

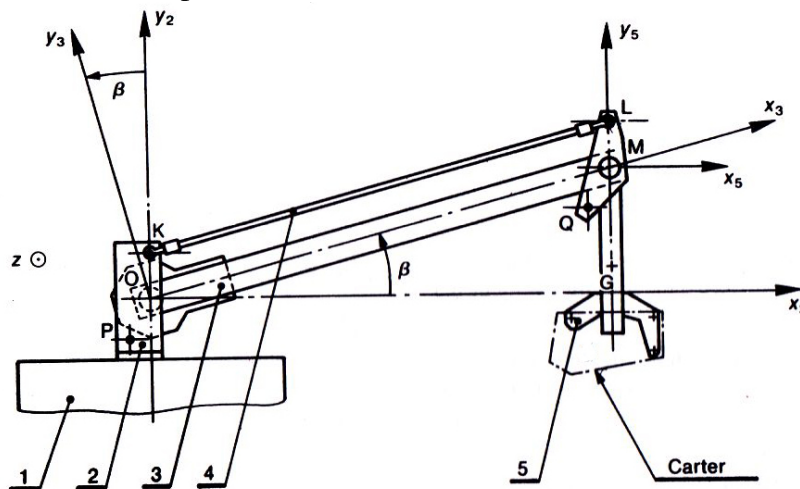
PSI – DM1**Bras manipulateur****23-09-2025****Mise en situation**

Le système étudié est un bras manipulateur destiné à déplacer sur une chaîne de moulage des carters en alliages léger de boîtes de vitesses automobiles.

Modélisation :

Ce bras manipulateur est constitué de 4 solides :

- ☞ Le socle 1 avec la tourelle 2 qui dans notre étude sont tous les deux liés (fixes) au sol.
- ☞ Le bras 3 lié à la tourelle 2 par une liaison pivot d'axe $(O, \vec{z}_2)$.
- ☞ Le préhenseur 5 lié au bras 3 par une liaison pivot d'axe $(M, \vec{z}_2)$.
- ☞ La tringle 4 est liée à la tourelle 2 et au préhenseur 5 par deux liaisons rotule dont les centres sont respectivement les points K et L.

**Objectif**

L'objectif du problème est de déterminer la valeur maximale du couple moteur C_m exercé sur le bras 3, afin de dimensionner ce moteur.

Dimensions et paramétrage

On associe à chaque solide i une base orthonormée directe $\mathcal{B}_i = (\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i)$.

On pose le paramètre angulaire : $\beta = (\widehat{x_2, x_3}) = (\widehat{y_2, y_3})$

On donne les dimensions suivantes : $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{KL} = \ell \cdot \vec{x}_3$ $\overrightarrow{OK} = \overrightarrow{ML} = d \cdot \vec{y}_2$

Le quadrilatère OMLK étant un parallélogramme déformable $\mathcal{B}_5 = \mathcal{B}_2$ et $\mathcal{B}_4 = \mathcal{B}_5$.

Le carter est fixé sur le préhenseur 5 de telle sorte que le centre de gravité de cet ensemble soit le point G avec : $\overrightarrow{MG} = -h \cdot \vec{y}_2$

Hypothèses

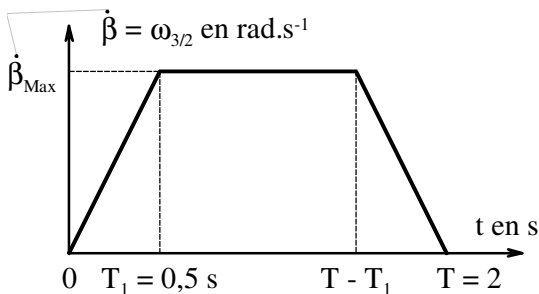
- ☞ Le problème se ramène à problème plan $(O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$
- ☞ Toutes les liaisons sont parfaites
- ☞ On néglige le poids et l'inertie de la tringle 4.
- ☞ L'accélération gravitationnelle est définie par le vecteur $\vec{g} = -g \cdot \vec{y}_2$.
- ☞ Le préhenseur 5 avec le carter ont une masse m_5 .
- ☞ Le bras 3 est assimilé à une barre homogène de longueur ℓ dont la section est faible devant sa longueur.
- ☞ Le bras 3 a un centre de gravité G_3 tel que $\overrightarrow{OG_3} = \frac{\ell}{2} \cdot \vec{x}_3$
- ☞ Toutes les liaisons sont des liaisons parfaites
- ☞ La liaison de centre O est motorisée. On a donc un couple $\vec{C}_m = C_m \cdot \vec{z}_2$ qui s'exerce sur le bras 3.

Travail demandé

1- Réaliser un graphe de structure du mécanisme. Vous donnerez le type, le centre et l'orientation de chacune des liaisons et vous ajouterez à ces liaisons les actions extérieures s'appliquant sur les solides.

2- Isoler la tringle 4 et en déduire la direction de $\vec{F}_{4 \rightarrow 5}$ la résultante de l'action mécanique de la tringle 4 sur le préhenseur 5.

3- On étudie la rotation du bras 3 par rapport à 2 d'une position horizontale à un angle β de 60° . Soit sur une course angulaire de $\Delta\beta = \frac{\pi}{3}$. Ce déplacement est un déplacement en trapèze des vitesses.



Le cahier des charges impose que le déplacement de 60° du bras 3 du manipulateur puisse se faire sur une durée maximale $T = 2$ s.

On choisit de faire ce déplacement avec les mêmes durées d'accélération et de décélération sur la moitié du temps de déplacement. Ces deux phases ont donc la même durée $T_1 = 0,5$ s

Déterminer β_{Max} la vitesse maximale du bras 3 par rapport au socle 2, et en déduire $\ddot{\beta}$ l'accélération angulaire du bras sur la première phase.

4- Quel est le type de mouvement du préhenseur 5 avec le carter par rapport au socle 2 ?

5- En déduire, en fonction de ℓ , β et $\ddot{\beta}$, les expressions de $\vec{V}_{G \in 5/2}$ la vitesse puis $\vec{a}_{G \in 5/2}$ l'accélération du centre de gravité G du préhenseur 5 avec le carter par rapport à la tourelle 2.

6- En isolant l'ensemble {Préhenseur 5 + Carter}, déterminer les composantes, dans la base $\mathcal{B}_3$, des actions en M et L en fonction de d , h , ℓ , g , m_5 , β , $\dot{\beta}$ et $\ddot{\beta}$.

On utilisera les notations suivantes : $\vec{F}_{4 \rightarrow 5} = X_{45} \cdot \vec{x}_3$ et $\vec{F}_{3 \rightarrow 5} = X_{35} \cdot \vec{x}_3 + Y_{35} \cdot \vec{y}_3$.

Où : $\vec{F}_{4 \rightarrow 5}$ et $\vec{F}_{3 \rightarrow 5}$ sont les résultantes des actions de 4 et 3 sur 5

7- Déterminer, en fonction de ℓ et m_3 , l'expression de $I_3 = I_{Oz_3}(3)$ le moment d'inertie du bras 3 par rapport à l'axe $(O, \vec{z}_3)$.

8- En isolant le bras 3, déterminer l'expression, en fonction de m_5 , m_3 , ℓ , β et g , du couple moteur C_m . En déduire en fonction de m_5 , m_3 , ℓ et g , du couple moteur maximal.