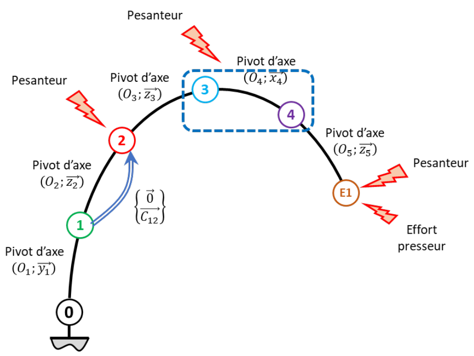
Robot avion ★★

C2-07

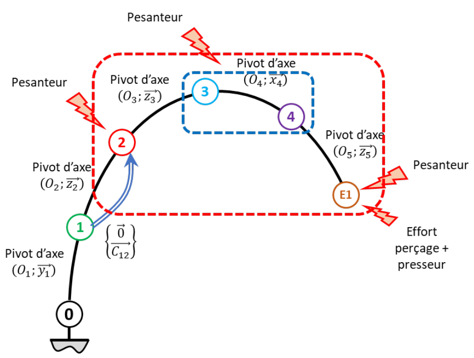
Question 1 Réaliser le graphe de structure de l'ensemble en précisant les liaisons et les actions mécaniques extérieures.



Question 2 Quel est l'ensemble Σ à isoler afin de déterminer le couple C_{12}.

En isolant l'ensemble $\Sigma = \{2+3+4+E_1\}$ on ne fera apparaître **QUE** C_{12} et les actions mécaniques extérieures. Les actions de liaison 2–3, 3–4, 4–E1 **n'interviendont pas**.

Question 3 Réaliser un bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à Σ et écrire les éléments de réduction de chaque torseur d'actions mécaniques.



Bilan des actions mécaniques :

- pivot 1–2 et couple moteur de 1 sur 2 ;
- pesanteur sur 2 : $\{\mathcal{T}(\text{pes} \to 2)\} = \begin{Bmatrix} -M_2 g\overrightarrow{y_1} \\ \overrightarrow{0} \end{Bmatrix}_{G_2}$. On a par ailleurs $\overrightarrow{\mathcal{M}(O_2, \text{pes} \to 2)} = \overrightarrow{O_2G_2} \wedge -M_2 g\overrightarrow{y_1} = \dfrac{1}{2}L_3\overrightarrow{x_2} \wedge -M_2 g\overrightarrow{y_1} = -\dfrac{1}{2}M_2 g L_3 \cos\theta_{12}\overrightarrow{z_0}$;
- pesanteur sur 3 et 4 : $\{\mathcal{T}(\text{pes} \to 3+4)\} = \begin{Bmatrix} -M_{34} g\overrightarrow{y_1} \\ \overrightarrow{0} \end{Bmatrix}_{G_3}$. On a par ailleurs $\overrightarrow{\mathcal{M}(O_2, \text{pes} \to 3+4)} = \overrightarrow{O_2G_3} \wedge -M_{34} g\overrightarrow{y_1} = \left(L_3\overrightarrow{x_2} + \dfrac{1}{3}L_4\overrightarrow{x_3} + L_5\overrightarrow{y_3}\right) \wedge -M_{34} g\overrightarrow{y_1} = -M_{34} g\left(L_3\overrightarrow{x_2} \wedge \overrightarrow{y_1} + \dfrac{1}{3}L_4\overrightarrow{x_3} \wedge \overrightarrow{y_1} + L_5\overrightarrow{y_3} \wedge \overrightarrow{y_1}\right) = -M_{34} g\left(L_3\cos\theta_{12} + \dfrac{1}{3}L_4\cos\theta_{12} - L_5\sin\theta_{13}\right)\overrightarrow{z_0}$;

- pesanteur sur E_1 : $\{\mathcal{T}(\text{pes} \rightarrow E1)\} = \left\{ \begin{array}{c} -M_{E1}g\overrightarrow{y_1} \\ \overrightarrow{0} \end{array} \right\}_{G_5}$. On a par ailleurs $\overrightarrow{\mathcal{M}(O_2, \text{pes} \rightarrow E1)} = \overrightarrow{O_2G_5} \wedge -M_{E1}g\overrightarrow{y_1}; = -M_{E1}g\left(L_3\overrightarrow{x_2} + L_4\overrightarrow{x_3} + L_5\overrightarrow{x_3} + l_5\overrightarrow{y_3} + L_7\overrightarrow{x_5}\right) \wedge \overrightarrow{y_1} = -M_{E1}g\left(L_3\cos\theta_{12} + L_4\cos\theta_{13} + L_5\cos\theta_{13} - l_5\sin\theta_{13} + L_7\cos\theta_{15}\right)\overrightarrow{z_0}$;
- effort presseur + perçage $\{\mathcal{T}(\text{Tronçon} \rightarrow E_1)\} = \left\{ \begin{array}{cc} -F-P & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{P,\mathcal{R}_5}$. On a par ailleurs $\overrightarrow{\mathcal{M}(O_2, \text{Tronçon} \rightarrow E1)} = \overrightarrow{O_2P} \wedge (-F-P)\overrightarrow{x_5} = \left(L_3\overrightarrow{x_2} + L_4\overrightarrow{x_3} + L_5\overrightarrow{x_3} + l_5\overrightarrow{y_3} + L_8\overrightarrow{x_5}\right) \wedge (-F-P)\overrightarrow{x_5} = -(F+P)\left(L_3\overrightarrow{x_2} \wedge \overrightarrow{x_5} + L_4\overrightarrow{x_3} \wedge \overrightarrow{x_5} + L_5\overrightarrow{x_3} \wedge \overrightarrow{x_5} + l_5\overrightarrow{y_3} \wedge \overrightarrow{x_5}\right) \wedge = -(F+P)\left(L_3\sin(\theta_{15}-\theta_{12}) + (L_4+L_5)\sin(\theta_{15}-\theta_{13}) + l_5\sin\left(\theta_{15}-\theta_{13}-\dfrac{\pi}{2}\right)\right)\overrightarrow{z_0}$.

Question 4 Quel théorème doit-être appliqué et sur quel axe de projection, pour déterminer le couple C_{12} ? Pour ne pas faire apparaître les actions de la liaison 1–2 il faudra réaliser un théorème du moment statique en O_2 en projection sur $\overrightarrow{z_2}$ (la liaison pivot n'a pas de composante en ce point et sur cette projection).

On a donc : $-\dfrac{1}{2}M_2gL_3\cos\theta_{12} - M_{34}g\left(L_3\cos\theta_{12} + \dfrac{1}{3}L_4\cos\theta_{12} - L_5\sin\theta_{13}\right) - M_{E1}g\left(L_3\cos\theta_{12} + \right.$ $(F+P)\left(L_3\sin(\theta_{15}-\theta_{12}) + (L_4+L_5)\sin(\theta_{15}-\theta_{13}) + l_5\sin\left(\theta_{15}-\theta_{13}-\dfrac{\pi}{2}\right)\right) = 0$.

Question 5 Déterminer l'équation littérale du couple C_{12} en fonction de g, F, P, M_2, M_{34}, M_{E1}, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, θ_{12}, θ_{15}. On a $C_{12} - \dfrac{1}{2}M_2gL_3\cos\theta_{12} - M_{34}g\left(L_3\cos\theta_{12} + \dfrac{1}{3}L_4\cos\theta_{12}\right) -$ $M_{E1}g\left(L_3\cos\theta_{12} + L_4 + L_5 + L_7\cos\theta_{15}\right) - (F+P)\left(L_3\sin(\theta_{15}-\theta_{12}) + (L_4+L_5)\sin(\theta_{15}) - l_5\cos(\right.$ 0.

Question 6 Déterminer alors la valeur du couple C_{12}. On a $C_{12} - \dfrac{1}{2}M_2gL_3\cos\theta_{12} - M_{34}g\left(L_3\cos\theta_{12} + \dfrac{1}{3}L_4\cos\theta_{12}\right) - M_{E1}g\left(L_3\cos\theta_{12} + L_4 + L_5\right) - (F+P)\left(L_3\cos(\theta_{12}) - (L_4+L_5)\right) =$ 0. Soit $C_{12} - \dfrac{1}{4}M_2gL_3 - M_{34}g\dfrac{1}{2}\left(L_3 + \dfrac{1}{3}L_4\right) - M_{E1}g\left(L_3\dfrac{1}{2} + L_4 + L_5\right) - (F+P)\left(L_3\dfrac{1}{2} - (L_4+L_5)\right) =$ 0. Au final $C_{12} = \dfrac{1}{4}M_2gL_3 + M_{34}g\dfrac{1}{2}\left(L_3 + \dfrac{1}{3}L_4\right) + M_{E1}g\left(L_3\dfrac{1}{2} + L_4 + L_5\right) + (F+P)\left(L_3\dfrac{1}{2} - (L_4+L_5)\right)$.

La valeur limite supérieure du couple C_{12} est fixée par le constructeur à 9000 Nm.

Question 7 Le choix du robot permettra-t-il de garantir les conditions d'assemblage dans cette position ? Justifier la réponse. $C_{12} = 6230$ Nm. Compatible avec le cahier des charges.