



Numéro d'inscription

Numéro de table

Né(e) le

Nom : **WRECTION**

Prénom : _____

Emplacement QR Code

Filière :

Session :

Épreuve de : **SCIENCES INDUSTRIELLES**

Consignes

- Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer
- Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir
- Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)
- Numéroté chaque page (cadre en bas à droite)
- Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre

Enfouissement de câbles sous-marins

Question 1. Déterminer la loi entrée sortie $x = f(\theta, r, l, \delta)$ par une fermeture géométrique à partir des données du schéma cinématique.

J'écris la fermeture : $\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CA} = \vec{0}$ donc $x \cdot \vec{i} - r \cdot \vec{j} - l \cdot \vec{n}_0 = \vec{0}$

$$\text{Et donc : } \begin{cases} x \cdot \cos \psi + r \cdot \sin(\theta + \delta) - l = 0 \\ x \cdot \sin \psi - r \cdot \cos(\theta + \delta) = 0 \end{cases}$$

On obtient donc :

$$x^2 = (l - r \cdot \sin(\theta + \delta))^2 + (r \cdot \cos(\theta + \delta))^2$$

D'où : $x = \sqrt{l^2 + r^2 - 2 \cdot r \cdot l \cdot \sin(\theta + \delta)}$

Question 2. En déduire, en justifiant les calculs, l'expression littérale et la valeur numérique de la course c du vérin.

La course et la distance : $c = x_{\max} - x_{\min}$
 \rightarrow obtenu pour θ_{\min}
 \leftarrow obtenu pour θ_{\max}
 $= f(\theta_{\min}, r, l, \delta) - f(\theta_{\max}, r, l, \delta)$

Avec $\theta_{\min} = -53^\circ$

et $\theta_{\max} = 12^\circ$, on obtient $c \approx 3,09 \text{ m}$

Question 3. À partir de la figure 4 et du schéma cinématique (figure 6), relier les composants du modèle de simulation multiphysique de la grue portique sur la Figure B du document réponse (à dégrafer en fin de sujet). Quel(s) ensemble(s) n'ont pas été modélisés ?

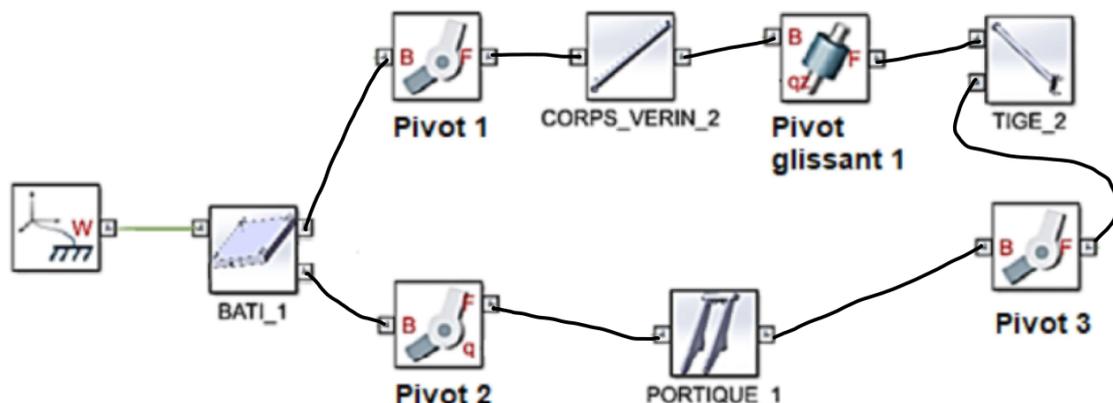


Figure B

Toute la partie { Snubber, Roue, câble } n'a pas été modélisée.

Question 4. À partir de la courbe de simulation fournie sur le document (figure 7), déterminer la course du vérin notée c. Comparer le résultat à celui obtenu à la question 2.

Je mesure directement : $c \approx 3,1$ m. On retrouve quasiment le même résultat que par le calcul (écart de 0,3%).

Question 5. Justifier rapidement que $\vec{v}_{F \in \text{snubber}/0} = \vec{v}_{E \in \text{snubber}/0}$.

Si le câble reste à la verticale alors $\vec{\Gamma}_{\text{snubber}/0} = \vec{0}$ ce qui signifie que le snubber est en translation par rapport à 0 donc :

$$\forall P \quad \vec{v}_{P \in \text{snubber}/0} = \vec{v}_{E \in \text{snubber}/0} = \vec{v}_{F \in \text{snubber}/0}$$

Question 6. Exprimer $\vec{V}_{E \in 1/0}$ en fonction de $\dot{\theta}$.

$$\begin{aligned} \vec{J}_{EE1/0} &= \cancel{\vec{J}_{E \in 1/0}} + \vec{EC} \wedge \vec{J}_{L1/0} \\ &= \vec{0} + (-d \cdot \vec{y}_1) \wedge (\dot{\theta} \cdot \vec{z}_0) \end{aligned}$$

$$\vec{J}_{EE1/0} = -d \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{z}_1$$

Question 7. En déduire, à partir de la question 1 notamment, l'expression de $\|\vec{V}_{F \in \text{snubber}/0}\|$ en fonction de \dot{x} , de θ , δ et des longueurs r , l et d .

$$\begin{aligned} \text{On a : } \|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\| &= \|\vec{J}_{E \in \text{snubber}/0}\| = \|\underbrace{\vec{J}_{E \in \text{snubber}/1}}_{=\vec{0}} + \vec{J}_{EE1/0}\| \\ &= d \cdot |\dot{\theta}| \end{aligned}$$

$$\text{Avec la question 1 : } \dot{x} = \frac{-\cancel{r} \cdot n \cdot l \cdot \dot{\theta} \cdot \cos(\theta + \delta)}{r \cdot \sqrt{l^2 + n^2} - 2 \cdot n \cdot l \cdot \sin(\theta + \delta)}$$

$$\text{Donc : } \|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\| = d \cdot \left| \dot{x} \cdot \frac{\sqrt{l^2 + n^2} - 2 \cdot n \cdot l \cdot \sin(\theta + \delta)}{r \cdot l \cdot \dot{\theta} \cdot \cos(\theta + \delta)} \right|$$

Question 8. Donner la valeur numérique de la vitesse de sortie de tige à ne pas dépasser pour que la condition de sécurité soit vérifiée.

On veut que $\|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\| < v_{\max}$ et compte-tenu de la q^o7, on peut écrire que $\|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\| = |\dot{v}| \cdot g(\theta)$ où \dot{v} est la vitesse de sortie de tige.

La vitesse est la plus grande lorsque: $\|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\| = |\dot{v}| \times 4,87$
↘ Vitesse maximale
1 m/s

Pour avoir $v_{\max} > \|\vec{J}_{F \in \text{snubber}/0}\|$, il faut donc :

$$v_{\max} > |\dot{v}|_{\max} \times 4,87$$

$$\text{donc } |\dot{v}|_{\max} \approx 0,21 \text{ m/s}$$

Question 9. Justifier qu'il est possible d'écrire $\vec{F}_{t\text{ige} \rightarrow \text{bras}}$ sous la forme $\vec{F}_{t\text{ige} \rightarrow \text{bras}} = F_{tb} \vec{u}$.

J'isole le système $\{t, v\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures:

- $0 \rightarrow cv$
- $1 \rightarrow tv$

Les deux torseurs sont des glisseurs car "les pivots en A et en B seront modélisés par des rotules".

L'ensemble n'est donc soumis qu'à deux glisseurs appliqués en A et en B donc leur résultante sera dirigée par \vec{AB} et donc par \vec{u} .

On peut alors écrire : $\vec{F}_{t\text{ige} \rightarrow \text{bras}} = F_{tv \rightarrow 1} = F_{tb} \vec{u}$

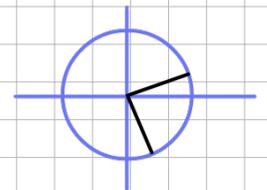
Question 10. Déterminer ensuite l'expression de F_{tb} en fonction de θ , ψ , des paramètres dimensionnels d , r et δ et des données associées aux actions mécaniques en précisant le ou les systèmes isolés et le ou les théorèmes employés.

J'isole $\{1, \text{Swabber}, \text{Rov}\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures:

- $0 \rightarrow 1$ x
- $tv \rightarrow 1$
- $pb \rightarrow \text{Rov}$

J'écris le th. des moments en C et en projection sur \vec{z}_0 :

$$\underbrace{\vec{M}_{C, 0 \rightarrow 1} \cdot \vec{z}_0}_{=0} + \vec{M}'_{C, tv \rightarrow 1} \cdot \vec{z}_0 + \vec{M}_{C, pb \rightarrow \text{Rov}} \cdot \vec{z}_0 = 0$$



$$\begin{aligned} \vec{M}_{C, tv \rightarrow 1} \cdot \vec{z}_0 &= \vec{M}_{B, tv \rightarrow 1} \cdot \vec{z}_0 + (C \overrightarrow{CB} \wedge (F_{tb} \vec{u})) \cdot \vec{z}_0 & \underbrace{(\vec{j} \wedge \vec{j}) \cdot \vec{z}_0}_{= -\cos(\psi - \delta - \theta)} &= \sin(-\delta - \theta - \frac{\pi}{2} + \psi) \\ &= -r \cdot F_{tb} \cdot \cos(\psi - \delta - \theta) & &= -\cos(\psi - \delta - \theta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{M}_{C, pb \rightarrow \text{Rov}} \cdot \vec{z}_0 &= \vec{M}_{F, pb \rightarrow \text{Rov}} \cdot \vec{z}_0 + (C \overrightarrow{CF} \wedge (-M \cdot g \cdot \vec{y}_0)) \cdot \vec{z}_0 & \overrightarrow{CF} &= \overrightarrow{CE} + \overrightarrow{EF} \\ &= ([\dots \cdot \vec{y}_0 + d \cdot \vec{y}_1] \wedge (-M \cdot g \cdot \vec{y}_0)) \cdot \vec{z}_0 \\ &= M \cdot g \cdot d \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

on a donc : $M \cdot g \cdot d \cdot \sin \theta - r \cdot F_{tb} \cdot \cos(\psi - \delta - \theta) = 0$

D'où :

$$F_{tb} = \frac{L \cdot \sin \theta}{r \cdot \cos(\psi - \delta - \theta)} \cdot M \cdot g$$

Question 11. Déterminer la pression d'alimentation théorique maximale du vérin nécessaire pour assurer le maintien du portique dans la position la plus défavorable. Est-elle compatible avec le circuit hydraulique ?

Dans le cas le plus défavorable : $F_{tb} \approx -500 \text{ kN}$.

Dans cette situation, le vérin "retient" la charge et travaille donc en rentrée de tige.

Il faut donc une pression : $p = \frac{F_{tb}}{S}$ où $S = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} = \pi \cdot \frac{d_i^2}{4}$

$$\text{donc } p_v \approx 212 \text{ bars}$$

On a ici $p_v < \text{parwit}$, la valeur est donc compatible.
250 bars

Question 12. Conclure sur le choix du vérin à partir des résultats des questions précédentes.

Le vérin est bien adapté à l'utilisation prévue car :

- $p_v < \text{parwit}$: q° 11
- course nécessaire $<$ course du vérin : q° 2
3,1 m 3,8 m