Enfouissement de câbles sous-marins

① J'écris la fermeture :

$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CA} = \vec{0}$ donc $x.\vec{u} - r.\vec{j} - l.\vec{x_0} = \vec{0}$

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

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

donc $\boxed{x = \sqrt{l^2 + r^2 - 2.r.l.\sin(\theta+\delta)}}$

② La course est $\Delta x = x_{max} - x_{min}$.

On a $\begin{cases} x_{max} \text{ avec } \theta = \theta_{min} = -53° : x_{max} \simeq 8,66\,m \\ x_{min} \text{ avec } \theta = \theta_{max} = 12° : x_{min} \simeq 5,57\,m \end{cases}$

On a donc : $\underline{\Delta x \simeq 3,09 \ m}$

③ Voir doc-réponse.

④ Je mesure le déplacement : $\underline{\Delta x \simeq 3,1 \ m}$. On retrouve quasi le même résultat que par le calcul (écart de 0,3 %).

⑤ Si le câble reste à la verticale : $\underline{\vec{\Omega}_{snubber/0} = \vec{0}}$. Le solide est donc en translation donc

$\forall P \rightarrow \vec{V}_{P\in snubber/0} = \underline{\vec{V}_{E\in snubber/0}}$

$= \underline{\vec{V}_{F\in snubber/0}}$

⑥ $\vec{V}_{E\in 1/0} = \vec{V}_{C\in 1/0} + \vec{EC} \wedge \vec{\Omega}_{1/0}$

$= \vec{0} + (-d.\vec{y_1}) \wedge (\dot{\theta}.\vec{z_{01}})$

$\underline{\vec{V}_{E\in 1/0} = -d.\dot{\theta}.\vec{x_1}}$

⑦ $\vec{V}_{F\in snubber/0} = \vec{V}_{E\in snubber/0} = \underbrace{\vec{V}_{E\in snubber/1}}_{=\vec{0}} + \vec{V}_{E\in 1/0}$

donc $\underline{\|\vec{V}_{F\in snubber/0}\| = d.|\dot{\theta}|}$

Avec la question 1, on peut écrire :

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = \frac{-\cancel{2}.x.l.\dot{\theta}.\cos(\theta+\delta)}{\cancel{2}.\sqrt{l^2 + x^2 - 2.x.l.\sin(\theta+\delta)}}$$

Donc :

$$\boxed{\|\vec{V}_{F \in Swubber/0}\| = \left| d.\dot{x}.\frac{\sqrt{l^2 + x^2 - 2.x.l.\sin(\theta+\delta)}}{x.l.\cos(\theta+\delta)} \right|}$$

8 On veut $\|\vec{V}_{F \in Swubber/0}\| < V_{max}$. Je remarque que

$$\|\vec{V}_{F \in Swubber/0}\| = \underbrace{|\dot{x}|}_{\text{Vitesse de sortie de tige}}.f(\theta)$$

Dans le pire des cas :

$$\|\vec{V}_{F \in Swubber/0}\| \simeq |\dot{x}| \times \underbrace{4,87}_{\text{Vitesse maxi pour } \dot{x} = 1\,m/s}$$

Pour avoir $V_{max} > \|\vec{V}_{F \in Swubber/0}\|$, il faut donc :

$$V_{max} > |\dot{x}|_{max} \times 4,87$$

donc $\underline{|\dot{x}|_{max} \simeq 0,21\ m/s}$

9 J'isole le vérin $\{tv, cv\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures suivantes :

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

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

L'ensemble n'étant soumis qu'à deux glisseurs, leurs résultants seront dirigées par $\vec{AB}$ donc par $\vec{u}$. On peut donc écrire :

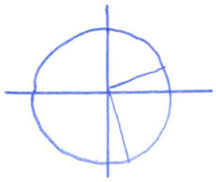
$$\underline{\vec{F}_{tige \rightarrow bras} = \vec{F}_{tv \rightarrow 1} = F_{tb}.\vec{u}}$$

10 J'isole l'ensemble $\{1, Swubber, Rov\}$ soumis aux actions mécaniques extérieures suivantes :

- $0 \rightarrow 1$ X
- $tv \rightarrow 1$
- $pb \rightarrow Rov$

J'écris le th. des moments en C et en projection sur $\vec{z_0}$:

$$\underbrace{\vec{M}_{C,0\to 1}\cdot\vec{z_0}}_{=0} + \vec{M}_{C,tv\to 1}\cdot\vec{z_0} + \vec{M}_{C,pdb\to Rov}\cdot\vec{z_0} = 0$$



Avec $\vec{M}_{C,tv\to 1}\cdot\vec{z_0} = \vec{M}_{B,tv\to 1}\cdot\vec{z_0} + (\overbrace{\vec{CB}}^{r\cdot\vec{j}} \wedge (F_{tb}\cdot\vec{u}))\cdot\vec{z_0}$

$$= -r\cdot F_{tb}\cdot\cos(\psi-\delta-\theta)$$

$(\vec{j}\wedge\vec{u})\cdot\vec{z_0} = \sin(-\delta-\theta-\frac{\pi}{2}+\psi)$

Et $\vec{M}_{C,pdb\to Rov}\cdot\vec{z_0} = \vec{M}_{F,pdb\to Rov}\cdot\vec{z_0} + (\underbrace{\vec{CF}}_{\vec{CE}+\vec{EF}} \wedge (-M\cdot g\cdot\vec{y_0}))\cdot\vec{z_0}$ $= -\cos(\psi-\delta-\theta)$

$$= ([\ldots\ldots\vec{y_0} + d\cdot\vec{y_1}] \wedge (-M\cdot g\cdot\vec{y_0}))\cdot\vec{z_0}$$

$$= M\cdot g\cdot d\cdot\sin\theta$$

On a donc :

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

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

11 Dans le cas le plus défavorable :

$$F_{tb} \simeq -500 \text{ kN}$$

Ici le vérin "retient" la charge et fonctionne en rentrée de tige.

Il faut donc une pression $p = \frac{F_{tb}}{S}$

où $S = \pi\cdot\frac{D_v^2}{4} - \pi\cdot\frac{d_v^2}{4}$

donc $p \simeq 212$ bars

On a $\underbrace{p < p_{circuit}}_{250 \text{ bars}}$, la valeur est donc compatible.

12 Le vérin est compatible car :

- $p < p_{circuit}$ (q° 11),
- $\underbrace{\Delta x}_{3{,}09 \text{ m}} < \underbrace{\text{course}}_{3{,}8 \text{ m}}$ (q° 2).

Question 3

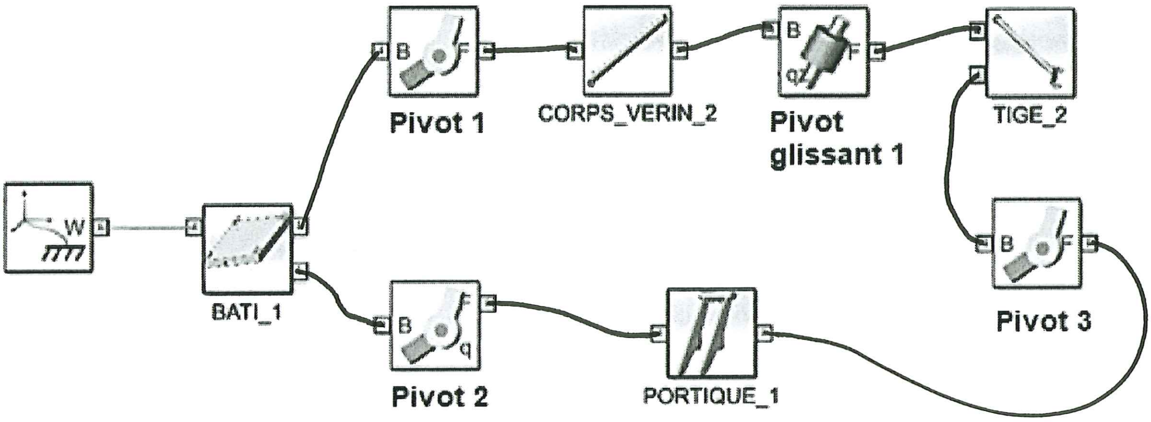


Figure B Modèle mécanique de la grue portique

Quel(s) ensemble(s) n'ont pas été modélisés ?

Toute la partie "Snubber, ROV, câble" n'a pas été modélisée.