

# BTS MAINTENANCE DES MATÉRIELS DE CONSTRUCTION ET DE MANUTENTION

## U.4 - ANALYSE D'UN DYSFONCTIONNEMENT

SESSION 2022

Durée : 4 heures

Coefficient : 5

**L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.**

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

**Tout autre matériel est interdit.**

### **Documents à rendre et àagrafer à la copie**

- document-réponse DR1 page 16/19
- documents-réponse DR2, DR3 page 17/19
- document-réponse DR4 page 18/19
- documents-réponse DR5, DR6 page 19/19

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.**

**Le sujet comporte 19 pages, numérotées de 1/19 à 19/19.**

BTS MAINTENANCE DES MATÉRIELS DE CONSTRUCTION ET DE MANUTENTION		Session 2022
Épreuve U4 - Analyse d'un dysfonctionnement	Code : MMC4AD	Page 1 sur 24

## SOMMAIRE

Mise en situation	page 3
<b>Partie 1</b> : vérification de la pression pour le levage de la flèche	pages 4 à 5
<b>Partie 2</b> : vérification de la pression de pilotage des actionneurs	pages 6 à 7
<b>Partie 3</b> : analyse du circuit hydraulique	page 8
<b>Partie 4</b> : analyse de la panne	page 9
<b>DT1</b> : masses volumiques et foisonnement de différents types de terre	page 10
<b>DT2</b> : caractéristiques des flèches et balancier utilisables avec la pelle.	page 11
<b>DT3</b> : caractéristiques des pompes principales de la pelle	page 12
<b>DT4</b> : conditions de mesures pour les tests sur les manipulateurs	page 13
<b>DT5</b> : Fonctionnement du schéma hydraulique lors de la baisse de la flèche	page 14
<b>DT6</b> : nomenclature du circuit hydraulique	page 15
<b>Documents réponse à rendre avec la copie</b>	
<b>DR1</b> : détermination des efforts sur les liaisons	page 16
<b>DR2</b> : essais sur les éléments hydrauliques	page 17
<b>DR3</b> : graphe des composants et repère de la pompe aux manipulateurs	page 17
<b>DR4</b> : schéma hydraulique global de la pelle	page 18
<b>DR5</b> : éléments pilotés lors d'une phase de montée de flèche	page 19
<b>DR6</b> : connexion entre le tiroir et le clapet pour une montée de flèche seule	page 19

## Mise en situation

Le responsable d'un chantier de création d'une autoroute constate une perte de temps lors des travaux de terrassement. Ces travaux sont essentiellement réalisés à l'aide de la pelle hydraulique Volvo EC140B LC montée avec une flèche monobloc et un balancier de 2,5 m avec un godet.



Figure 1 : pelle hydraulique Volvo EC140B LC.

Les premières informations fournies par le conducteur de l'engin indiquent des difficultés à réaliser des manœuvres mêlant simultanément plusieurs types de mouvement (mouvement de la flèche, mouvement du balancier, etc.).

Le chef d'atelier envoie sur le chantier un technicien pour réaliser un diagnostic de dysfonctionnement. Pour se faire, le technicien doit réaliser un état des lieux de l'environnement de travail puis tester les performances de la machine, et les comparer avec les valeurs de référence.

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes, les trois premières correspondent aux étapes chronologiques d'établissement du diagnostic et la dernière à une analyse de la panne.

## Partie 1 : vérification de la pression pour le levage de la flèche

La première hypothèse envisagée pour expliquer le dysfonctionnement constaté est celle d'une pression hydraulique insuffisante pour assurer le levage de la flèche. L'objectif de cette partie est de vérifier que la pression de fonctionnement dans les deux vérins de levage de flèche est conforme aux données constructeur.

Dans cet objectif, un essai est réalisé sur la pelle hydraulique directement sur le chantier. Pour cela, on équipe la pelle hydraulique du plus grand godet chargé de terre. On réalise ensuite un lever de flèche pour estimer la pression présente dans le circuit hydraulique des vérins de levage. La terre qui est sur le chantier est de type « végétale humide ».

**Question 1.1** À l'aide du document technique DT1, **déterminer** le taux de foisonnement de la terre extraite en pourcentage.

Le conducteur de la pelle hydraulique a pour habitude de charger son godet avec un sur-volume estimé à 22%.

**Question 1.2** À l'aide du document technique DT2 et de la mise en situation, **déterminer** le volume du godet utilisé pour l'essai. **En déduire** le volume en  $m^3$  de terre présent dans le godet lors de l'essai.

**Question 1.3** À l'aide du document technique DT1, **montrer** que la masse de la terre contenue dans le godet chargé est de 1 913 kg.

On se place dans la situation illustrée sur la figure 2. La valeur de l'accélération de la pesanteur est  $g=10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

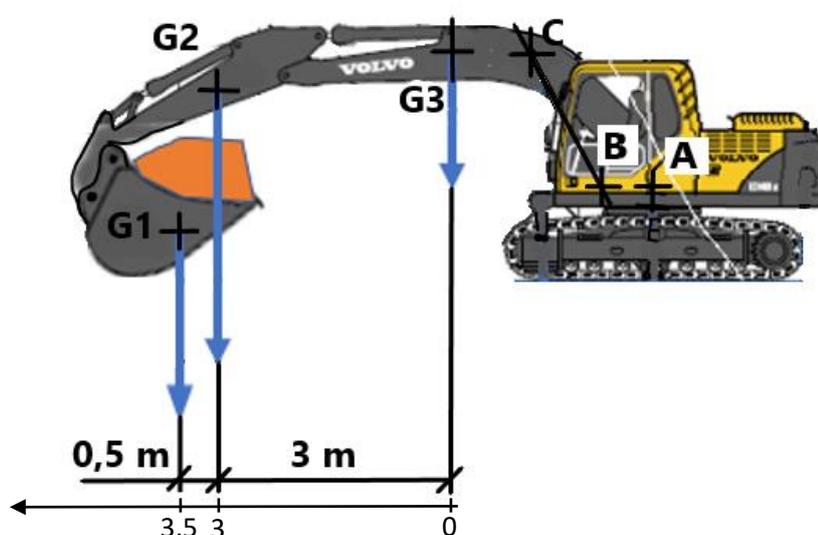


Figure 2 : position de la pelle hydraulique pour l'essai de lever de flèche.

**Question 1.4** À l'aide du document technique DT2 et de la mise en situation, **déterminer** les normes des poids  $\vec{P}_1$ ,  $\vec{P}_2$  et  $\vec{P}_3$ . **En déduire** le poids total de l'équipement.

On considère le point G3 comme origine de l'axe  $\vec{x}$  (voir figure 2).

**Question 1.5** **Déterminer** par le calcul la position longitudinale selon l'axe  $\vec{x}$  du centre de gravité de l'ensemble « Godet + charge + balancier + flèche ».

On isole l'ensemble « Godet + charge + balancier + flèche ». On cherche à déterminer les efforts appliqués au point C (liaison pivot flèche – Vérin de levage) et au point A (liaison pivot flèche – bâti). La direction de l'effort en C est la droite (BC).

**Question 1.6** Sur le document réponse DR1, **déterminer** graphiquement les efforts appliqués en C et A. **Montrer** que la norme de l'effort exercé au point C est de 420 000 N.

On réalise un essai de levage à partir de la position étudiée pour estimer la pression présente dans le circuit hydraulique alimentant les deux vérins de levage de flèche. La surface de poussée de la tige de chacun des deux vérins est  $S = 86,6 \text{ cm}^2$ .

**Question 1.7** **Déterminer** la pression hydraulique présente dans le circuit de levage permettant aux deux vérins de soulever l'ensemble « Godet + charge + balancier + flèche ».

**Question 1.8** **Extraire** du document technique DT3 la valeur de pression normale dans le circuit hydraulique. **Conclure** quant à la présence d'un dysfonctionnement du circuit hydraulique lors d'une opération de levage.

## Partie 2 : vérification de la pression de pilotage des actionneurs

L'hypothèse suivante envisagée pour expliquer le dysfonctionnement constaté est celle d'une pression hydraulique de pilotage insuffisante pour les différents éléments de manœuvre. L'objectif de cette partie est de vérifier les temps de manœuvre de ces différents éléments.

Dans cet objectif, un essai est réalisé sur la pelle hydraulique directement sur le chantier. Cet essai correspond à la phase de chargement du camion illustré par la figure 3. Le test réalisé correspond à une rotation de 180° avec la tourelle. Lors de ce mouvement, il y a une phase d'accélération sur 25° (entre les points A et B) pour atteindre la fréquence de rotation de 9,2 tr/min. Ensuite une phase de rotation à vitesse constante (entre les points B et C). Enfin, l'arrêt de la tourelle sur 10 % de l'angle total (entre les points C et D).

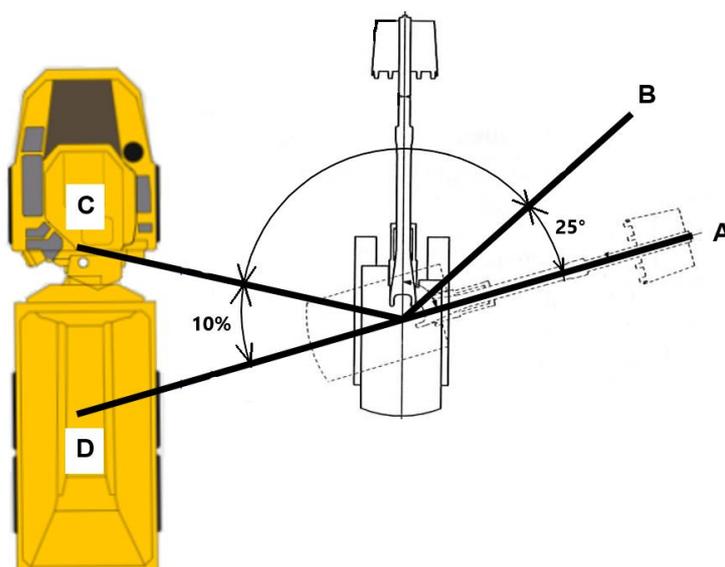


Figure 3 : phase de chargement du camion.

Les équations de mouvement en rotation uniformément accéléré sont rappelées ci-dessous :

Grandeur	unité	Description
$\gamma$	$\text{rad}\oplus\text{s}^{-2}$	Accélération angulaire
$t$	s	Durée du mouvement
$\omega_0$	$\text{rad}\oplus\text{s}^{-1}$	Vitesse angulaire initiale
$\omega$	$\text{rad}\oplus\text{s}^{-1}$	Vitesse angulaire à l'instant t
$\theta_0$	rad	Angle initial
$\theta$	rad	Angle à l'instant t

$\gamma$  est constante

$$\omega = \gamma t + \omega_0$$

$$\theta = \frac{1}{2} \gamma t^2 + \omega_0 t + \theta_0$$

On rappelle également que, pour un mouvement en rotation uniformément accéléré, on a la relation :  $\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \gamma (\theta - \theta_0)$ .

**Question 2.1** Vérifier que la vitesse angulaire de la tourelle à l'issue de la phase d'accélération (au point B) est de  $0,96 \text{ rad}\oplus\text{s}^{-1}$ .

**Question 2.2** Montrer que la durée de la phase d'accélération entre les points A et B est de 0,9 s.

**Question 2.3** Déterminer la durée de la phase à vitesse constante entre les points B et C.

**Question 2.4** Vérifier que la durée de la phase d'arrêt entre les points C et D est de 0,65 s.

En fonctionnement normal, le mouvement total de rotation de la tourelle sur  $180^\circ$  ne doit pas dépasser 5 s.

**Question 2.5** À l'aide des résultats obtenus précédemment, **déterminer** la durée totale de la rotation sur  $180^\circ$  entre les points A à D. **Conclure** par rapport au temps maximum attendu.

Afin de vérifier le bon fonctionnement des différents éléments hydrauliques, on réalise trois essais de façon indépendante sur le godet, le balancier et la flèche. Le document réponse DR2 récapitule les temps mesurés sur chacun des essais réalisés.

**Question 2.6** Compléter le document réponse DR2 en indiquant les moyennes des temps des essais réalisés sur le godet, le balancier et la flèche. **Conclure**, à l'aide des valeurs standards du tableau du document technique DT4, la conformité de ces temps avec les données constructeurs.

**Question 2.7** Conclure quant à la présence éventuelle d'un dysfonctionnement au niveau du circuit hydraulique des éléments de manœuvre (tourelle, godet, balancier, flèche).

### Partie 3 : analyse du circuit hydraulique

L'objectif de cette partie est d'identifier l'élément ou les éléments pouvant créer le dysfonctionnement constaté précédemment. Le document technique DT5 illustre le fonctionnement du circuit hydraulique lors d'une phase de baisse de la flèche. Le document technique DT6 illustre la nomenclature des constituants et les couleurs utilisées sur le document technique DT5.

**Question 3.1** À l'aide du document technique DT5, **compléter** sur le document réponse DR3 le graphe des composants et repères depuis la pompe 01 jusqu'au manipulateur 15 (flèche).

**Question 3.2** À l'aide des documents techniques DT5 et DT6, **tracer** en rouge sur le document réponse DR4 le circuit d'alimentation de puissance de la pompe jusqu'au vérin de flèche lorsque celle-ci est en phase de montée.

**Question 3.3** À l'aide des documents techniques DT5 et DT6, **compléter**, sur le document réponse DR5, le tableau des éléments de commandes pilotés lors d'une phase de montée de la flèche. **Tracer** en vert sur le document réponse DR4 les circuits de pilotage permettant une montée de la flèche.

**Question 3.4** **Indiquer** le rôle du constituant 72.

**Question 3.5** Sur le document réponse DR6, **relier** le tiroir au « distributeur logique » ainsi qu'à son environnement.

**Question 3.6** **Indiquer** sur le document réponse DR6 le fonctionnement du tiroir pour une montée de la flèche seule en représentant :

- par une flèche le mouvement du tiroir ;
- par une croix (si le passage est fermé) ou par une flèche (si le passage est ouvert) l'état de passage de  $P_L$  vers le « distributeur logique ».

Pour une montée de la flèche seule, **indiquer** sur le document réponse DR6 les pressions ( $P_L$  ou  $P_R$ ) aux bornes du « distributeur logique ».

**Question 3.7** **Indiquer** le rôle du composant 77 dans la phase de montée de la flèche seule.

**Question 3.8** À partir de l'étude menée, **indiquer** l'élément ou les éléments pouvant être mis en cause dans le dysfonctionnement constaté. **Justifier** la réponse.

#### Partie 4 : analyse de la panne

L'objectif de cette partie est de mener une analyse des causes ayant engendré le dysfonctionnement afin d'identifier les actions à réaliser pour la remise en conformité de la pelle hydraulique.

Le carnet d'entretien montre que la pelle n'a jamais été entretenue depuis son achat.

**Question 4.1** Donner la (les) conséquence(s) sur les huiles hydrauliques lorsque l'entretien n'est pas effectué régulièrement.

**Question 4.2** Donner les risques au niveau du matériel hydraulique en cas d'entretien non suivi.

**Question 4.3** Expliquer comment les particules de plus grandes tailles que les jeux fonctionnels ont pu arriver dans le circuit de pilotage.

**Question 4.4** Lister les actions à mener pour remettre la pelle en conformité. Justifier votre réponse.

**DT1 - Masses volumiques et foisonnement de différents types de terre**

Type de sols	Masse volumique (état naturel) (t/m <sup>3</sup> )	Foisonnement initial (%)	Foisonnement final (%)
Argile sèche	1,6	35	5
Argile humide (W% = 37,5%)	2,2	35	5
Terre végétale sèche « Top soil »	1,6	25	3
Terre végétale humide (W% = 25%)	2,0	25	3
Gravier sec	1,8	13	2
Gravier humide (W% = 22%)	2,2	15	2
Sable sec	1,6	12	1
Sable humide (W% = 31,5%)	2,1	13	1
Roc calcaire (origine sédimentaire)	2,6	70	50
Roc (origine ignée ou métamorphique)	2,9	65	60

## DT2 – Caractéristiques des flèches et balancier utilisables avec la pelle

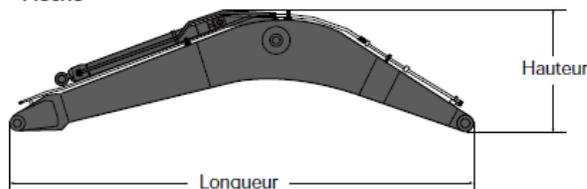
- Flèche monobloc 4,6 m et godet à montage direct

Flèche Balancier	Unité	LC			LCM		
		2,1 m	2,5 m	3,0 m	2,1 m	2,5 m	3,0 m
A. Portée maxi	mm	7 960	8 330	8 820	7 960	8 330	8 820
B. Portée maxi au niveau du sol	mm	7 810	8 190	8 690	7 780	8 160	8 660
C. Profondeur de creusement maxi	mm	5 130	5 530	6 030	4 980	5 380	5 880
D. Profondeur de creusement maxi (niveau 2,4 m)	mm	4 870	5 310	5 850	4 710	5 160	5 690
E. Profondeur de creusement maxi à la verticale	mm	4 580	5 060	5 500	4 430	4 900	5 330
F. Hauteur maxi entre le sol et les dents du godet	mm	8 180	8 420	8 770	8 340	8 570	8 930
G. Hauteur de déversement maxi	mm	5 740	5 980	6 320	5 900	6 130	6 470
H. Rayon de rotation avant mini	mm	2 570	2 630	2 840	2 570	2 640	2 830

Montage mini maxi des godets en prise directe en fonction des modèles

					
<b>Moteur</b>	Volvo EC140B LC	Volvo EC140B LCM	Volvo EC160B LC	Volvo EC160B NLC	Volvo EC180B LC
	Volvo D4D EBE2	Volvo D4D EBE2	Volvo D6D EHE2	Volvo D6D EHE2	Volvo D6D EHE2
<b>Puissance nominale, à tr/s (tr/min)</b>	35 (2 100)	35 (2 100)	32 (1 900)	32 (1 900)	32 (1 900)
<b>ISO 9249/DIN 6271, nette kW (ch)</b>	69 (94)	69 (94)	81 (110)	81 (110)	81 (110)
<b>Longueur chenille / voie</b>	mm 3 740 / 1 990	mm 3 790 / 1 990	mm 3 980 / 2 200	mm 3 980 / 1 990	mm 4 166 / 2 200
<b>Capacité de godet</b>	m <sup>3</sup> 0,65-0,98	0,73-1,08	0,88-1,23	0,78-1,08	1,03-1,43

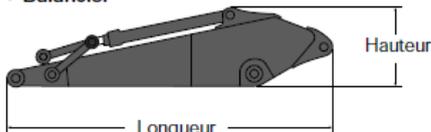
- Flèche



Description	4,6 m	4,6 m articulée
Longueur	4 770 mm	4 765 mm
Hauteur	1 370 mm	1 225 mm
Largeur	545 mm	545 mm
Poids	1 000 kg	1 280 kg

\* Y compris vérin, axe et tuyauteries

- Balancier



Description	2,1 m	2,5 m	3,0 m
Longueur	2 800 mm	3 190 mm	3 690 mm
Hauteur	760 mm	760 mm	760 mm
Largeur	300 mm	300 mm	300 mm
Poids	570 kg	645 kg	720 kg

\* Y compris vérin, tuyauteries et commande du godet

Godet de terrassement monté sur la pelle pour les travaux de terrassement.

Largeur : 1 050 mm.

Volume : maximum des capacités de la pelle.

Masse : 720 Kg.



## DT3 - Caractéristiques des pompes pri

# Commande hydraulique de l'outil et systèmes d'assistance hydrauliques

## Pompe, commande hydraulique de l'outil

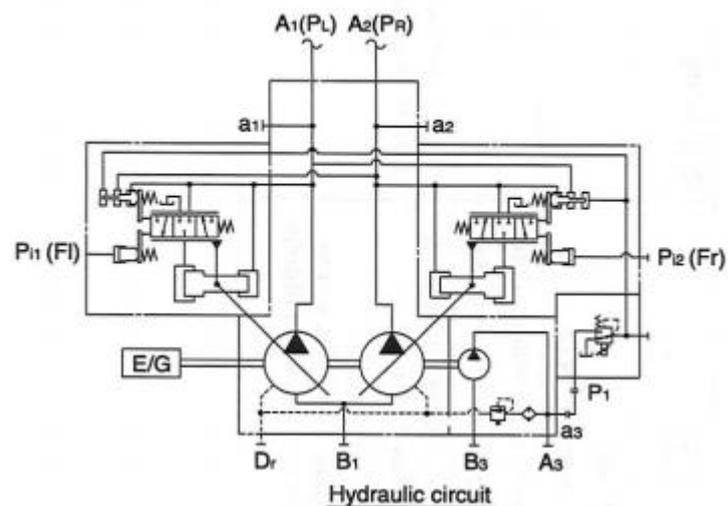
### Pompe principale

### Pompe, caractéristiques

Tableau 1. Caractéristiques

Elément	Unité	Caractéristiques
Modèle	–	K3V 63DT
Marque	–	Kawasaki
Fonctionnement	–	Contrôle total de la puissance
Type	–	Cylindrée variable, type à étrier, pompe à pistons
Déplacement	cc/rév	2 x 56,3
Taux de débit	l/min	2 x 120
	gpm	2 x 31,7
Pression (normale / amplifiée)	kgf/cm <sup>2</sup> (psi)	330 / 350 (4694 / 4978)
Pression corps de pompe		1,5 (21)

### Structure, pompe principale



## DT4 - conditions de mesures pour les tests sur les manipulateurs

### Test d'état

#### Conditions de mesure

Ce chapitre décrit comment évaluer les différentes performances des pelles hydrauliques de Volvo Construction Equipment.

Les tolérances indiquées s'appliquent aux nouvelles machines.

Pour une machine déjà en service, une certaine marge est autorisée en fonction des conditions du terrain.

En l'absence d'indication contraire, les mesures doivent être effectuées sous les conditions suivantes:

- Régime moteur: Haut régime, mode "P"
- Température de l'huile hydraulique:  $50 \pm 5 \text{ °C}$  ( $122 \pm 41 \text{ °F}$ )
- Site: Sol ferme et plat

#### Vitesse de vérin

##### Préparatifs

##### Vérin de flèche

- Vérin du bras entièrement rétracté
- Vérin de godet entièrement étendu.

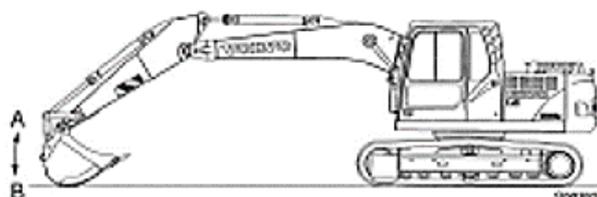


Fig. 1 Conditions de mesure, vérin de flèche

- B → A : Lever
- A → B : Partie inférieure

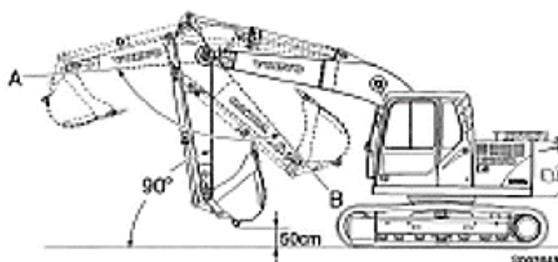


Fig. 2 Conditions de mesure, vérin de flèche

- B → A : Déployer
- A → B : Replier

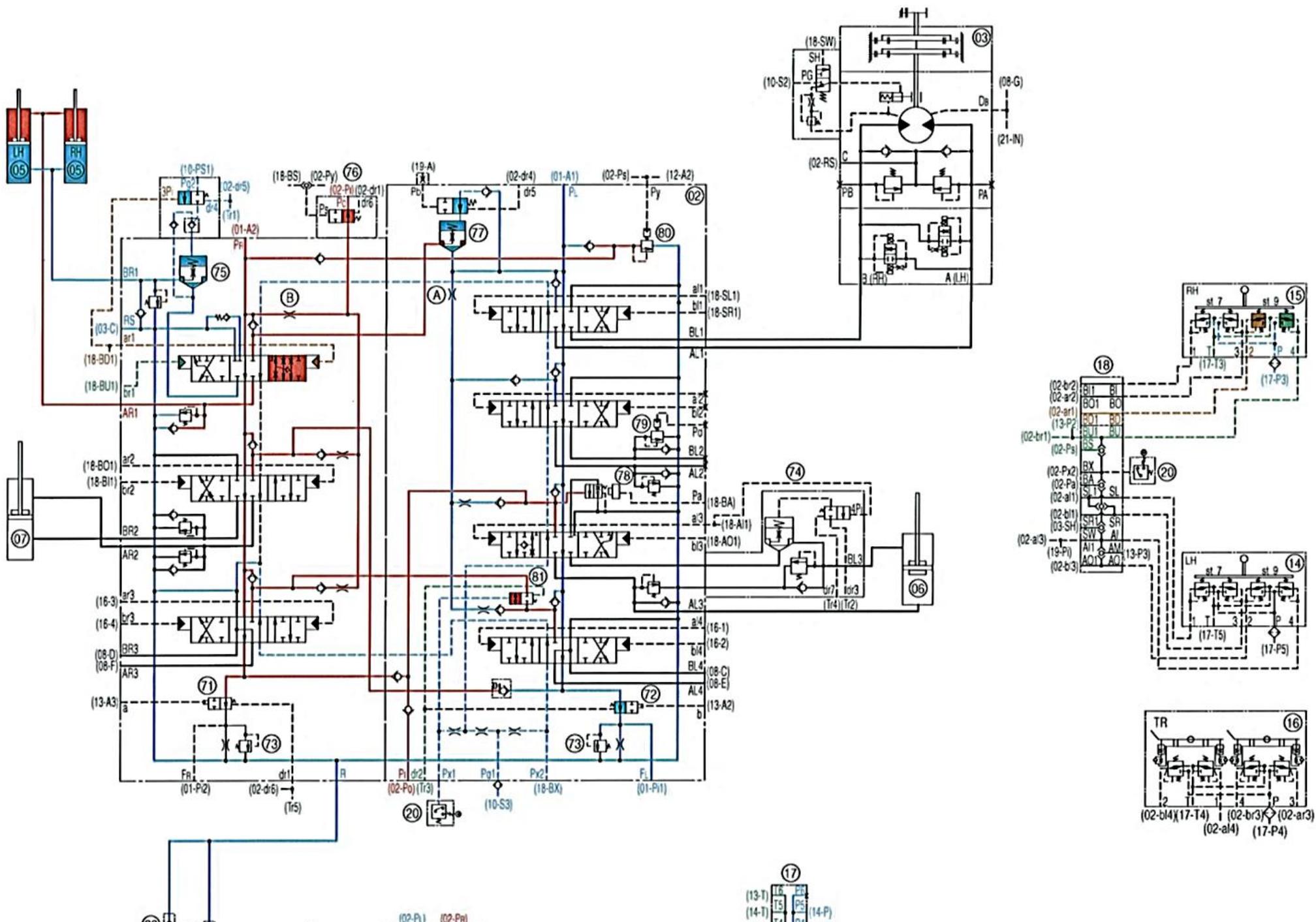
##### Vérin de bras

- Vérin de godet entièrement étendu.

Table des temps de mouvement de la flèche, du bras et du godet (les temps sont indiqués en secondes) :

	Opération	Standard	Valeur autorisée	Remarques
Vérin de flèche	Lever	2,5 +/- 0,3	3,1	Depuis sol jusqu'à extension complète.
	Baisser	2,4 +/- 0,3	3,0	Depuis extension complète jusqu'au sol.
Vérin de bras	Replier	3,5 +/- 0,3	4,1	Depuis extension complète jusqu'à rétraction complète.
	Déployer	2,4 +/- 0,3	3,0	Depuis rétraction complète jusqu'à extension complète.
Vérin de godet	Replier	3,8 +/- 0,3	4,4	Depuis rétraction complète jusqu'à extension complète.
	Déployer	2,2 +/- 0,3	2,8	Depuis extension complète jusqu'à rétraction complète.

**DT5 – Fonctionnement du schéma hydraulique lors de la baisse de la flèche**



## DT6 - Nomenclature du circuit hydraulique

1 Pompe principale 2 Valve de commande principale 3 Moteur d'orientation 4 Moteur de chenilles 5 Vérin de flèche 6 Vérin de bras 7 Vérin de godet 8 Passage central 9 Filtre d'assistance hydraulique 10 Bloc accumulateur 11 Accumulateur 12 Valve de solénoïde (1) 13 Valve de solénoïde (2) 14 Commande à distance (levier) - gauche 15 Commande à distance (levier) - droite 16 Commande à distance - pédale 17 Bloc 18 Valve navette 19 Valve de sélection d'assistance hydraulique 20 Contact de pression 21 Filtre de vidange 22 Valve de contrôle by-pass	23 Valve de contrôle by-pass 24 Radiateur d'huile hydraulique 25 Réservoir d'huile hydraulique 26 Filtre de retour 27 Clapet de dérivation 28 Robinet de vidange 29 Crépine 30 Raccord d'aération 71 Clapet de dérivation central - série 3 (valve de contrôle de débit confluent de bras) 72 Clapet de dérivation central - série 4 (valve de contrôle de débit confluent de flèche) 73 Valve de détection de débit 74 Valve de maintien de bras 75 Valve de maintien de flèche 76 Valve de débit parallèle du bras 77 Distributeur logique 78 Valve de régénération du bras 79 Détendeur de raccord (surcharge) 80 Détendeur principal 81 Valve de commutation conduite droit devant A Trou B Trou
--	--

### Indice couleurs des conduits

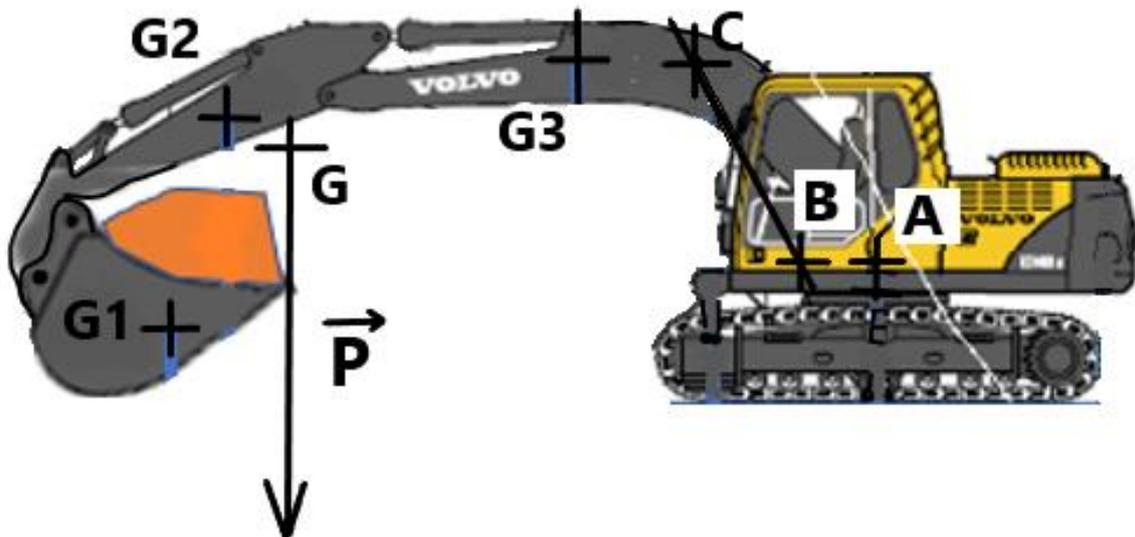
Rouge	Huile haute pression
Bleu	Basse pression, huile pression primaire d'assistance hydraulique
Brun	Huile pression secondaire d'assistance hydraulique
Vert	Circuit de purge, pompe huile d'aspiration

## DR1 : détermination des efforts sur les liaisons

Document-réponse (à rendre avec la copie)

Le vecteur  $\vec{P}$  représente le poids de l'ensemble « Godet + charge + balancier + flèche » appliqué au centre de gravité G. Il n'est pas représenté à l'échelle sur le dessin ci-dessous.

Le triangle des forces sera représenté avec l'échelle : 1 cm  $\leftrightarrow$  35 000 N



**Rappel :** la direction de l'effort en C exercé par le vérin sur l'ensemble « Godet + charge + balancier + flèche » est la droite (BC).



<b>DR2 : essais sur les éléments hydrauliques</b> Document-réponse (à rendre avec la copie)					
	<b>Opération</b>	<b>Test 1 en s</b>	<b>Test 2 en s</b>	<b>Test 3 en s</b>	<b>Moyenne en s</b>
Vérin de flèche	Lever	5,6	6,2	5,8	
	Baisser	2,71	2,78	2,48	
Vérin de bras	Replier	4,05	3,54	3,95	
	Déployer	2,48	2,56	3,0	
Vérin de godet	Replier	4	4,2	4	
	Déployer	2,1	2,58	2,75	

**Temps mesurés sur lors des essais sur les différents éléments hydrauliques :**

<b>DR3 : graphe des composants et repère de la pompe aux manipulateurs</b> Document-réponse (à rendre avec la copie)
---

| |

**01 09 ..... 17 (15P) (17P3) 15**

||  
**Zone à compléter**

|

**DR4 : schéma hydraulique global de la pelle - Document-réponse (à rendre avec la copie)**

<b>BTS MAINTENANCE DES MATÉRIELS DE CONSTRUCTION ET DE MANUTENTION</b>		<b>Session 2022</b>
<b>Épreuve U4 - Analyse d'un dysfonctionnement</b>	<b>Code : MMC4AD</b>	<b>Page 22 sur 24</b>



**DR5 : éléments pilotés lors d'une phase de montée de flèche**  
Document-réponse (à rendre avec la copie)

Composants de départ	Sortie du constituant 18	Constituants intermédiaires	Constituant d'arrivée
15 → 18	02 br1		2
	13 P2	→ 13 → 02-b → 02 →	72
		→ 13 → 19 →.....→	77

**DR6 : connexion entre le tiroir et le clapet pour une montée de flèche seule**  
Document-réponse (à rendre avec la copie)

