

1 MISE EN CONTEXTE

Dans le secteur des travaux publics, les camions équipés de benne peuvent être utilisés pour transporter des produits sous forme de granulats (gravier, sable, terre, ...). Pour faciliter le déchargement de ce type de matériaux, il est indispensable de basculer la benne. Un système de levage doit donc être installé. De par sa grande puissance massique, l'énergie hydraulique est très souvent utilisée sur ce genre d'engins de chantier.

Le diagramme de contexte de la Figure 1 situe le système de levage de benne dans son environnement.

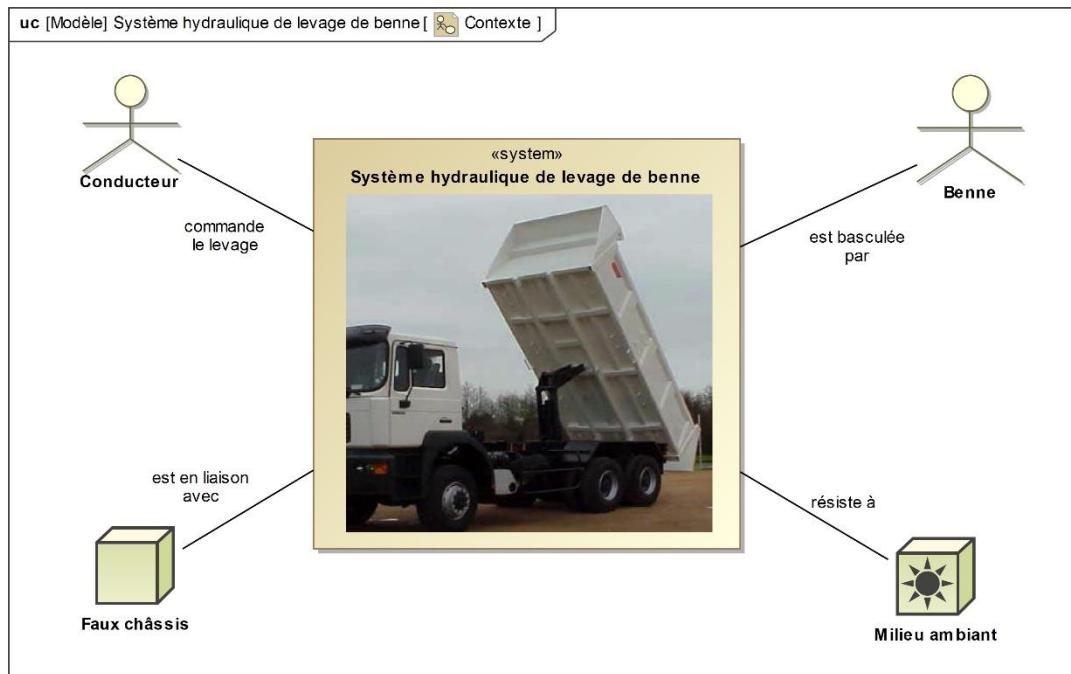


Figure 1 - Diagramme de contexte du système hydraulique de levage de benne.

Le cahier des charges partiel du système de levage de benne est proposé sous la forme d'un diagramme d'exigences (Figure 2).

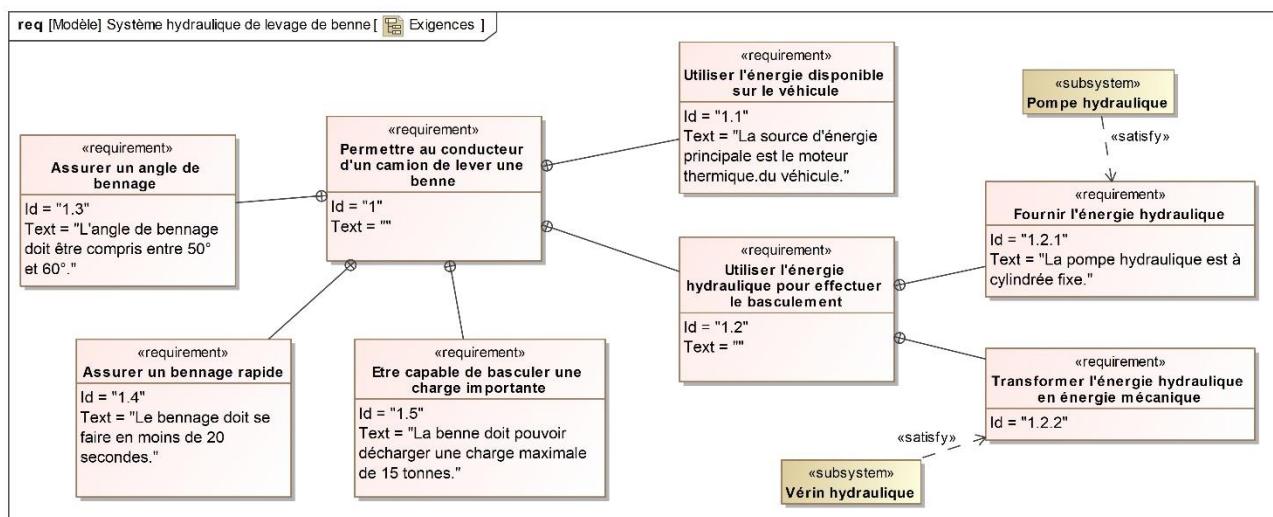


Figure 2 - Diagramme d'exigences partiel du système hydraulique de levage de benne.

Les différents éléments du système de levage sont organisés comme indiqué sur le diagramme de définition de blocs de la Figure 3.

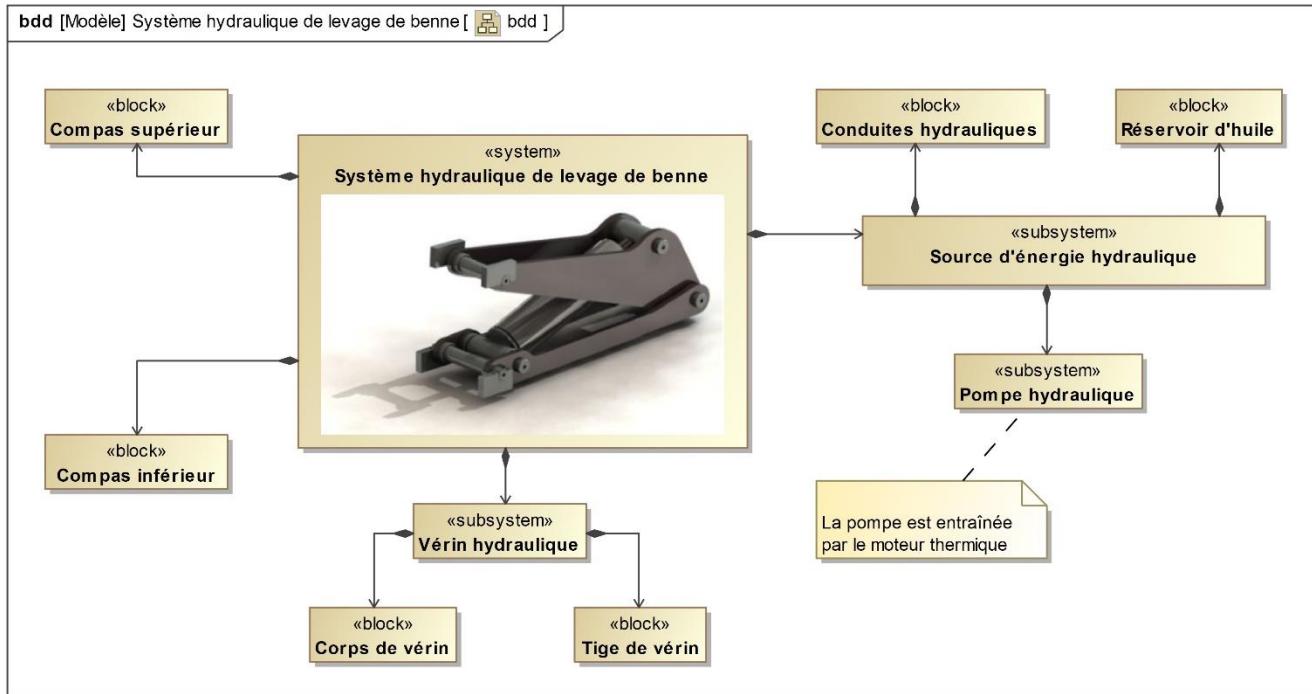


Figure 3 - Diagramme de définition de blocs du système de levage.

La Figure 4 montre la maquette 3D du système de levage (système hydraulique non compris).

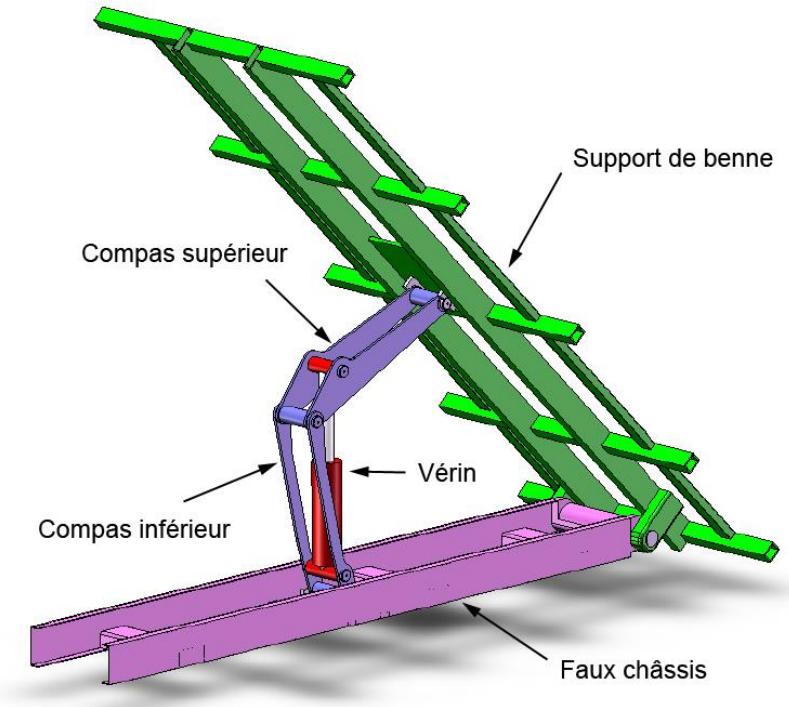


Figure 4 - Maquette 3D du système de levage.

Une pompe hydraulique à pistons axiaux, commercialisée par la société HYDROLEDUC, alimente le vérin (voir Figure 5). La pompe est elle-même entraînée par le moteur thermique du camion par l'intermédiaire de la boîte de vitesses.



Figure 5 - Photo de la pompe hydraulique HYDROLEDUC

Le dessin d'ensemble de la pompe est donné Figure 6.

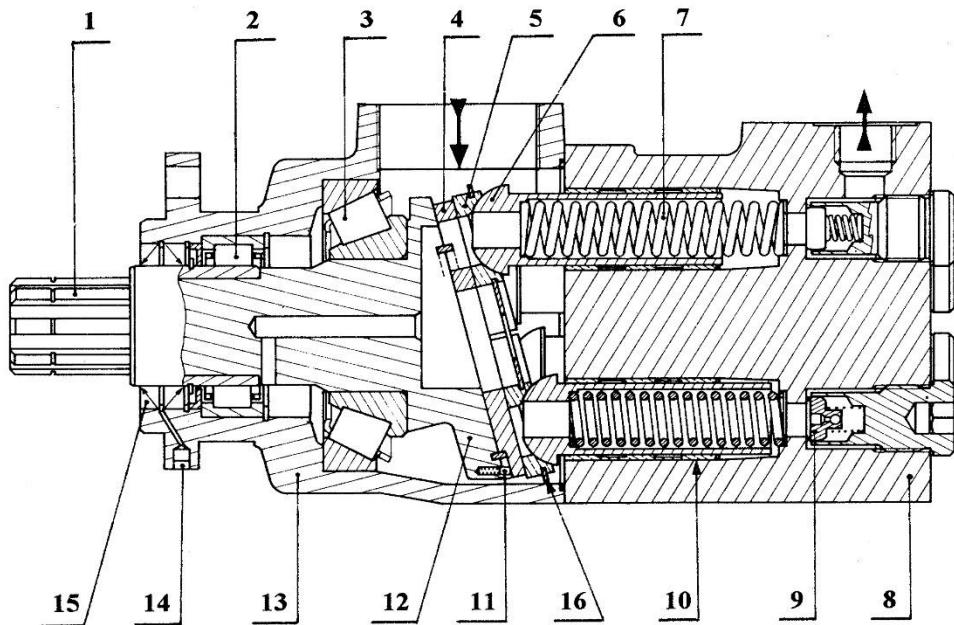


Figure 6 - Dessin d'ensemble de la pompe hydraulique à pistons axiaux.

Le plateau incliné de l'arbre **1** provoque le déplacement en translation rectiligne alternative des cinq pistons **6** par rapport au carter. Un patin **5** est placé entre le plateau incliné et chaque piston **6**. Chaque patin **5** possède une face plane en appui avec le plateau incliné et une surface sphérique concave permettant de recevoir la tête sphérique de chaque piston **6**. Les ressorts **7** assurent le contact permanent des patins **5** avec le plateau incliné de l'arbre **1**.

La translation alternative des pistons provoque l'aspiration puis le refoulement de l'huile. L'aspiration se fait par un orifice usiné dans le carter. Le refoulement se fait par un autre orifice situé à l'arrière du carter. Des clapets de refoulement **9** sont prévus pour chaque piston.

Le débit de la pompe permet de transférer de l'huile vers le vérin dont la tige peut alors de déplacer.

L'arbre **1** est guidé dans le carter par deux roulements : un roulement à rouleaux cylindriques **2** et un roulement à rouleaux coniques **3**.

Le modèle cinématique retenu pour la pompe hydraulique est celui de la Figure 7. Il ne considère qu'un seul piston.

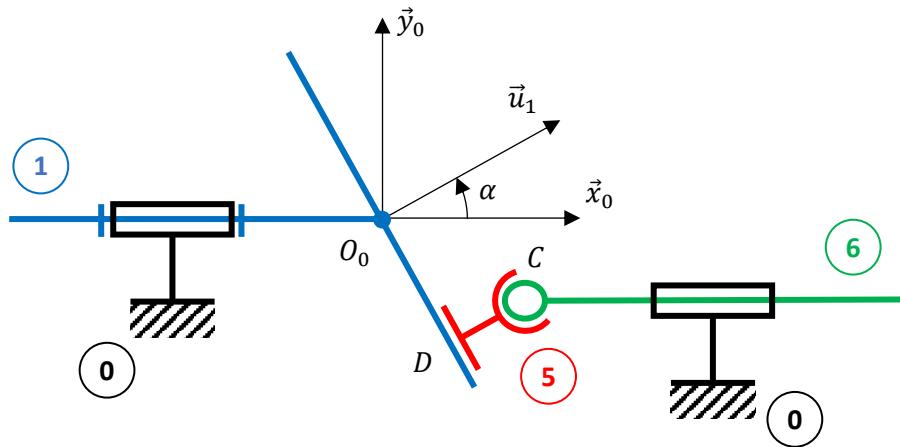


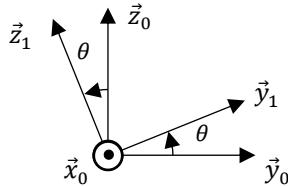
Figure 7 - Modèle cinématique pour $\theta = 0^\circ$

Les repères suivants sont définis :

- Repère lié au bâti **0** : $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$;
- Repères liés à l'arbre à plateau incliné **1** : $R_1(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ et $R_1'(O_0, \vec{u}_1, \vec{v}_1, \vec{z}_1)$;
- Repère lié à **5** : $R_5(D, \vec{u}_1, \vec{v}_1, \vec{z}_1)$;
- Repère lié à **6** : $R_6(C, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

Le paramétrage des variables est le suivant :

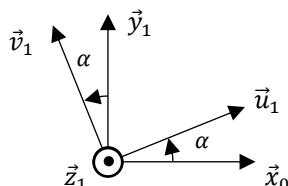
- Position angulaire de **1** par rapport à **0** : $\theta(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$;



- Position linéaire de **5** par rapport à **1** : $\mu(t)$ et $\rho(t)$ avec $\overrightarrow{O_0 D} = \mu(t) \cdot \vec{v}_1 + \rho(t) \cdot \vec{z}_1$;
- Position linéaire de **6** par rapport à **0** : $\lambda(t)$ avec $\overrightarrow{O_0 C} = -R \cdot \vec{y}_0 + \lambda(t) \cdot \vec{x}_0$;

Les paramètres purement géométriques et les valeurs numériques utiles sont :

- Position angulaire du repère R_1' par rapport au repère à R_1 : $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{u}_1) = (\vec{y}_1, \vec{v}_1)$ avec $\alpha = cte = 15^\circ$;



- $\overrightarrow{DC} = h \cdot \vec{u}_1$;
- $R = 30 \text{ mm}$; $h = 18 \text{ mm}$;

2 OBJECTIFS

Afin de valider l'exigence 1.4 « Assurer un bennage rapide », il est nécessaire de déterminer le débit instantané de la pompe. Il faut donc trouver la relation liant la vitesse de déplacement d'un piston : $\dot{\lambda}(t)$ et la vitesse angulaire du plateau incliné de l'arbre 3 : $\dot{\theta}(t)$.

Dans un premier temps, la position instantanée du piston est recherchée. Elle permettra d'obtenir la vitesse instantanée par dérivation temporelle.

3 POSITION INSTANTANEE DU PISTON

- 3.1 Tracer le graphe de liaisons correspondant au modèle cinématique retenu.
- 3.2 Tracer le graphe de paramétrage correspondant au graphe de liaisons précédent.
- 3.3 Traduire la fermeture géométrique : $\overrightarrow{O_0D} + \overrightarrow{DC} + \overrightarrow{CO_0} = \vec{0}$.
- 3.4 Projeter la relation obtenue précédemment dans la base $(\vec{u}_1, \vec{v}_1, \vec{z}_1)$.
- 3.5 En déduire l'expression de la position instantanée du piston 6 par rapport au bâti 0 : $\lambda(t)$.

La cylindrée Cyl d'une pompe est définie comme le volume de fluide refoulé pour un tour de l'arbre d'entrée.

La course d'un piston est définie comme la distance parcourue par le piston pour un tour de l'arbre d'entrée.

Si la pompe possède n pistons de section S (diamètre $d = 28 mm$), la cylindrée totale est donc :

$$Cyl = n \cdot Cyl_{piston} = n \cdot S \cdot Course = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot Course$$

- 3.6 Exprimer la course d'un piston à l'aide de $\lambda(t)$.
- 3.7 Calculer la cylindrée Cyl dans le cas d'une pompe à 5 pistons.

Le constructeur de la pompe (société HYDROLEDUC) fournit la documentation suivante :

Type de pompe	Cylindrée (cm ³ /tr)		A	B	C	D	E	F	G	J	K	Masse (kg)	Couple de renversement (N.m)	Vitesse maxi (tr/min)	Couple maxi absorbé à 400 bar ⁽¹⁾ (N.m)
	a	b													
► Simple débit															
PA 25	0511510	25	-	261	102	126	47	78	64	107	G 1 1/2"	G 3/4"	15	17	2200
PA 32	0511515	34	-	261	102	126	47	78	64	107	G 1 1/2"	G 3/4"	15	17	2000
PA 40	0511520	43	-	261	102	126	47	78	64	107	G 1 1/2"	G 3/4"	15	17	1750
PA 50	0511525	50	-	261	102	126	47	78	64	107	G 1 1/2"	G 3/4"	15	17	1650
PA 100	0511565	104	-	290	123	138,8	69	90	69	124	G 2"	G 3/4"	23,5	31,5	1400
PA 114	0511570	114	-	290	123	138,8	69	90	69	124	G 2"	G 3/4"	23,5	31,5	1350

- 3.8 Quelle est la référence de la pompe montée sur le camion ?

Le débit volumique moyen $Q_{v\ moy}$ d'une pompe dont l'arbre d'entrée tourne à la vitesse de rotation N est défini comme le volume de fluide refoulé par unité de temps :

$$Q_{v\ moy} = Cyl \cdot N$$

- 3.9 Calculer le débit volumique moyen $Q_{v\ moy}$ de la pompe si $N = 1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.