

# Dimensionnement d'un pont basculant

Dans ce problème, on s'intéresse à la conception d'un pont réalisé à Sète. Ce pont doit :

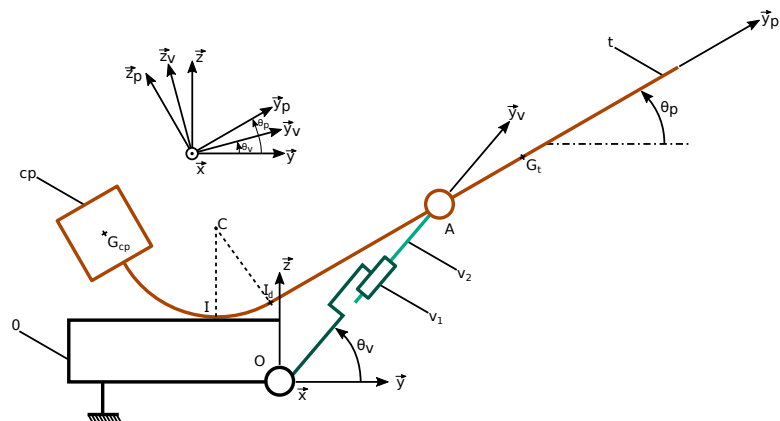
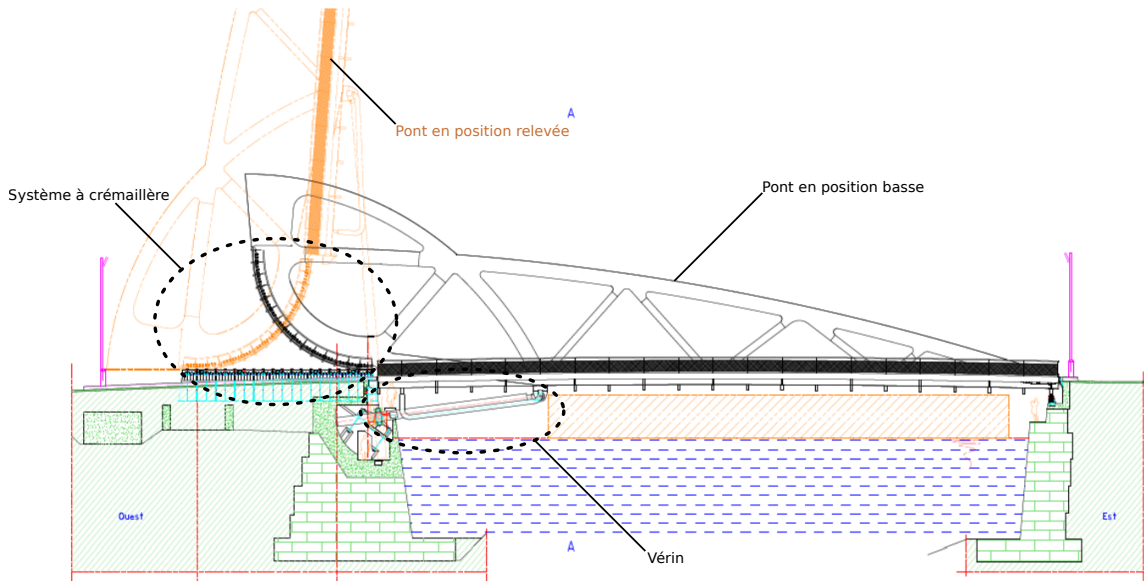
- permettre de relier les berges *ouest* et *est* ;
- et permettre l'entrée ou la sortie des navires vers le port ou vers la mer.

Le nouveau pont comprendra donc deux voies routières de 3,5 m de large et deux trottoirs pour piétons d'une largeur utile de 1,5 m. Ce pont sera d'une longueur de 25 mètres. La manœuvre du pont sera réalisée par des vérins hydrauliques situés sous l'ouvrage. La centrale hydraulique pour la manœuvre du pont mobile sera située au rez-de-chaussée du bâtiment des pontiers déjà existant.

La solution technique retenue est définie par le schéma ci-dessous. Le pont (noté  $p$ ) est composé d'un tablier (noté  $t$ ) et d'un contre-poids (noté  $cp$ ) permettant de limiter l'action exercée par les vérins. Le tablier est de masse  $m_t$  et de centre de gravité  $G_t$ . Le contre-poids est de masse  $m_{cp}$  et de centre de gravité  $G_{cp}$ . La particularité de ce pont réside dans le fait que ce pont roule sans glisser sur le sol en  $I$  à l'aide d'un système de crémaillère. La crémaillère est un quart de cercle dont l'extrémité droite est notée  $I_d$  de telle sorte que lorsque  $\theta_p = 0$ , on a  $I = I_d$ . L'extrémité gauche est notée  $I_g$  de telle sorte que lorsque  $\theta_p = \frac{\pi}{2}$ , on a  $I = I_g$ .

Le pont est mis en mouvement par deux vérins modélisés ici par un vérin équivalent dont le corps du vérin est noté  $v_1$  et la tige est noté  $v_2$ . La masse du vérin est négligée comparativement à celle du pont.

On fait l'hypothèse d'un problème plan.



**Paramétrage retenu :**

■  $\vec{IA} = \vec{IC} + \vec{CA}$  où  $\vec{IC} = R\vec{z}$  et  $\vec{CA} = -R\vec{z}_p + L_1\vec{y}_p$

■  $\vec{OA} = y_{OA}(t)\vec{y}_v$

■  $\vec{OI} = y_I(t)\vec{y} + L_2\vec{z}$

**Étude géométrique :**

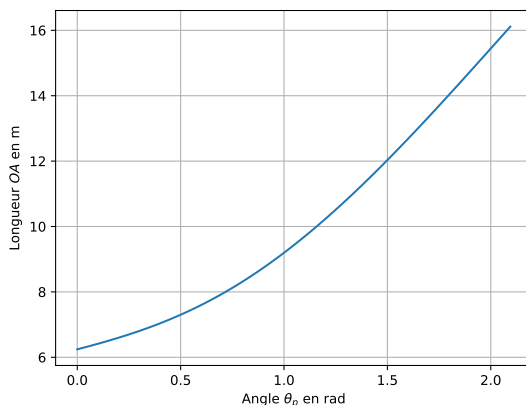
**Question préliminaire :** Écrire le vecteur  $\vec{OC}$  en fonction  $y_I(t)$ ,  $L_2$  et  $R$  puis déterminer, par dérivation, la vitesse  $\frac{d\vec{OC}}{dt}$ .

**Question 1.** Écrire la condition de roulement sans glissement du pont sur le sol. En déduire une relation entre  $y_I$  et  $\theta_p$  en sachant que  $y_I = 0$  si  $\theta_p = 0$ .

**Question 2.** En écrivant une fermeture géométrique adaptée, déterminer deux relations scalaires entre  $y_I$ ,  $\theta_p$  et  $\theta_v$ .

**Question 3.** En déduire l'expression de  $y_{OA}$  en fonction des constantes  $R$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  et de l'angle variable  $\theta_p$ .

On donne ci-dessous l'évolution de  $y_{OA}$  en fonction de  $\theta_p$  obtenue avec les paramètres suivants correspondant à la situation étudiée :  $R = 4.5$  m ;  $L_1 = 6$  m ;  $L_2 = 1.7$  m.



Le cahier des charges impose un angle de relevage du pont de  $80^\circ$  pour laisser passer les bateaux.

**Question 4.** En déduire la course minimale du vérin.

**Étude mécanique :**

On cherche à déterminer  $F$ , l'action globale exercée par le fluide du vérin. On notera :

$$\left\{ \mathcal{F}_{v_1 \rightarrow v_2}^{\text{huile}} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{v_1 \rightarrow v_2}^{\text{huile}} = F\vec{y}_v \\ M_{O, v_1 \rightarrow v_2}^{\text{huile}} = \vec{0} \end{array} \right\}_O$$

**Question 5.** Montrer que  $\vec{R}_{v_2 \rightarrow t}$  est dirigée par le vecteur  $\vec{y}_v$ .

**Question 6.** En supposant que le contact est ponctuel en  $I$ , quel stratégie faut-il mettre en œuvre pour déterminer  $F$  ?

On considère pour la suite que  $\vec{CG}_t = -R\vec{z}_p + L_t\vec{y}_p$  et  $\vec{CG}_{cp} = -R\vec{y}_p$ .

**Question 7.** Déterminer  $F$  à partir de la stratégie déterminée précédemment.

**Question 8.** Déterminer la position du centre de gravité de l'ensemble  $p$  que l'on notera  $G$  en calculant  $\vec{CG}$ .

**Question 9.** Montrer que l'effort exercé par les vérins est très faible si  $G$  est situé à l'aplomb du point  $I$ . Est-il possible de trouver une masse de contre-poids  $m_{cp}$  pour que cette relation soit toujours vérifiée ?

**Question 10.** Déterminer  $m_{cp}$  pour que l'effort exercé par les vérins soit nul lorsque  $\theta_p = 0$  sachant que le tablier du pont a une masse  $m_t \approx 700$  tonnes et  $L_t \approx 10$  m.