

## 1. Mise en situation

La société SAS HHO (Hydrogène Hydraulique Optimisation) située à Saint Hilaire des Bois dans le département de la Charente Maritime est spécialisée dans la création, la fabrication et la vente d'engins de chantier de petites tailles.

### Gamme de produits réalisés :

#### Mini pelle Phoenix 400



#### Accessoires

Châssis voie variable



Débroussailluse

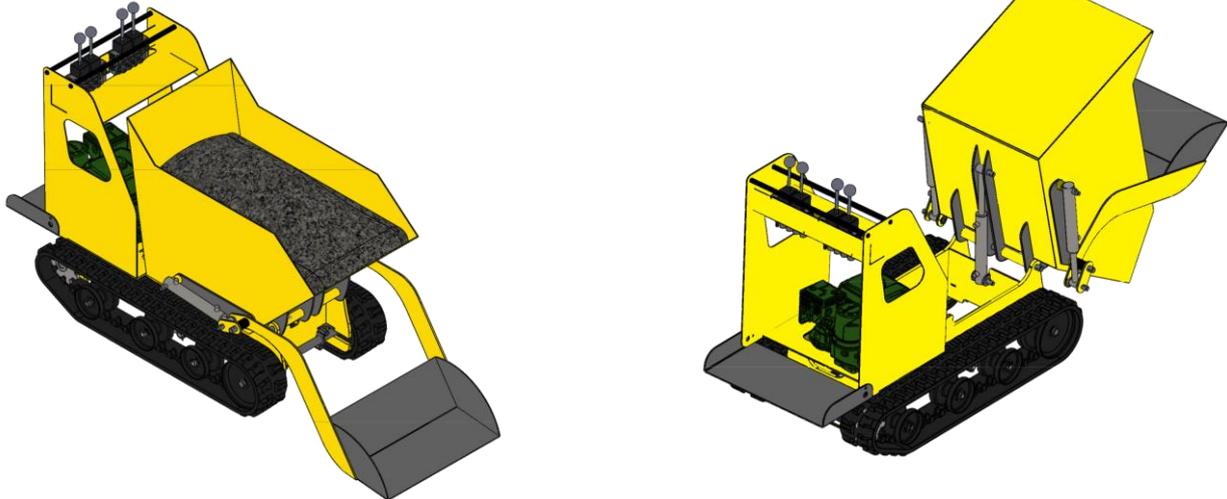


Bras télescopique

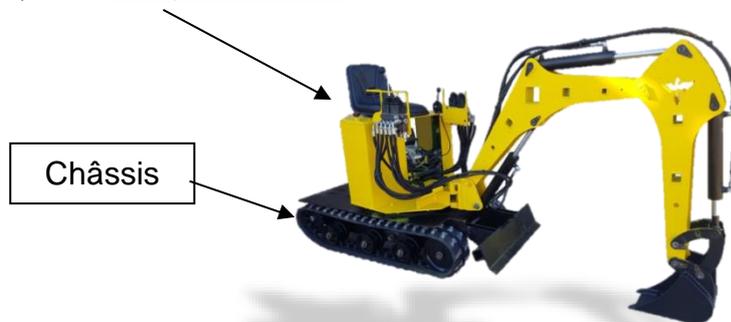


## 2. Problématique

Pour élargir sa gamme de produits, l'entreprise SAS HHO a décidé de concevoir un DUMPER. Le DUMPER est une « brouette » motorisée qui sert sur les chantiers à déplacer des gravats.



Le DUMPER devra s'adapter sur le châssis et sur les éléments (Moteur et pompe hydraulique, moteur thermique...) de la mini pelle Phoenix.



Le Dumper à chenilles permet de déplacer une charge utile de 750 kg et de vider son contenu de façon hydraulique.  
Sa benne de 400 litres peut transporter du béton, du sable, de la terre ou des gravats.

Le bureau d'études a donc mené une phase d'écriture du cahier des charges et d'avant-projet afin de valider une solution structurelle et adopter un design

La phase d'avant projet ayant déjà été menée, et pour répondre au cahier des charges, il vous est demandé de dimensionner tous les éléments standards tels que :

- vérins hydrauliques de basculement cuve et de levage du chargeur ;
- les éléments de structure (Øaxe, section de tôle pour les bras...) ;
- moteurs hydrauliques ...

Le dossier de travail vous guidera dans vos démarches

## 3. Caractéristiques Techniques extraites du Cahier des Charges

### Descriptif technique

- Masse à vide : 800 kg
- Hauteur totale : 1244 mm
- Largeur totale (avec les chenilles) : 810 mm
- Longueur totale (sans godet) : 1946 mm
- Longueur totale (avec le godet chargeur) : 2442 mm
- Volume de la benne : 400 L - Charge utile : 750 kg
- Angle de basculement de la benne : 70°
- Vitesse de déplacement du Dumper: 2,6 km/h

### Système hydraulique

- Moteur hydraulique : À déterminer
- Pression de fonctionnement : 150 bars
- Débit pompe hydraulique: 34 l/min avec double sortie régime moteur de 3000 tr/min.

## 4. Formulaire

### CISAILLEMENT

$$\text{Contrainte } \tau = \frac{T}{S} \quad (\text{MPa})$$

T : Effort tranchant (N)

S : Section totale cisailée (mm<sup>2</sup>)

Re : Limite d'élasticité (MPa)

Reg : Limite élastique au glissement (MPa)

Rpg : Résistance pratique au glissement (MPa)

$$\text{Reg} = \text{Re} \times 0,5$$

$$\text{Rpg} = \text{Reg}/s$$

s : coefficient de sécurité

Condition de résistance :

$$\tau \leq \text{Rpg}$$

### TRACTION / COMPRESSION

$$\text{Contrainte normale } \sigma_N = \frac{N}{S} \quad (\text{MPa})$$

N : Effort normal (N)

S : Section (mm<sup>2</sup>)

Contrainte Maxi :  $\sigma_{\text{Max}} = k \times \sigma_N$

k : Coefficient de concentration de contraintes

Re : Limite d'élasticité (MPa)

Rpe : Limite pratique d'élasticité (MPa)

$$\text{Rpe} = \text{Re}/s$$

s : coefficient de sécurité

Condition de résistance :

$$\sigma_N \leq \text{Rpe}$$

$$\sigma_{\text{Max}} \leq \text{Rpe}$$

### CALCUL DU DÉBIT

$$Q = \text{Cyl} \times N$$

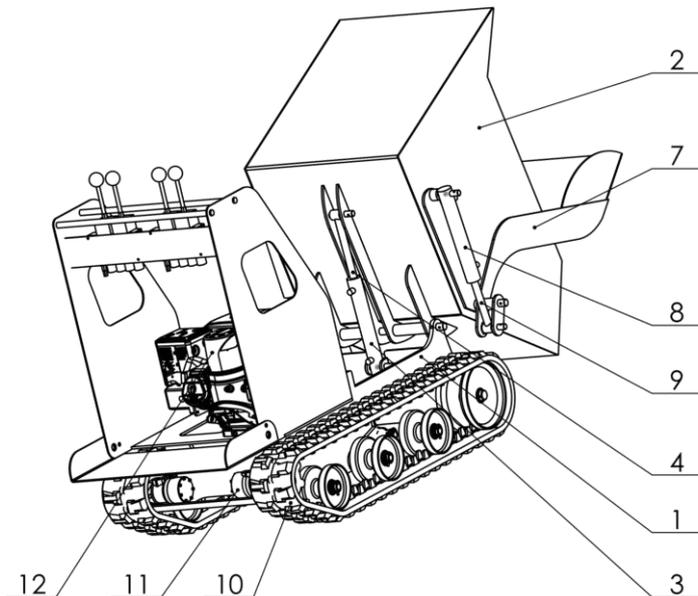
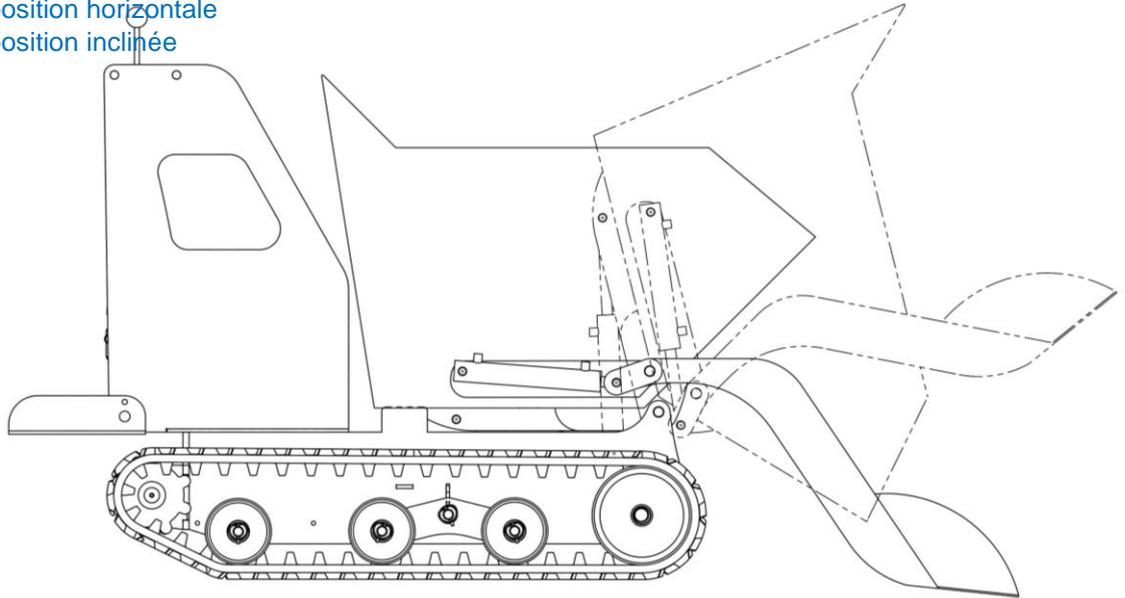
Q : Débit (l/min)

Cyl : Cylindrée (l/tr)

N : Fréquence de rotation (tr/min)

**DUMPER** représenté dans 2 positions :

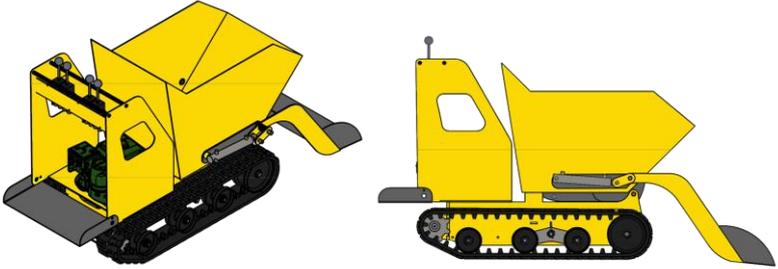
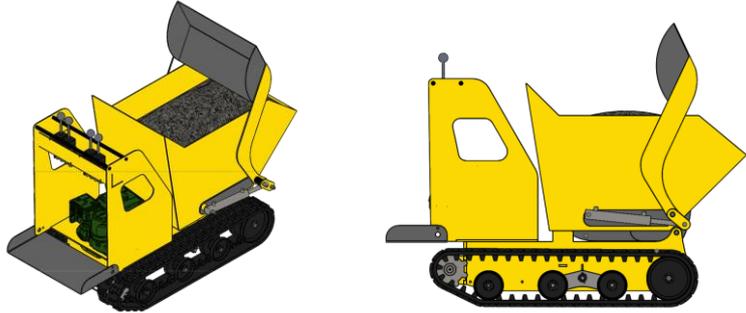
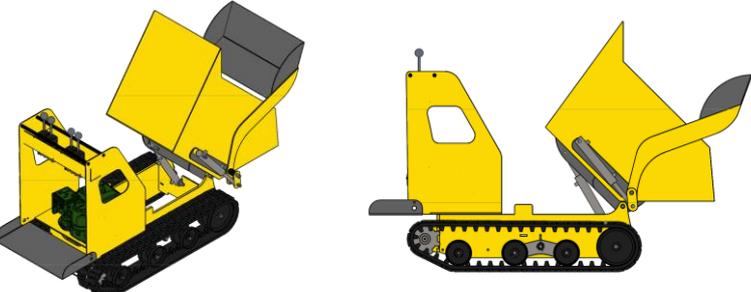
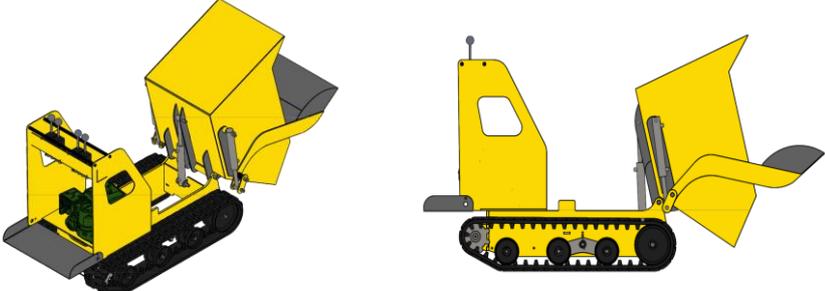
- Cuve en position horizontale
- Cuve en position inclinée



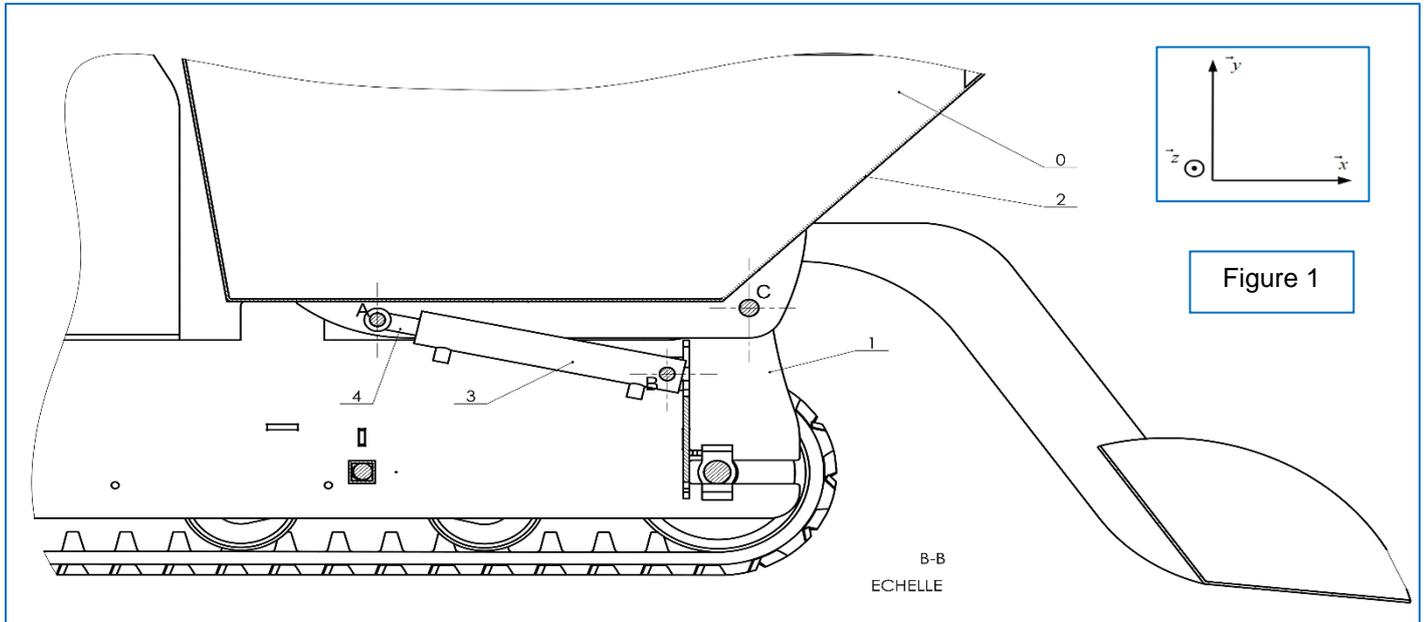
**Pièces 5 et 6 non représentées**

12	1	Moteur thermique	EXCALIBUR
11	2	Moteur hydraulique chenilles	CONTARINI
10	2	Chenilles	
9	2	Tige de vérin du chargeur	CONTARINI
8	2	Corps de vérin du chargeur	CONTARINI
7	1	Chargeur	
6	1	Axe de vérin de basculement	
5	1	Butée axe de vérin de basculement	
4	1	Tige de vérin de basculement	CONTARINI
3	1	Corps de vérin de basculement	CONTARINI
2	1	Cuve	
1	1	Châssis	
0	1	Charge (sable, gravier, ...) Non représenté	Commerce
Rep.	Qté	Désignation	Observation

## Différentes étapes d'utilisation du DUMPER (basculement de la cuve et du chargeur)

<p>Cuve horizontale et chargeur en position basse</p>	
<p>« Cuve pleine »</p> <p>Cuve horizontale et chargeur en position haute</p>	
<p>« Cuvée en cours de déchargement »</p> <p>Cuve en position intermédiaire et chargeur en position haute</p>	
<p>« Cuve vide »</p> <p>Cuve en position inclinée et chargeur en position haute</p>	

**5. Déterminer les caractéristiques du vérin hydraulique de basculement de la cuve**



Q1. Sachant que dans la réalité la distance BA mesure 390 mm, déterminer l'échelle de la figure 1, ci-dessus.

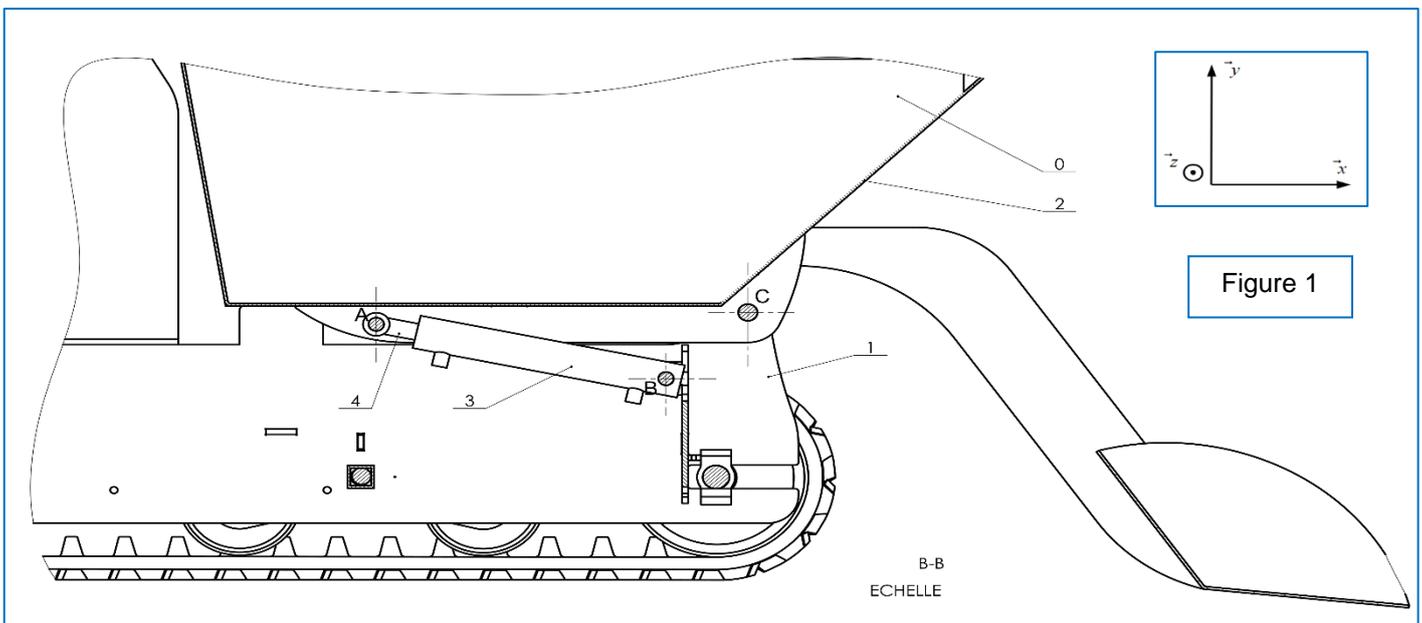
Q2. **Compléter** le tableau ci-dessous, en indiquant la nature du mouvement, le centre ou l'axe entre les pièces du système.

Mouvements	Nature du mouvement	Centre	Axe
Mvt <sub>2/1</sub>			
Mvt <sub>3/4</sub>			
Mvt <sub>(3 + 4)/1</sub>			

Q3. **Compléter** le tableau ci-dessous, en indiquant les caractéristiques de chaque trajectoire. Tracer chacune des trajectoires sur la figure 1.

Trajectoires	Éléments géométrique associé à la trajectoire (Ligne rectiligne, Arc de cercle,...)
$T_{A \in 4/3}$	
$T_{A \in 2/1}$	
$T_{A \in (3+4)/1}$	

- Q4. Sur la figure 1, placer le point A' qui correspond à la position du point A quand la cuve est inclinée de  $70^\circ$  par rapport à la droite (CA).
- Q5. Après avoir mesurée la distance BA' sur la figure 1, déterminer la distance BA' réelle en utilisant l'échelle du dessin déterminée à la question 1.
- Q6. Calculer la course utile du vérin grâce aux résultats précédents.



- Q7. **Calculer** le poids total de l'ensemble (cuve rep.2 + charge rep.0), on prendra  $g = 9,81\text{m/s}^2$ .
- masse cuve rep.2 = 100 kg
  - masse charge rep.0 = 750 kg

	Masse (Kg)	Poids (N)
Cuve rep.2	$m_2 = \dots\dots\dots$	$P_2 = \dots\dots\dots$
Charge rep.0	$m_0 = \dots\dots\dots$	$P_0 = \dots\dots\dots$
	<b>Poids TOTAL</b>	$P = \dots\dots\dots$

Q8. **Isoler** le vérin rep.(3 + 4) et **faire** le bilan des actions mécaniques en complétant le tableau.

Action Mécaniques	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N
$\vec{B}_{1/3}$				
$\vec{A}_{2/4}$				

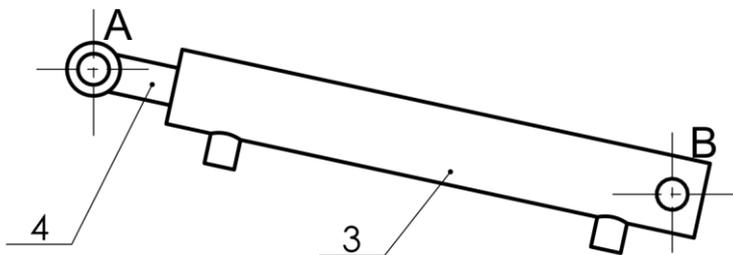


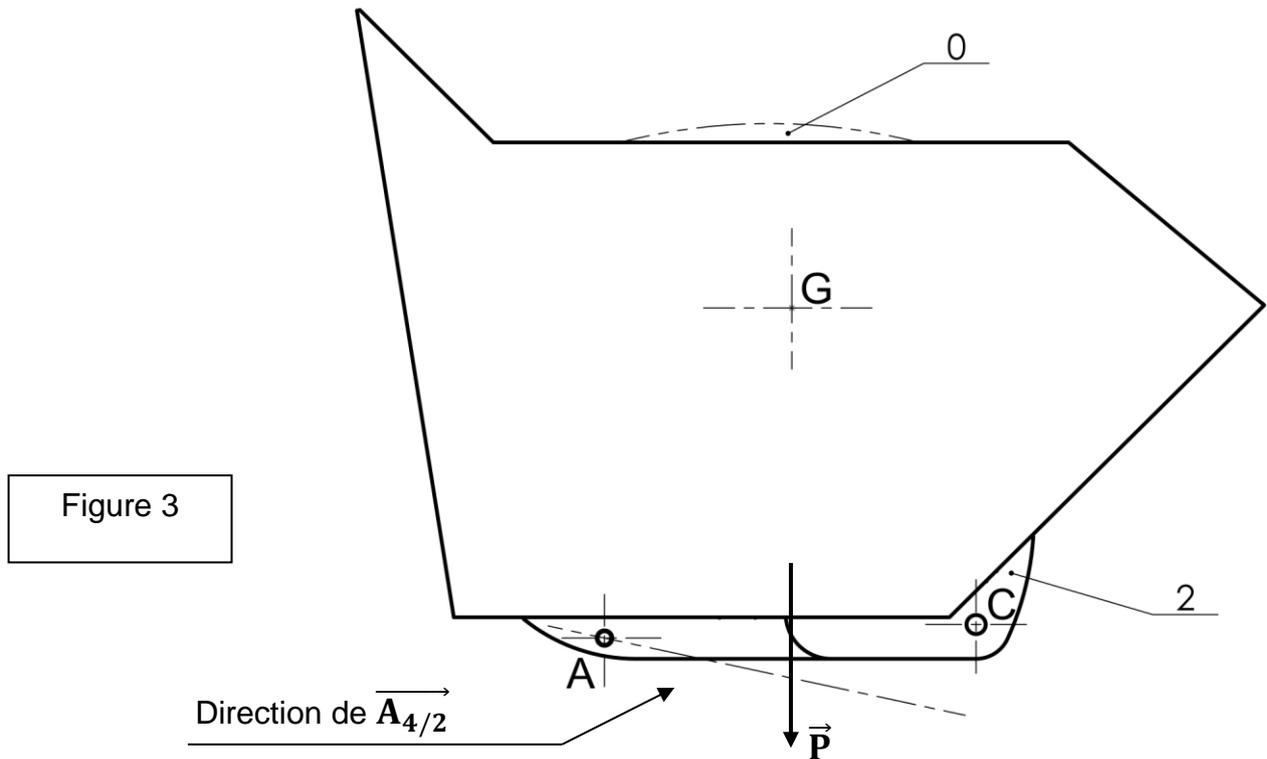
Figure 2

Q9. **Appliquer** le Principe Fondamental de la Statique sur le vérin (3 + 4).

Q10. **Déterminer** la (ou les) direction(s) des forces  $\vec{B}_{1/3}$  et  $\vec{A}_{2/4}$ .

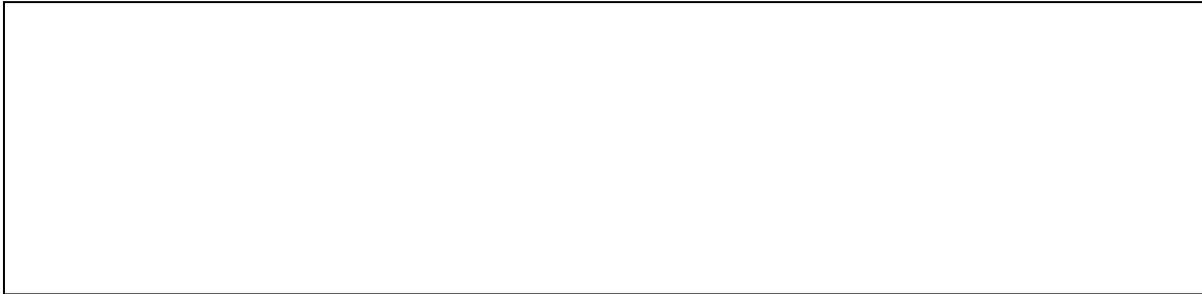
Q11. **Tracer** la (ou les) direction(s) des forces  $\vec{B}_{1/3}$  et  $\vec{A}_{2/4}$ , sur la figure 2.

Q12. **Isoler** la cuve rep.2+ charge rep.0 et **faire** le bilan des actions mécaniques en complétant le tableau ci-dessous.

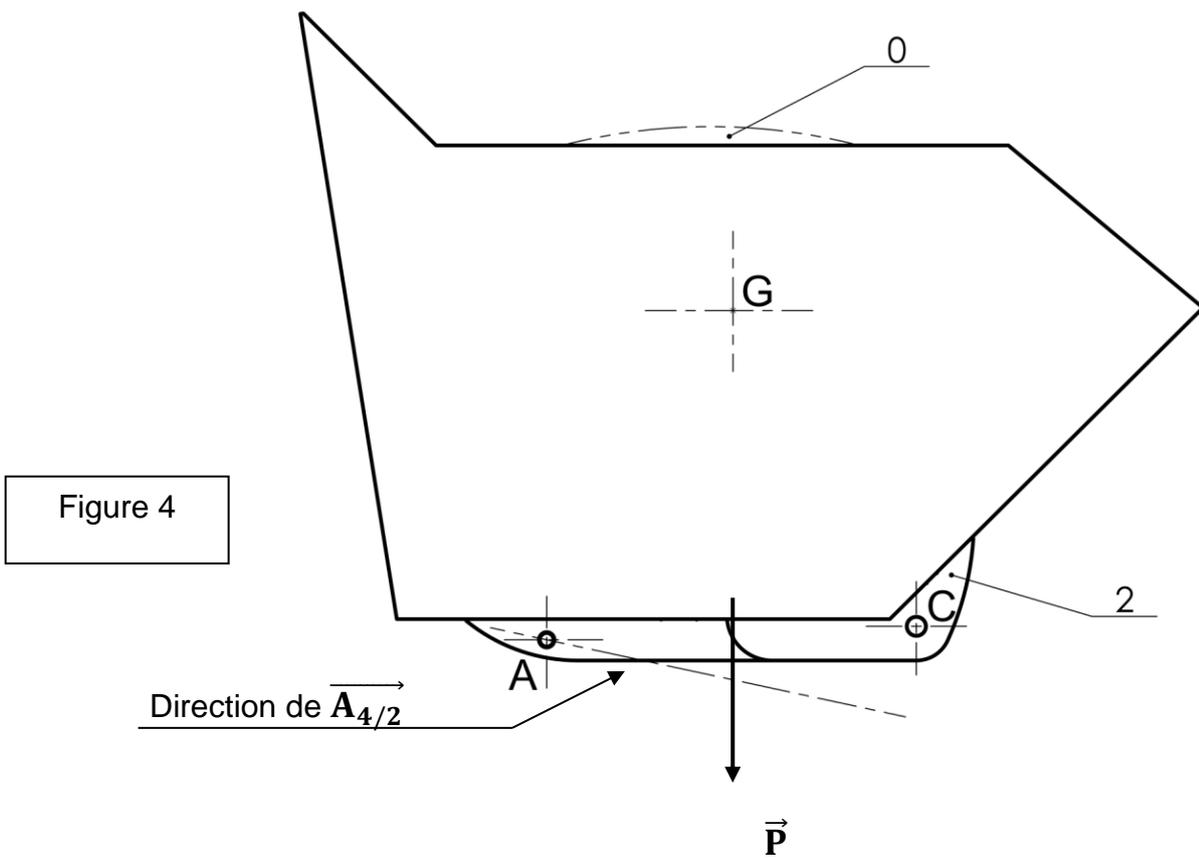


Action Mécaniques	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N
$\vec{P}$	G	verticale	↓	8500 N

Q13. **Appliquer** le Principe Fondamental de la Statique sur la cuve rep.2 + charge rep.0. Détaillez la méthode de résolution graphique ci-dessous :



Q14. Tracer la direction de la force  $\vec{C}_{1/2}$  sur la figure 4.



Q15. Déterminer graphiquement  $\vec{A}_{4/2}$  et  $\vec{C}_{1/2}$ . (Échelle des forces 1 cm représentera 2 000 N)

$\ \vec{A}_{4/2}\  = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ N}$
$\ \vec{C}_{1/2}\  = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ N}$

Après avoir réalisé l'étude de la tige de vérin rep. 4, pour la suite de l'étude, on prendra la valeur suivante :

L'intensité de la force  $\vec{H}_{Huile/4}$  est :  $\|\vec{H}_{Huile/4}\| = 17500 \text{ N}$

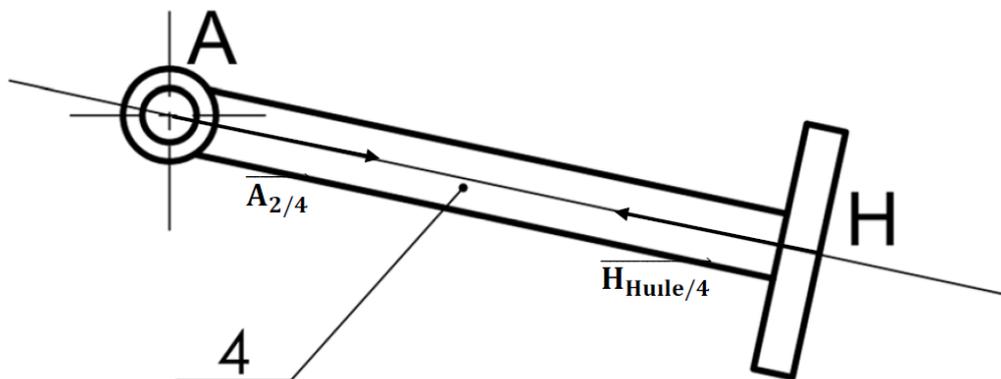


Figure 5

Q16. **Calculer** le diamètre minimal du piston du vérin rep.(3 +4).  
On prendra comme pression hydraulique :  $p = 150 \text{ bars}$ .

- **Calculer** le diamètre minimal du piston du vérin rep.(3 + 4).

**Diamètre  
minimal du  
piston**

Q17. **Compléter** les caractéristiques du vérin de basculement de la cuve, trouvées aux questions précédentes.

Distance réelle tige rentrée	<b>BA</b> = .....
Distance réelle tige sortie	<b>BA'</b> = .....
Course utile du vérin	<b>C</b> = .....
Diamètre minimal du piston	<b>Ø Piston minimal</b> = .....

Q18. **Choisir** le vérin hydraulique du basculement de la cuve. En fonction des résultats trouvés précédemment et des caractéristiques du vérin hydraulique, **compléter** le tableau ci-dessous, en prenant les caractéristiques les plus proches.

HFR2S														VERIN DOUBLE EFFET DOUBLE ACTING CYLINDER CILINDRO DE DOBLE EFECTO													
														M250													
Code Code Código	K	Z	kg	E BSP	L	L1	CM	ØP	ØH	V	ØT	Code A	Code B	Code Code Código	K	Z	kg										
<b>ØD 35 ØAL 25 ØS 16</b>																											
HFR0160050	50	160	1,00	1/4"	33	22	31	12,1	25	25	35	CBF0012025025	CFHR035025														
HFR0160100	100	210	1,20																								
HFR0160150	150	260	1,40																								
HFR0160200	200	310	1,70																								
<b>ØD 42 ØAL 32 ØS 20</b>																											
HFR0200050	50	205	1,70	1/4"	33	35	51	16,2	30	35	40	CBF0016030035	CFHR040032														
HFR0200100	100	255	2,10																								
HFR0200150	150	305	2,40																								
HFR0200200	200	355	2,80																								
HFR0200250	250	405	3,10																								
HFR0200300	300	455	3,50																								
HFR0200400	400	555	4,20																								
HFR0200500	500	655	4,80																								
<b>ØD 50 ØAL 40 ØS 25</b>																											
HFR2S0400250100	100	270	3,00	3/8"	40	38	65	20,25	35	40	50	CBF1020035040	CFHR040020040														
HFR2S0400250150	150	320	3,40																								
HFR2S0400250200	200	370	3,90																								
HFR2S0400250250	250	420	4,40																								
HFR2S0400250300	300	470	4,80																								
HFR2S0400250400	400	570	5,80																								
HFR2S0400250500	500	670	6,70																								
HFR2S0400250600	600	770	7,60																								
HFR2S0400250700	700	870	8,60																								
HFR2S0400250800	800	970	9,50																								

Diamètre alésage du piston	$\varnothing AL = \dots\dots\dots$
Course du vérin	$K = \dots\dots\dots$
Distance tige rentrée	$Z = \dots\dots\dots$

Q19. **Compléter** le bon de commande ci-dessous, en vous aidant du document constructeur ci-contre.

**Vérin Référence :** .....

Q20. **Indiquer** si le diamètre du piston est suffisant pour basculer la cuve et **justifier** votre réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

**Étude de Résistance Des Matériaux :** Vérifier les caractéristiques de l'axe d'articulation du vérin de basculement.

**Données :**

- Matériau de l'axe d'articulation du vérin rep.6 : **S 355**
- Diamètre de l'axe d'articulation du vérin rep.6 : **Ø20 mm**
- Effort dans la liaison au niveau de l'axe d'articulation du vérin rep.6:

$$\|\vec{B}_{1/3}\| = 17500 \text{ N}$$

- Le coefficient de sécurité à respecter est de : **s = 5**

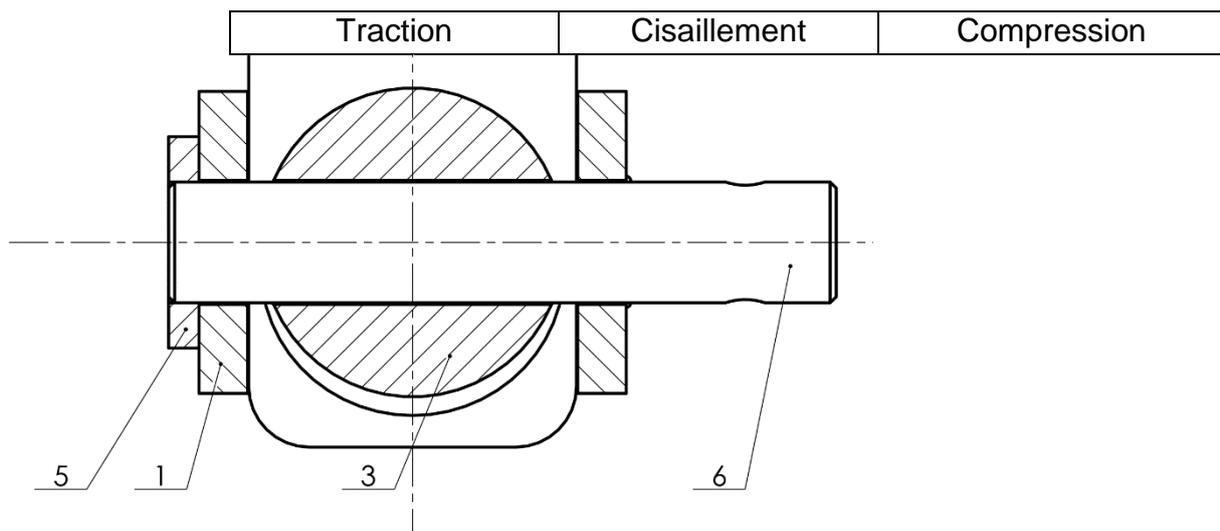
Q21. **Déterminer**, la famille de matériau de l'axe, en entourant la bonne réponse.

Acier non allié	Alliage de cuivre	Alliage d'aluminium	Matière plastique
Acier faiblement allié	Acier fortement allié	Fer	Alliage de zinc

Q22. **Décoder** la composition du matériau.

<b>S</b>	
<b>355</b>	

Q23. **Entourer** la sollicitation à laquelle est soumis l'axe d'articulation du vérin rep.6.



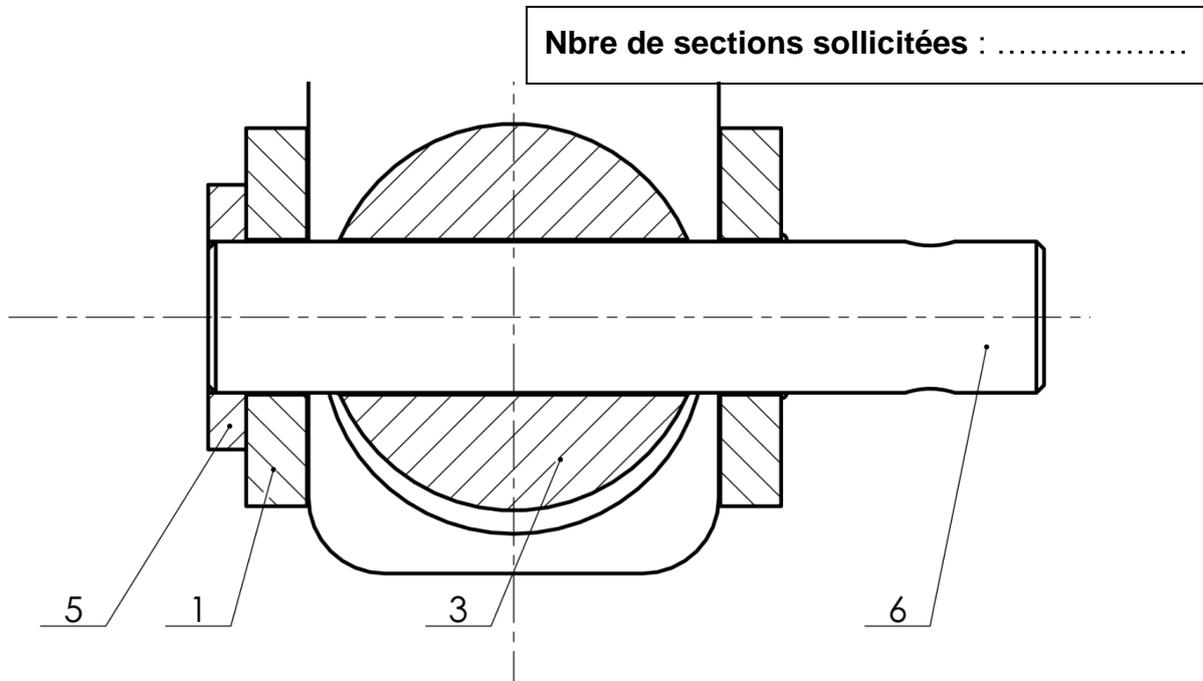
Q24. **Calculer**, la limite élastique au glissement  $R_{eg}$ .

<b><math>R_{eg}</math> =</b> .....	<b><math>R_{eg}</math> =</b> .....
---------------------------------------	---------------------------------------

Q25. **Calculer**, à l'aide des ressources page 5/20, la résistance pratique au glissement  $R_{pg}$ .

<b><math>R_{pg}</math> =</b> .....	<b><math>R_{pg}</math> =</b> .....
---------------------------------------	---------------------------------------

Q26. **Tracer** sur le dessin ci-dessous les sections sollicitées et l'inscrire dans le cadre.



Q27. **Calculer** la surface totale des sections sollicitées.

<b>S</b> = .....	<b>S</b> = .....
------------------	------------------

Pour la suite de l'étude, on prendra, **S = 630 mm<sup>2</sup>**

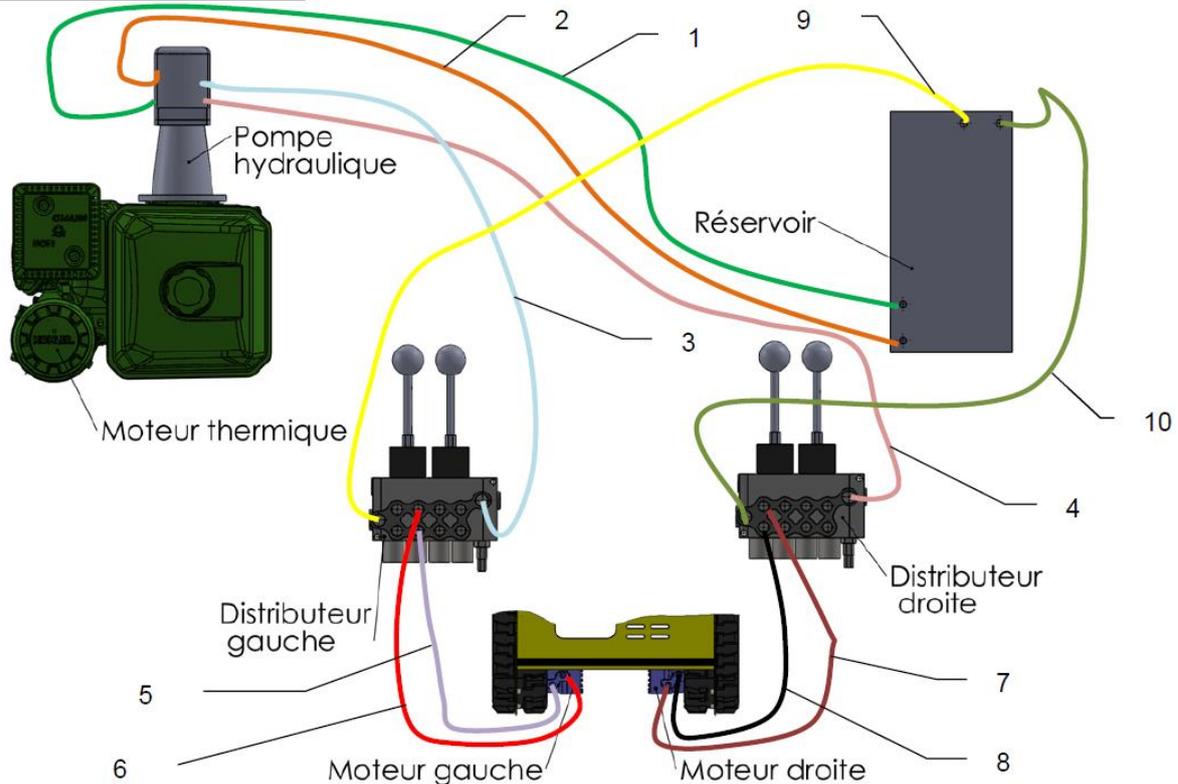
Q28. **Calculer**, à l'aide des ressources page 5/20, la contrainte tangentielle  **$\tau$** .

<b><math>\tau</math></b> = .....	<b><math>\tau</math></b> = .....
----------------------------------	-------------------------------------

Q29. L'axe du vérin de basculement de la cuve est-il suffisamment dimensionné ? **Justifier** votre réponse.

**6. Déterminer la cylindrée des 2 moteurs hydrauliques des roues d'entraînements du DUMPER.**

Schéma de fonctionnement



LISTING	
Rep	Emplacement
1	Réservoir pompe 1
2	Réservoir Pompe 2
3	Sortie pompe 2 – Entrée distributeur 2 (gauche)
4	Sortie pompe 1 – Entrée distributeur 1 (droite)
5	Distributeur 2 – Moteur hydraulique gauche
6	Distributeur 2 – Moteur hydraulique gauche
7	Distributeur 1 – Moteur hydraulique droite
8	Distributeur 1 – Moteur hydraulique droite
9	Sortie distributeur 2 (gauche) – Retour réservoir
10	Sortie distributeur 1 (droite) – Retour réservoir

Q30. **Convertir** la vitesse de déplacement du DUMPER, donnée page 3/24, en m/s.

V = .....	V = .....
-----------	-----------

Q31. **Calculer** la vitesse angulaire en rad/s.  
Diamètre des roues d'entraînements et des chenilles rep.10 :  $\varnothing 155$  mm

$\omega = \dots\dots\dots$  rad/s

Q32. **Convertir** la vitesse angulaire en tr/min.

$N = \dots\dots\dots$  tr/min

Q33. **Calculer**, à l'aide des ressources page 3/24, la cylindrée du moteur hydraulique.

**On donne :**

Fréquence de rotation :  $N = 89$  tr/min

Débit fourni par la pompe pour 1 moteur :  $Q = 17$  l/min

$Cyl = \dots\dots\dots$  l/tr

Q34. **Convertir** la cylindrée du moteur hydraulique en  $cm^3/tr$ .

$Cyl =$   
 $\dots\dots\dots$

$Cyl = \dots\dots\dots$   
 $cm^3/tr$

Q35. **Déterminer** le code de référence du moteur hydraulique.  
**Déterminer** le code de référence du moteur hydraulique d'entraînement des roues en s'aidant de l'extrait de la documentation ci-dessous.

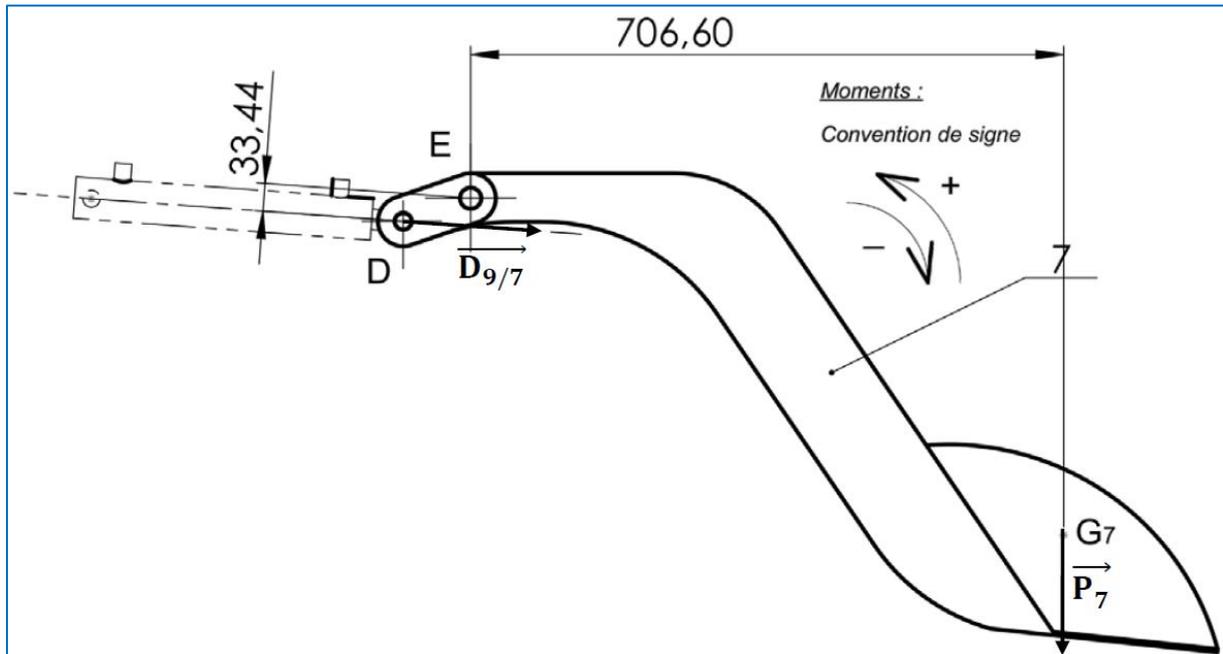
Code de référence : .....

**Caractéristiques des moteurs hydrauliques de marque CONTARINI**

MOTEUR "Z-J HYDRAULIC" "Z-J HYDRAULIC" MOTOR MOTOR "Z-JHYDRAULIC"		ARBRE CYLINDRIQUE Ø25 PARALLEL SHAFT Ø25 EJE CILINDRICO Ø25		BRIDE "SAE A" - 2 TROUS "SAE A" FLANGE - 2 HOLES BRIDA "SAE A" - 2 ORIFICIOS		MCRN							
Standard: ARBRE RENFORCE POUR CHARGES RADIALES - WITH NEEDLE BEARINGS FOR RADIAL LOADS - CON RODAMIENTOS PARA CARGAS RADIALES													
CLAPET ANTI-RETOUR INTEGRE BUILT-IN CHECK VALVES VALVULAS DE RETENCION INTEGRADAS													
PEINTURE NOIR BLACK PAINTED PINTADO NEGRO													
PREDISPOSITION POUR DRAINAGE MACHINED FOR DRAIN CONNECTION PREPARADO PARA DRENAJE													
Code Code Código	Type Type Tipo	cm³/tr cm³/rev cm³/giro	n. Max tour/min rpm giro/min	M Max daNm	Q MAX l/min	P MAX bar			A - B	T	L	L1	kg
						Chute Drop Delta Δp	Entrée Inlet En entrada	Retour Return Retorno					
TRAVAIL EN CONTINUU - CONTINUOUS WORK - TRABAJO EN CONTINUO													
MCRN036CDO	MC-RN 36 CD	36.0	1085	7.2	40	140	175	175 *			137	7.0	6.50
MCRN050CDO	MC-RN 50 CD	51.7	960	10.0	50	140	175	175 *			140	10.0	6.70
MCRN080CDO	MC-RN 80 CD	81.5	750	19.5	60	175	175	175 *			146	16.0	6.90
MCRN100CDO	MC-RN 100 CD	102.0	600	24.0	60	175	175	175 *			150	20.0	6.90
MCRN125CDO	MC-RN 125 CD	127.2	475	30.0	60	175	175	175 *			155	25.0	7.20
MCRN160CDO	MC-RN 160 CD	157.2	378	36.0	60	165	175	175 *	1/2" 1/4"		161.5	30.5	7.50
MCRN200CDO	MC-RN 200 CD	194.5	310	36.0	60	130	175	175 *			170	38.1	8.00
MCRN250CDO	MC-RN 250 CD	253.3	240	39.0	60	110	175	175 *			180	50.0	8.50
MCRN315CDO	MC-RN 315 CD	317.5	190	39.0	60	90	175	175 *			192	62.0	9.00
MCRN400CDO	MC-RN 400 CD	381.4	155	36.5	60	70	175	175 *			204	74.0	9.30

## 7. Étudier et vérifier les caractéristiques du vérin du chargeur

**Déterminer** la position où l'effort des vérins du chargeur est maximum, en exploitant les résultats de la simulation du logiciel Méca3D, et **faire** le choix du vérin.



Le bilan des actions mécaniques sur le chargeur rep.7 permet d'identifier 3 forces concourantes :

$$\vec{D}_{9/7}, \vec{E}_{2/7} \text{ et } \vec{P}_7 .$$

Pour la suite de l'étude, on suppose, la charge à soulever :  $\|\vec{P}_7\| = 1000 \text{ N}$

La somme des moments en E nous permet de déterminer l'effort du vérin  $\|\vec{D}_{9/7}\|$ .

Q36. **Déterminer**  $\|\vec{D}_{9/7}\|$  en continuant le calcul de la somme des moments.

**Rappel** :  $M_A (\vec{F}_{\text{extérieur/solide}}) = \text{Bras de levier} \times \|\vec{F}_{\text{extérieur/solide}}\|$

$\Sigma$  Moments en E des  $\overrightarrow{F}_{\text{extérieures/solide}} = \vec{0}$ ,

$$M_E(\overrightarrow{D}_{9/7}) + M_E(\overrightarrow{P}_7) = 0$$

on donne  $\|\overrightarrow{P}_7\| = 1000 \text{ N}$

**Résultat du calcul** : Effort du vérin  $\|\overrightarrow{D}_{9/7}\| = \dots\dots\dots \text{ N}$

Q37. **Déduire**  $\|\overrightarrow{D}_{9/7}\|$  en fonction du nombre de vérin.

Le chargeur étant piloté par 2 vérins hydrauliques, il faut déduire la valeur de l'intensité par vérin.

$$\|\overrightarrow{D}_{9/7}\| = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ N}$$

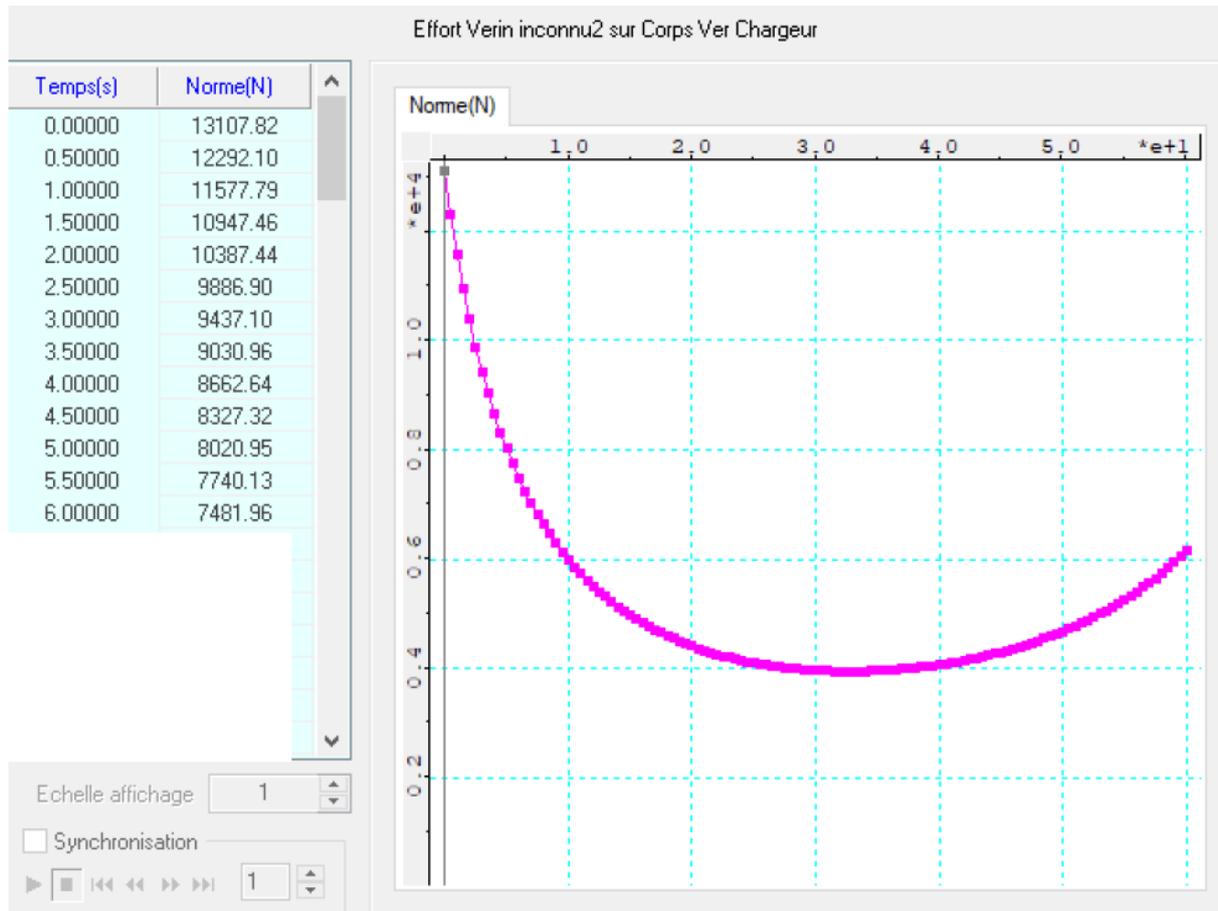
Cette position ne semblant pas être la plus défavorable et afin de s'assurer d'obtenir les valeurs maximales de l'effort du vérin au point D, nous avons réalisé une étude numérique avec le logiciel de simulation Méca3D.

### Préparation de la maquette numérique

La maquette numérique Méca3D est pilotée par le vérin hydraulique au niveau de la liaison pivot glissant et par un effort de 1000 N. Le choix du vérin hydraulique se porte sur la gamme CONTARINI.

Q38. **Relever** l'effort maximum dans le vérin hydraulique, sur le graphique ci-dessous.

Le graphique ci-dessous représente le résultat de l'effort du vérin hydraulique en fonction de la position du chargeur du DUMPER.

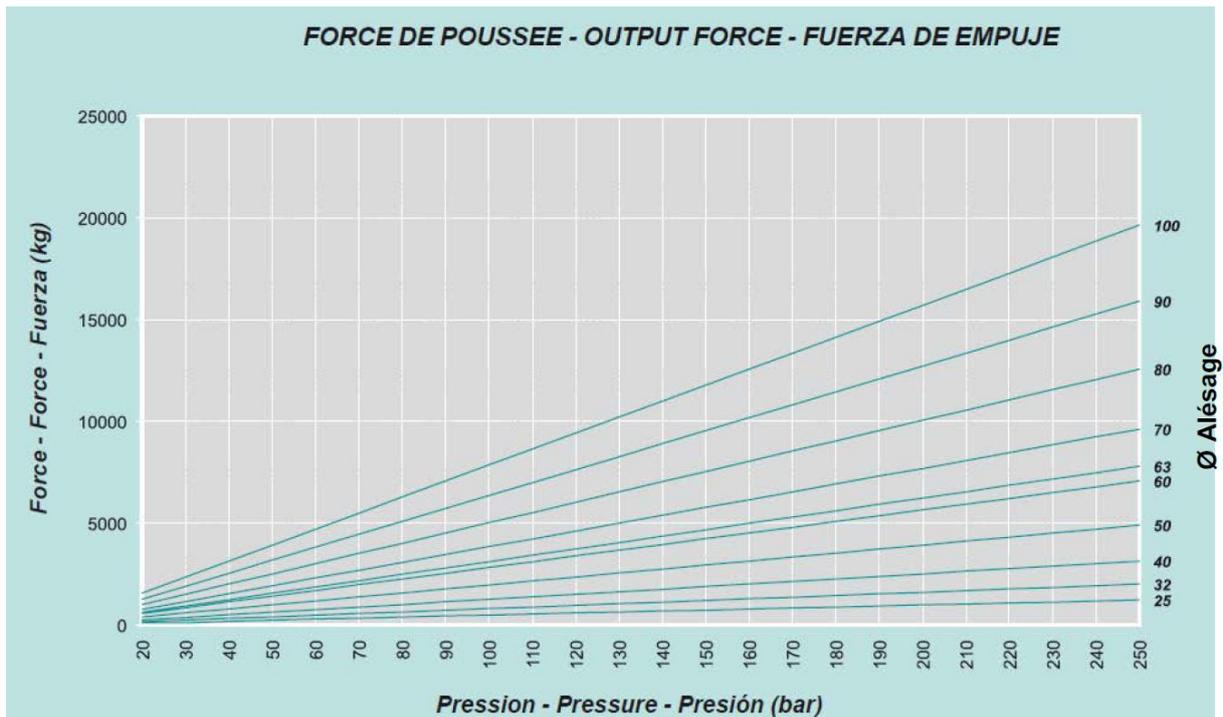


$\|\vec{D}_{9/7}\| \text{ Max} = \dots\dots\dots \text{N}$

Q39. **Convertir** la valeur de l'effort maximum dans le vérin trouvée à la question précédente en Kg, pour déterminer l'effort de poussée  $\|\vec{F}_{\text{poussée}}\| =$

$\|\vec{D}_{9/7}\|$

Q40. **Déterminer** le diamètre d'Alésage du vérin hydraulique.  
En fonction de l'effort de poussée déterminé à la question précédente et de la pression d'utilisation ( $p = 150$  bars), déterminer le  $\varnothing$  d'Alésage du vérin hydraulique à l'aide du graphique ci-dessous.



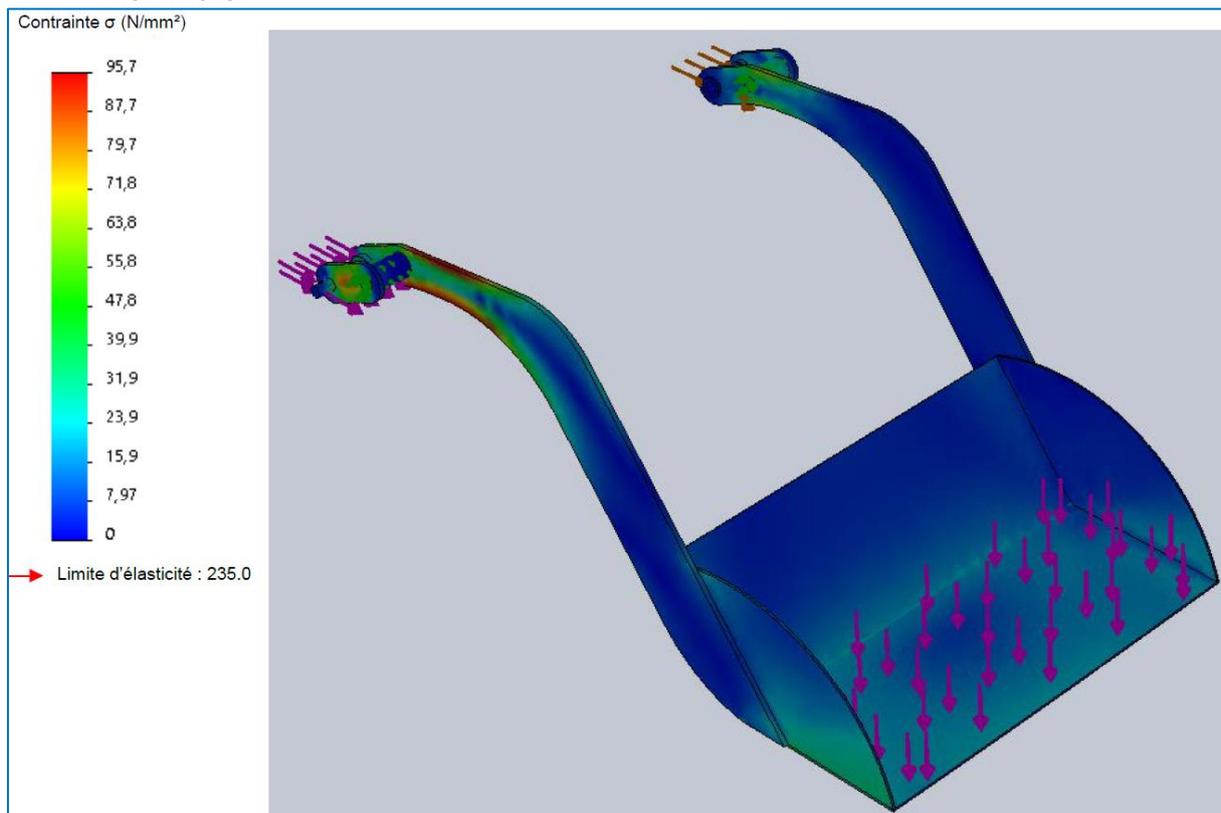
**8. Étudier et vérifier les caractéristiques du chargeur et des bras du chargeur**

**Déterminer** les sollicitations subies par le chargeur et les bras du chargeur, en exploitant l'analyse par éléments finis de la structure des bras du chargeur qui met en évidence la zone de plus fortes contraintes.

Q41. **Relever** la contrainte maximale sollicitant le chargeur.

$\sigma_{\max} =$

Q42. **Entourer** en rouge, sur l'image la zone où se localise cette contrainte maximale.



Q43. **Identifier** la sollicitation principale exercée sur les bras du chargeur.

(entourer la bonne réponse)	Traction	Compression
	Cisaillement	Flexion simple

*Le matériau employé pour la réalisation des bras du chargeur est un acier d'usage général S 235. La contrainte maximale est donc largement admissible.*

*L'entreprise HHO souhaite cependant rigidifier les bras du chargeur tout en gardant le même matériau.*

Q44. **Proposer** une solution constructive permettant de rigidifier les bras du chargeur, soit sous forme de croquis, soit sous forme d'une explication succincte.

Proposition sous forme de croquis	Proposition sous forme d'une explication succincte