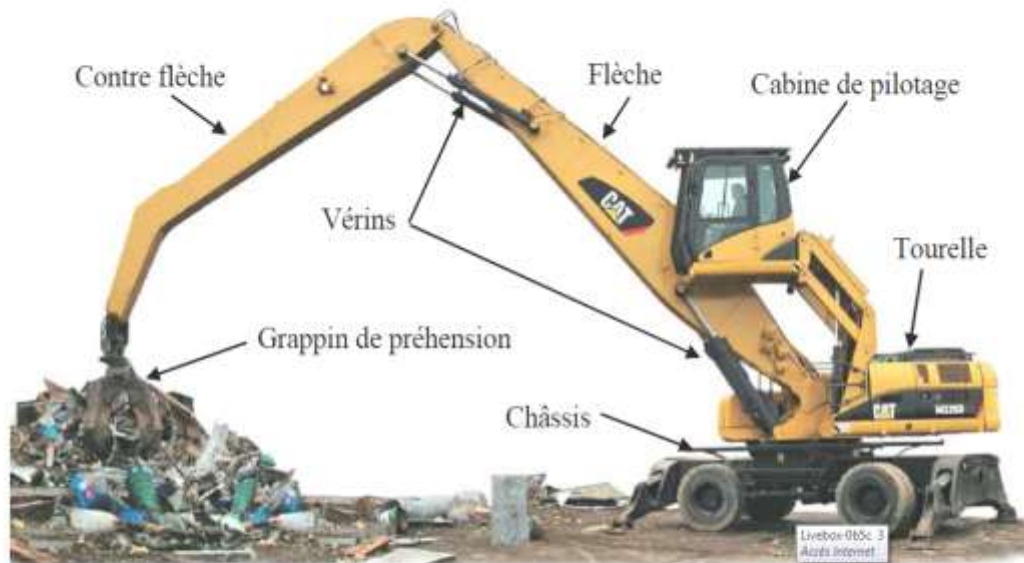


ENGIN DE CHANTIER

Problématique *Quelle doit être la pression hydraulique dans le vérin 3 pour soulever une charge de 10 t ?*

Contexte

Les sociétés Caterpillar, Liebherr ou John Deere conçoivent, fabriquent et commercialisent plusieurs engins de chantier dont notamment différents modèles de pelles mécaniques. Le sujet a pour thème l'étude d'une pelle mécanique sur pneus utilisée pour la manutention de ferrailles.

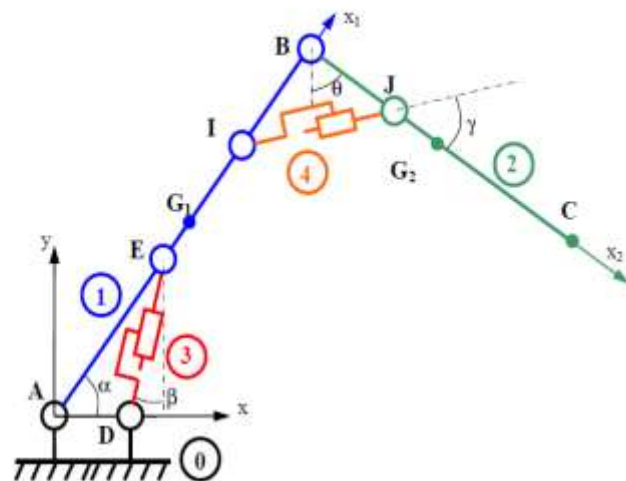


La pelle mécanique étudiée et présentée est principalement constituée d'un châssis et d'une tourelle :

- Le châssis est équipé de 4 pneumatiques ainsi que de 4 stabilisateurs rétractables.
- La tourelle est positionnée au dessus du châssis et porte le moteur, les organes hydrauliques, le poste de conduite ainsi que le bras de manipulation constitué d'une flèche, d'une contre flèche et d'un grappin. La tourelle est montée en liaison pivot par rapport au châssis de telle sorte qu'elle puisse faire une rotation continue de 360° par rapport au châssis.

L'engin étudié est la version 36 tonnes mais les plus gros modèles de pelles mécaniques peuvent peser jusqu'à 100 tonnes.

La flèche 1 est en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) par rapport à la tourelle 0, considéré comme fixe pour cette étude. La contre flèche 2 est en liaison pivot d'axe (B, \vec{z}) par rapport à la flèche 1. La flèche 1 et la contre flèche 2 sont actionnées respectivement par les vérins sans masse 3 et 4. Ces vérins sont en liaisons pivot, d'axe \vec{z} , aux points D, E, I et J. Au point C, on retrouve l'attache du grappin de manipulation.



Pour ce modèle on considère que :

- toutes les liaisons sont parfaites
- la pesanteur est définie telle que $\vec{g} = -g \vec{y}$, $g = 10\text{m/s}^2$
- la flèche 1 est de masse m_1 et a pour centre de gravité G_1
- la contre flèche 2 est de masse m_2 et a pour de centre de gravité G_2
- la contre flèche supporte une charge verticale \vec{F} , due à la manutention de ferrailles, au point C telle que $\vec{F} = -F \vec{y}$
- les pressions de l'huile dans les chambres des vérins sont telles que le système reste à l'équilibre
- la masse des vérins 3 et 4 est négligeable devant les autres masses

ENGIN DE CHANTIER

Données :

$$AB = l_1 = 9\text{m}$$

$$AG_1 = l_1/2 = 4.5\text{m}$$

$$BC = l_2 = 6\text{m}$$

$$BG_2 = l_2/2 = 3\text{m}$$

$$BJ = a = 2\text{m}$$

$$AD = d = 1.5\text{m}$$

$$m_1 = 4000\text{ Kg}$$

$$m_2 = 1500\text{ Kg}$$

$$\alpha = \theta = 55^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\gamma = 45^\circ$$

$$F = 10\,000\text{ N}$$

Questions

Q.1. Effectuer le graphe de structure du système puis y ajouter les actions mécaniques extérieures pour construire le graphe d'analyse.

$$\text{On pose } \{F_{0 \rightarrow 3}\}_D = \begin{bmatrix} X_{03} \\ Y_{03} \\ Z_{03} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{03} \\ M_{03} \\ 0 \end{bmatrix}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})} \quad \text{avec } \overrightarrow{R_{0/3}} = X_{03} \bar{x} + Y_{03} \bar{y} + Z_{03} \bar{z}. \quad \text{On pose } \|\overrightarrow{R_{0/3}}\| = R_{03}.$$

Q.2. Isoler le vérin 3 (considéré comme un solide de masse négligeable) et effectuer le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (BAME) sur ce vérin.

Q.3. Quelle est la direction de l'effort de réaction $\overrightarrow{R_{0/3}}$ du bâti 0 sur le solide 3 ? Déterminer la relation liant R_{03} , X_{03} , et β ainsi que celle liant R_{03} , Y_{03} , et β . En déduire la forme simplifiée du torseur d'action mécanique transmissible $\{F_{0 \rightarrow 3}\}$ en fonction de R_{03} et β .

Q.4. On souhaite maintenant déterminer l'expression littérale de R_{03} en fonction de F , m_1 , m_2 , g , l_1 , l_2 , d , α , θ et β . On isole pour cela l'ensemble $E=1+2+3+4$ et on applique le Principe fondamental de la Statique au point A. Justifier ce choix d'isolement ainsi que ce choix de point d'application du PFS. Déterminer l'expression littérale de R_{03} .

Q.5. Faire l'application numérique pour R_{03} .

Q.6. Pour une section de piston $S = 2500 \pi \text{ mm}^2$, déterminer la pression p_3 en Pascal, puis en bars dans la chambre du vérin 3 nécessaire pour maintenir l'ensemble E à l'équilibre. On rappelle que $1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$ et que $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

Q.7. Conclure vis-à-vis du cahier des charges.

$$\text{On pose } \{F_{2 \rightarrow 4}\}_J = \begin{bmatrix} X_{24} \\ Y_{24} \\ Z_{24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{24} \\ M_{24} \\ 0 \end{bmatrix}_{(\bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z})} \quad \text{avec } \overrightarrow{R_{2/4}} = X_{24} \bar{x}_2 + Y_{24} \bar{y}_2 + Z_{24} \bar{z} \quad \text{et } \|\overrightarrow{R_{2/4}}\| = R_{24}.$$

Q.8. Isoler le vérin 4 (corps + tige) et effectuer le BAME sur ce vérin. Quelle est la direction de l'effort de réaction $\overrightarrow{R_{2/4}}$ de la contre flèche 2 sur le vérin 4 ? Déterminer la relation liant R_{24} , X_{24} et γ ainsi que celle liant R_{24} , Y_{24} et γ . En déduire la forme simplifiée de $\{F_{2 \rightarrow 4}\}$ en fonction de R_{24} et γ .

Q.9. On souhaite maintenant déterminer l'expression de R_{42} ($R_{42} = -R_{24}$). Pour ce calcul de R_{42} , choisir le sous ensemble adéquat à isoler (le définir clairement) et définir le point d'application du PFS. Une seule équation scalaire du PFS est utile, identifier et définir clairement cette équation.

Q.10. Déterminer l'expression littérale de R_{42} en fonction de F , a , m_2 , g , l_2 , θ et γ .

Q.11. Faire l'application numérique pour R_{42} .

Q.12. Pour une section de piston $S = 2500 \pi \text{ mm}^2$, déterminer la pression p_4 en Pascal, puis en bars dans la chambre du vérin 4 nécessaire pour maintenir la contre flèche 2 à l'équilibre.

Q.13. Conclure vis-à-vis du cahier des charges.