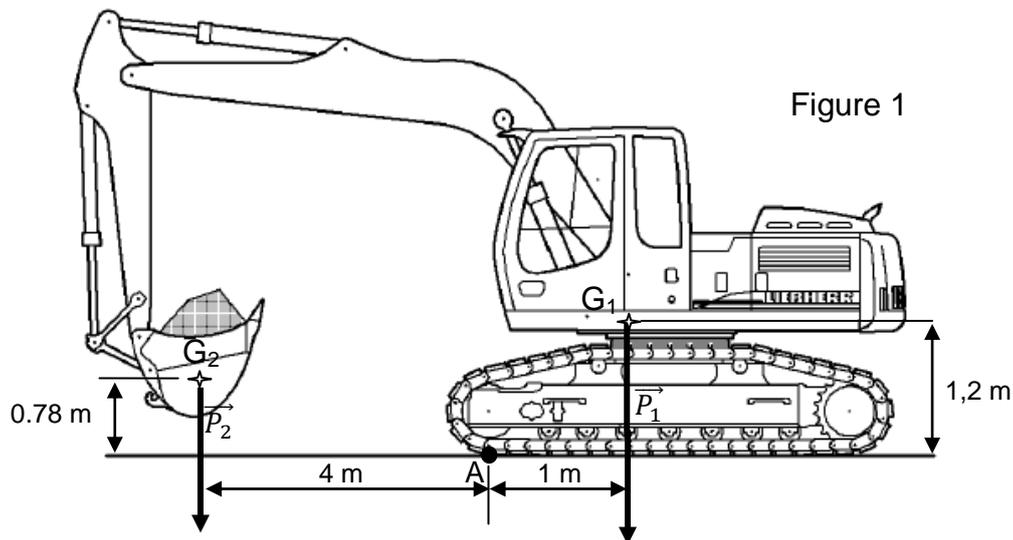


# BTS MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE DES ENGINS DE TRAVAUX PUBLICS ET DE MANUTENTION

## ÉLÉMENTS DE CORRECTION

### MODÉLISATION ET ÉTUDE PRÉDICTIVE DES SYSTÈMES

#### PARTIE A : COMPORTEMENT DE LA PELLE HYDRAULIQUE



**Question 1 :** reproduire et puis compléter sur la feuille de copie le tableau suivant.

Masse de l'engin	Force de pénétration ISO	Largeur de coupe	Profondeur maxi de travail	Pression au sol
21185 kg	91000 N	1250 mm	5.9 m	0.44 kg/cm <sup>2</sup>

**Question 2 :** déterminer le poids de la pelle à vide.

$$P_1 = m_1 \times g = 21000 \times 10 = 210000 \text{ N}$$

**Question 3 :** déterminer le poids du matériau contenu dans le godet.

$$P_2 = m_2 \times g = 2000 \times 1 = 2000 \text{ kg}$$

**Question 4 :** à partir d'une étude statique, dans la position de la figure 1, déterminer le poids  $P_2$  maximal admissible dans le godet avant basculement de la machine.

$$\text{En A : } \overrightarrow{M(P1)} + \overrightarrow{M(P2_{\max})} = \vec{0} \quad (\text{sur } z) : -210000 + 4 \times P_{2_{\max}} = 0 \quad P_{2_{\max}} = 52500 \text{ N}$$

**Question 5 :** lors d'un freinage d'urgence, alors que le godet contient une masse de 2 000 kg, appliquer le principe fondamental de la dynamique afin de déterminer la décélération maximale à ne pas dépasser pour que la machine ne bascule pas (considérer les masses concentrées en  $G_1$  et en  $G_2$ ).

## 2 résolutions possibles

**Résolution 1 :** en effectuant directement le moments/Az avec les forces d'inertie et les poids

La condition d'équilibre s'écrit :  $(2000 \cdot a \cdot 0,78) + (21\ 000 \cdot a \cdot 1,2) + (20\ 000 \cdot 4) < (210\ 000 \cdot 1)$

$$a = \frac{210\ 000 - 80\ 000}{(2\ 000 \cdot 0,78) + (210\ 000 \cdot 1,2)} = 4,86 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

## Résolution 2 : par le PFD

**Centre de gravité :**

$$m \cdot \overrightarrow{AG} = m_1 \cdot \overrightarrow{AG1} + m_2 \cdot \overrightarrow{AG2} \quad \overrightarrow{AG} = \frac{210000}{230000} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1,2 \end{pmatrix} + \frac{2000}{230000} \cdot \begin{pmatrix} -4 \\ 0,78 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,565 \\ 1,163 \end{pmatrix}$$

Au point G :

$$\overrightarrow{MG(P1)} = \overrightarrow{MG1(P1)} + \overrightarrow{GG1} \wedge \overrightarrow{P1} \quad \{T(P1)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -210000 & 0 \\ 0 & -90300 \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{MG(P2)} = \overrightarrow{MG2(P2)} + \overrightarrow{GG2} \wedge \overrightarrow{P2} \quad \{T(P2)\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -20000 & 0 \\ 0 & 91400 \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{MG(A)} = \overrightarrow{MA(A)} + \overrightarrow{GA} \wedge \overrightarrow{PA} \quad \{T(P1)\} = \begin{pmatrix} X_A & 0 \\ Y_A & 0 \\ 0 & -0,57 Y_A + 1,16 X_A \end{pmatrix}$$

Non basculement moments sur Z :  $-90300 + 91400 - 0,57 Y_A + 1,16 X_A = 0$

PFD sur x :  $X_A = m \times a$  sur y :  $-210000 - 20000 + Y_a = 0$

$$Y_a = 230000 \text{ N} \quad X_a = 112069 \text{ N} \quad a = 4,87 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

<b>BTS MAVETPM</b>		<b>Session 2018</b>
<b>Modélisation et étude prédictive des systèmes</b>	<b>Code : MME4ME</b>	<b>Page : 2/9</b>

**Question 6 :** dans le cas d'une décélération de  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , appliquer le principe fondamental de la dynamique pour déterminer l'effort tangentiel sur les chenilles.

$$Xa = m \times a = 23000 \times 5 = 115000 \text{ N}$$

**Question 7 :** pour une vitesse initiale de la machine de  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , déterminer le temps d'arrêt et la distance d'arrêt.

$$V = 5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} \quad V = (5 \times 1000)/3600 = 1.39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad t = (v-v_0)/a = (-1.39) / (-5) = 0.28 \text{ s}$$

**Question 8 :** le coefficient d'adhérence sol / chenille étant de 1,2, déterminer l'effort tangentiel maximal transmissible par la liaison sol/chenille.

$$F_{t \text{ sol chenille max}} = (P_1 + P_2) \times 1.2 = 276000 \text{ N}$$

**Question 9 :** pour un effort tangentiel global de 28 000 daN, déterminer le couple sur chaque barbotin.

$$C_{\text{par barbotin}} = ((F_{t \text{ global}})/2) \times r_{\text{barbotin}} = (280000/2) \times (0.8/2) = 56000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

**Question 10 :** conclure après avoir comparé le résultat obtenu avec les données du document technique de la **page 5**.

$$C_{\text{par barbotin}} > 46800 \text{ N}\cdot\text{m} \text{ moment freinage pour FAT 350/032}$$

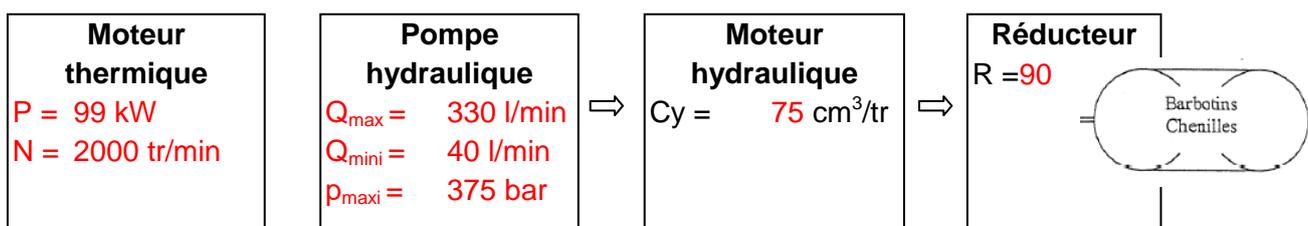
Le réducteur ne peut pas freiner la machine pour une décélération de  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

## PARTIE B : LIMITE DE FRANCHISSEMENT

Le client veut acquérir cette pelle hydraulique dans le but d'effectuer des travaux sur des terrains dont la pente peut atteindre jusqu'à 30 %. Le client souhaite pouvoir franchir ou à défaut s'arrêter dans cette pente.

Il s'agit, dans un premier temps, de déterminer la pente pouvant être gravie par l'engin au vue de la transmission, puis de déterminer la capacité de freinage des freins à disques multiples à commande hydraulique et à action négative intégrés dans chaque réducteur de translation.

**Question 11 :** reproduire sur feuille de copie et compléter le graphe ci-dessous en indiquant les caractéristiques de la chaîne de transmission.



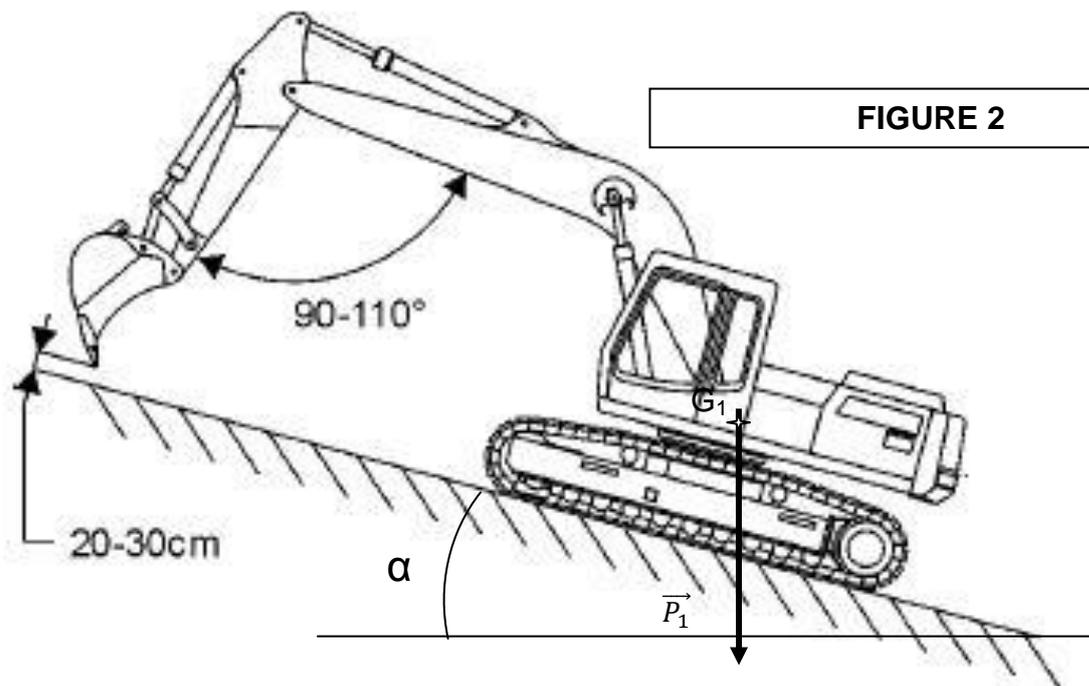


FIGURE 2

**Question 12 :** déterminer l'angle  $\alpha$  pour la pente de 30 %.

$$\alpha = \tan^{-1}(30/100) = 16.7^\circ$$

**Question 13 :** dans la position de la figure 2 ci-dessus, pour un angle  $\alpha$  de  $17^\circ$ , appliquer le principe fondamental de la statique à l'engin afin de déterminer l'effort tangentiel sur chaque chenille. Le poids  $P_1$  est de 21 000 daN.

$$T_{\text{total}} = 21\,000 \times \sin 17^\circ = 61398 \text{ N} \quad T_{\text{par chenille}} = T/2 = 30699 \text{ N}$$

**Question 14 :** pour gravir la pente, l'effort tangentiel à la chenille étant de 3000 daN, déterminer le couple que doit produire le moteur hydraulique sur le réducteur.

$$C_{\text{MH}} = (T_{\text{1 chenille}} \times r_{\text{barbotin}}) / R = (30000 \times 0.4) / 90 = 133.3 \text{ N.m}$$

**Question 15 :** le moteur hydraulique étant en cylindrée maximale, déterminer la pression nécessaire à l'entraînement de celui-ci lorsque le couple utile sur le réducteur de translation est de 14 daN.m.

$$\Delta p = \frac{2\pi \cdot C_{mh}}{\eta_m \cdot C_{ymh}} = \frac{2\pi \cdot 140}{1,75 \cdot 10^{-6}} = 11\,728\,612,6 \text{ Pa} \quad \text{soit} \quad 117 \text{ bars}$$

BTS MAVETPM		Session 2018
Modélisation et étude prédictive des systèmes	Code : MME4ME	Page : 4/9

**Question 16 :** conclure sur la capacité de la machine à gravir la pente de 30 %.

La machine a largement la capacité car il ne faut que 117 bar, pour gravir la pente de 30 %, alors que potentiel de la machine est 375 bar.

### PARTIE C : ÉTUDE DES PERFORMANCES DU FREIN MULTI-DISQUES

**Question 17 :** les données techniques en **page 5** fournissent le moment de freinage statique mesuré au niveau du barbotin. Déterminer le couple engendré par le frein-multidisques.

$$C_{\text{frein}} = M_{\text{freinage}} / R = 46800 / 90 = 520 \text{ Nm}$$

**Question 18 :** en utilisant les données fournies en **page 8** et la relation

$$R_{\text{moyen}} = \frac{2}{3} * \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}, \text{ montrer que le rayon moyen des disques de frein est voisin de 45 mm.}$$

$$R_{\text{moy}} = 2/3 * ((R^3 - r^3) / (R^2 - r^2)) = 45,6 \text{ mm}$$

**Question 19 :** pour un couple de freinage de 50 daN·m au niveau des disques et suivant les données fournies en **page 8**, calculer l'effort presseur  $F_p$  nécessaire à la transmission de ce couple.

$$F_p = C / (R_{\text{moy}} * n_{\text{surf}} * \tan \varphi) = 500 / (45,6 * 10^{-3} * 10 * 0,04) = 27\,412,3 \text{ N}$$

**Question 20 :** pour un effort presseur de 2 800 daN, calculer la pression hydraulique pour défreiner le système (relever les dimensions nécessaires en **page 8**).

$$S = \pi * (D^2 - d^2) / 4 = 16,46 * 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ soit } 164,6 \text{ cm}^2 \quad P = 2\,800 / 164,4 = 17,03 \text{ bar}$$

**Question 21 :** à partir du schéma hydraulique en **page 9**, donner le rôle des éléments 206, 207 et 208 lors du défreinage.

206 : Limiteur de vitesse, il maintient une différence de pression minimale de 25 bar entre l'entrée et la sortie du moteur hydraulique. (pas de roue libre en descente)

207 : Sélecteur de circuit qui permet l'alimentation du défreinage par la pression d'alimentation du moteur hydraulique (la pression la plus élevée).

208 : Réducteur de pression, il permet de limiter la pression de défreinage à 30 bar.

BTS MAVETPM		Session 2018
Modélisation et étude prédictive des systèmes	Code : MME4ME	Page : 5/9

**Question 22 :** indiquer quelles sont les valeurs de pression mini et maxi de défreinage.

La pression mini sera de 25 bar lorsque l'engin sera en descente (action du limiteur de vitesse).

La pression maxi sera de 28 bar dans les autres situations en déplacement sur le plat et en côte.

**Question 23 :** analyser l'écart entre la pression de défreinage calculée et la pression de défreinage effective.

La pression de défreinage est supérieure de 8 à 11bar suivant la situation, cela permet de s'assurer qu'il y aura une pression suffisant même éventuellement en cas d'un dérèglement ...

#### **PARTIE D : CONFORMITÉ DE LA MACHINE PAR RAPPORT À SES SPÉCIFICATIONS**

Le client vous demande de vérifier si la puissance de la machine est conforme aux spécifications du constructeur.

**Question 24 :** à partir de la représentation schématique de la pompe, **page 11**, indiquer les éléments qui font que le débit de la pompe évolue en fonction de la pression suivant la courbe d'iso puissance représentée en pointillés sur la **page 10**.

25 LR ; 24 ; 23 ; 22 et 16

**Question 25 :** à partir des courbes caractéristiques de régulation pompe **page 10**, indiquer quelle doit être la pression LR pour que le moteur travaille à la puissance maximum.

P LR = 6,5 bar

**Question 26 :** donner le mode de travail sur lequel il faut positionner le pupitre de commande au tableau de bord.

Mode Power

**Question 27 :** pour ce mode de travail sélectionné, indiquer quel doit être le débit de la pompe lorsque sa pression de refoulement est de 240 bar.

Le débit sera de 225 bar

<b>BTS MAVETPM</b>		<b>Session 2018</b>
<b>Modélisation et étude prédictive des systèmes</b>	<b>Code : MME4ME</b>	<b>Page : 6/9</b>

**Question 28 :** lors d'un test de puissance, sous différentes valeurs de pression de refoulement de pompe, vous obtenez les résultats reportés dans le tableau ci-après. Indiquer les valeurs anormales et la cause probable des écarts entre les valeurs relevées et les valeurs attendues.

Situations de mesure	Valeur réglée	Valeurs relevée		
	Pression pompe bar	Débit pompe l /min	Régime moteur tr/min	Pression LR bar
Situation 1	40	330	2030	6,5
Situation 2	200	243	1800	6,5
Situation 3	300	162	1800	6,5
Situation 4	375	1	2040	6,5

**Les valeurs anormales sont le débit de pompe et le régime moteur dans les situations 2 et 3.**

La cause probable de ces écarts est due à un manque de couple du moteur thermique (usure de la cylindrée, mauvaise combustion, pression turbo, mauvaise alimentation en carburant)

**Question 29 :** d'un point de vue pratique, en vous appuyant sur le schéma hydraulique du document réponse **page 18**, indiquer les appareils de mesure nécessaires, un lieu d'implantation et la procédure pour effectuer les tests de la question précédente.

- Il faut implanter un contrôleur hydraulique (débitmètre, manomètre et restriction pour simuler la charge) à la place d'un vérin ou en sortie de pompe. Le manomètre devra mesurer la pression sortie pompe dans tous les cas.
- Faire chauffer l'huile en faisant fonctionner le circuit
- Mettre le moteur au régime maxi
- Augmenter la pression du circuit par la restriction variable
- Lorsque la pression correspond à la valeur du tableau précédent relever le débit et le régime moteur

## PARTIE E : COMPORTEMENT DU CIRCUIT HYDRAULIQUE

Le conducteur contrôle sa vitesse pour gravir la pente. Le débit sur chaque moteur hydraulique de translation est de 50 l/min et la pression nécessaire est de 120 bar. Les autres équipements ne sont pas actionnés.

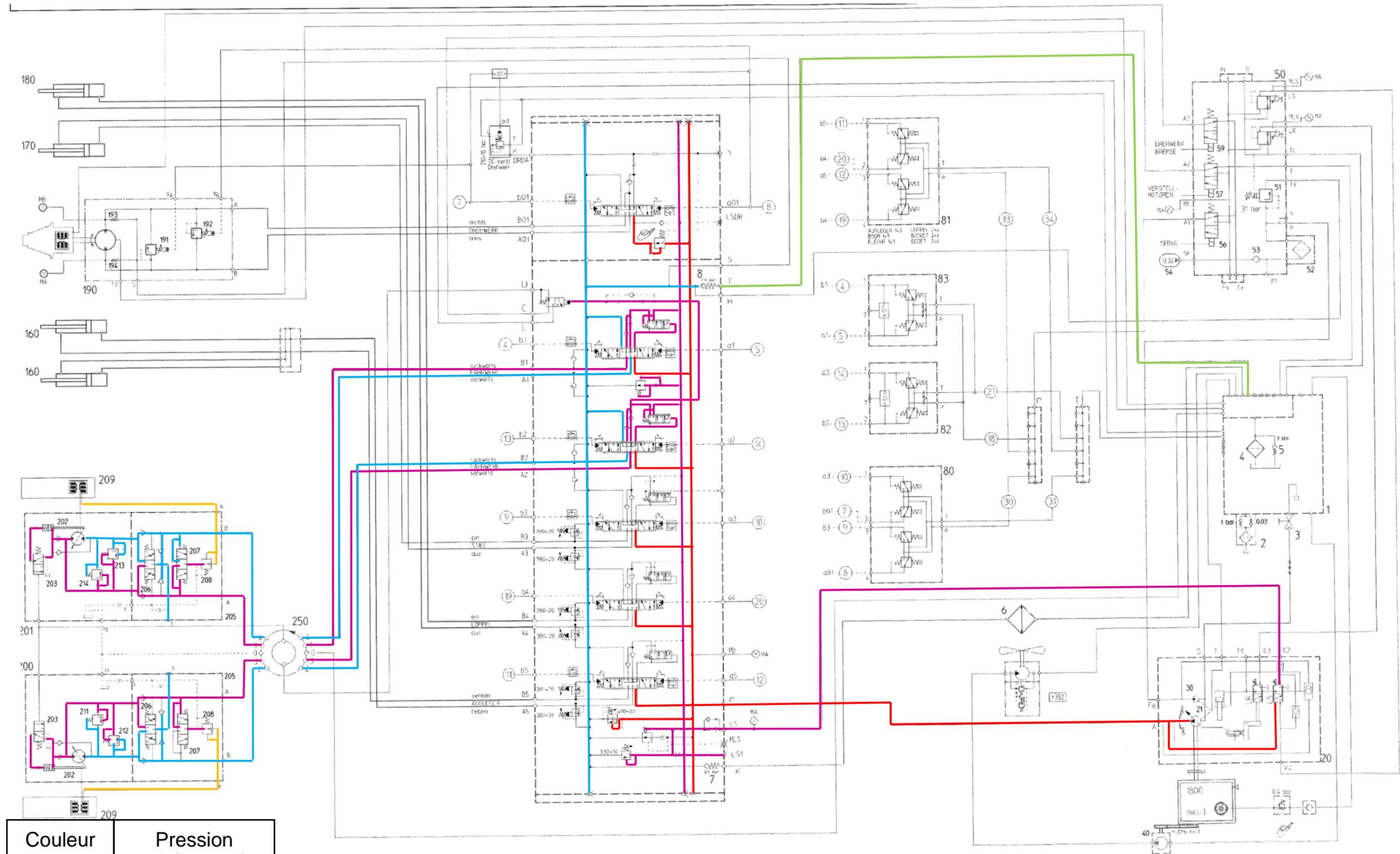
<b>BTS MAVETPM</b>		<b>Session 2018</b>
<b>Modélisation et étude prédictive des systèmes</b>	<b>Code : MME4ME</b>	<b>Page : 7/9</b>

**Question 30** : en vous référant aux documents techniques **page 9 à 12**, aux valeurs de tarage des composants indiquées sur le document réponse DR1 et la situation de travail énoncée ci-dessus représenter sur le DR1 :

- les pressions qui règnent dans les différentes conduites du circuit d'équipement en surlignant les conduites (une couleur = une pression). Indiquer la légende des couleurs utilisées.
- les débits qui circulent dans les conduites en indiquant leurs valeurs aux points caractéristiques.

<b>BTS MAVETPM</b>		<b>Session 2018</b>
<b>Modélisation et étude prédictive des systèmes</b>	<b>Code : MME4ME</b>	<b>Page : 8/9</b>

DR1 – DOCUMENT-RÉPONSE (à rendre avec la copie)



Couleur	Pression
— (Red)	140 b (120 + 20)
— (Magenta)	120 b
— (Yellow)	30 b
— (Blue)	7 b
— (Green)	<= 3 b