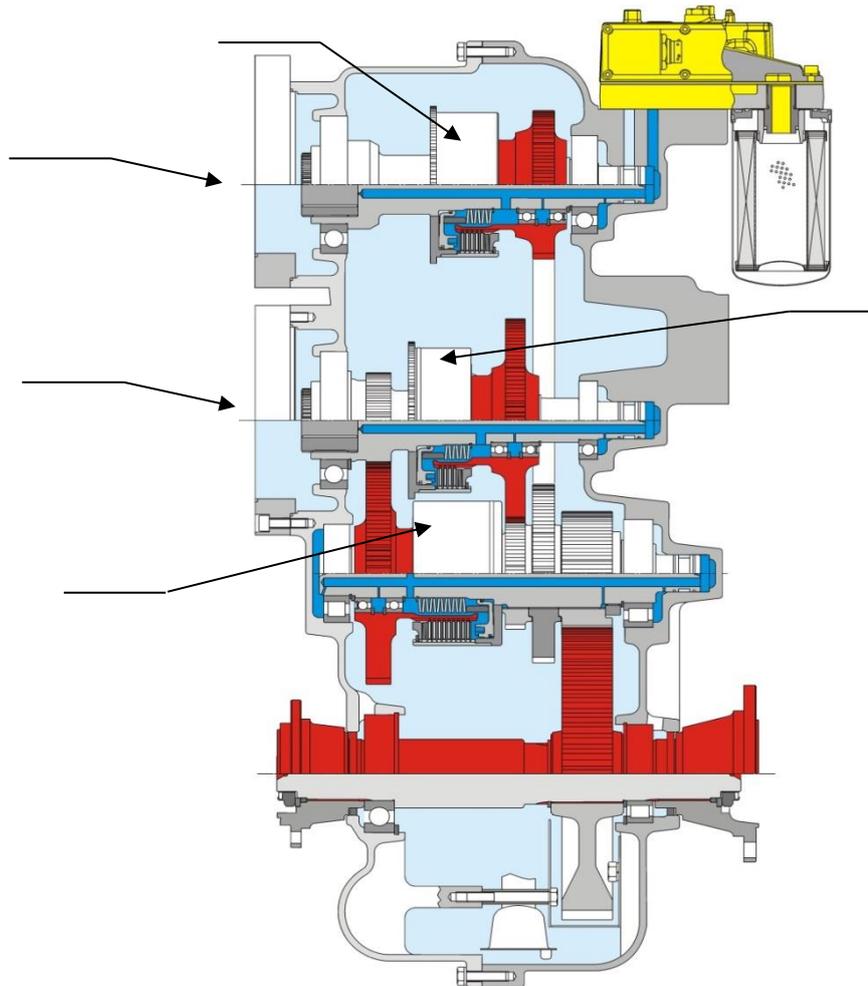
Questions 20 et 21



DR 2 Boîte de vitesses

Question 28 : le rapport de transmission de deuxième vitesse est engagé. Compléter DR 2 en :

- identifiant les entrées venant des moteurs hydrauliques 1 et 2 ;
- indiquant le nom des embrayages ;
- montrant le cheminement de l'énergie dans le rapport considéré (avec un surligneur par exemple).



Question 30 : compléter, sur DR 2, le tableau d'état des électrovannes pour le rapport de 2^{ème} vitesse. On notera :

- 0 pour électrovanne non alimentée ;
- 1 pour électrovanne alimentée.

État des électrovannes				
	Électrovanne 9	Électrovanne 10	Électrovanne 11	Électrovanne 12
Rapport 2 ^{ème}				

DR 3 Circuit hydraulique transmission hydrostatique

Question 34 :

