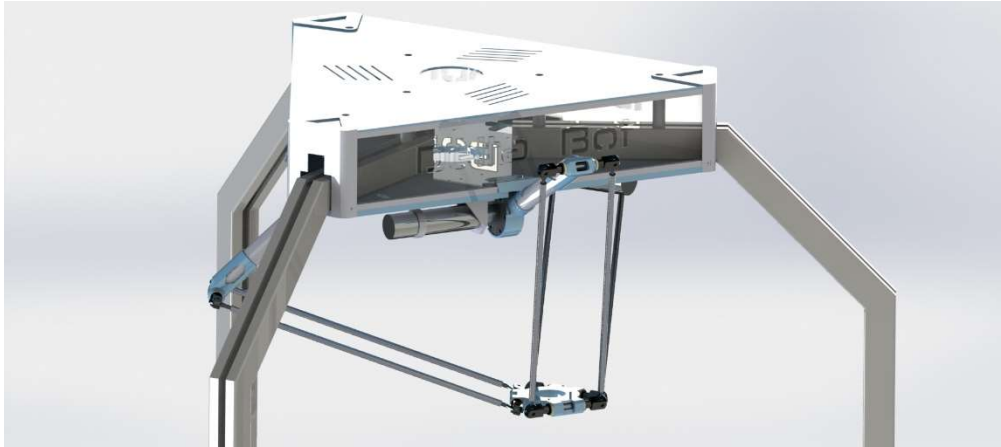


Travaux pratiques

Robot Delta chirurgical

Thème : Statique



Objectif : Il existe plusieurs critères de dimensionnement d'une machine à courant continu. Notamment, on peut le dimensionner sur :

- des critères dynamiques (capacité du moteur à générer une accélération du robot à charge donnée)
- des critères énergétiques (capacité du moteur à dissiper l'énergie calorifique provoquée par l'échauffement des enroulements).

C'est le second critère qui intéresse ce TP : on va déterminer la charge maximale que le robot peut porter, en statique, telle que le moteur ne chauffe pas jusqu'à sa défaillance.

A/ Mise en évidence de la problématique

- Démarrer l'interface de pilotage du robot Delta Bot, et exécuter une prise d'origine.
- Choisir le mode de pilotage en échelon
- Pour tout le TP, le mouvement de la plate-forme sera limité à une translation verticale d'axe : l'axe central du robot (c-à-d les angles des 3 bras sont à tout instant identiques).

Manipulation : courant en régime permanent à côte donnée

A-1/ Après avoir chargé la plate-forme inférieure du robot d'une masse de 500g, réaliser successivement 4 échelons vers la position $z = -350$ mm. Relever la valeur du courant en régime permanent.

Peut-on qualifier les mesures de fidèles ? (vous pourrez par exemple déterminer l'écart relatif entre les deux mesures les plus éloignées).

On appelle « couple nominal » d'un moteur le couple que celui-ci peut fournir continuellement sans subir de défaillance par échauffement excessif.

Concernant les moteurs du Delta Bot (Faulhaber série 3257 en 12V), les caractéristiques à retenir sont :

- $C_{\text{nominal}} = 63 \text{ mNm}$
- $k_t = 0.019 \text{ Nm/A}$

A-2/ Au vu de l'expérience précédente, les moteurs sont-ils capables de maintenir une charge de 500g à $z = -350\text{mm}$ sur une durée indéterminée sans échauffement excessif ?

A-3/ L'expérience précédente permet-elle de conclure que le système est (ou n'est pas) capable de maintenir la masse de 500g à l'équilibre quel que soit z ?

Vous disposez d'un document réponse, sur lequel sont représentés à l'échelle deux problèmes plans, pour deux cas de charges :

- le problème plan correspondant au cas de charge : (masse emportée=500g, $z = -350\text{mm}$)
- un problème plan correspondant au cas de charge : (masse emportée=500g, $z = -450\text{mm}$)

Le paramètre θ est l'angle fait entre un bras moteur, et la direction verticale ($\theta = 0^\circ$ lorsque le bras est en position verticale, et $+120^\circ$ lorsqu'il est en butée supérieure).

Le moteur entraîne le bras via un réducteur de rapport $k = 1/43$.

A-4/ Justifiez l'emploi d'une modélisation plane telle que celle-ci.

Déterminez les couples moteurs C_m nécessaires au maintien de l'équilibre dans les deux situations selon cette modélisation. Discutez du résultat.

Deux résolutions telles que celles-ci permettent-elles de conclure sur la linéarité (ou non-linéarité) de la relation $C_m = f(\theta)$. Peut-on donc extrapoler sur la capacité des moteurs à maintenir la charge à l'équilibre quel que soit z ?

Manipulation : courant en quasi-statique sur la course maximale

A-5/ Réaliser avec le robot un mouvement lent de la plate-forme, dans le sens de la montée, sur la plus grande amplitude de mouvement. Analyser les courbes de courants :

Conclure sur la (non ?) linéarité de la loi

Sachant que la cote $z = -350\text{mm}$ correspond à un angle $\theta = 1.15 \text{ rad}$, relever la valeur du courant I_{-350} à $z = -350 \text{ mm}$, et le couple moteur correspondant.

Conclure

NB : Vous pourrez exporter en csv la courbe d'acquisition, et l'ouvrir sous python par exécution du script `affichage_csv.py`, que vous adapterez éventuellement, pour manipuler et analyser plus aisément la courbe de mesures.

B/ Exploitation du modèle mécanique numérique

On s'intéresse à une simulation numérique du cas de charge précédemment évoqué : vous disposez d'un assemblage Solidworks (*delta_bot_bras_verticaux.SLDASM*), associé au module de simulation mécanique Meca3D. Dans ce module, on s'intéresse à l'étude intitulée « étude statique ».

Ce modèle devra nous permettre d'approximer suffisamment finement la capacité de charge du système, en évitant une approche expérimentale empirique, longue et nécessitant de soumettre le matériel à des charges élevées.

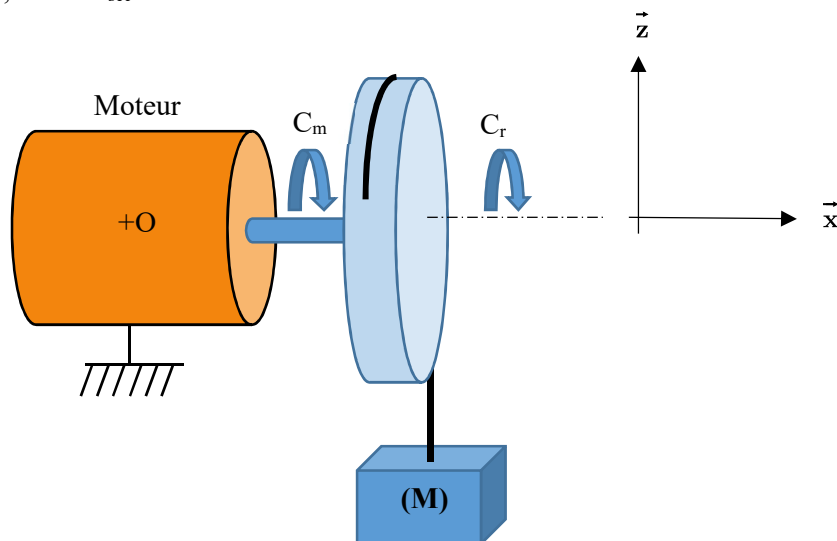
B-1/ Vérifier que le cas de charge déclaré dans Méca3D est le même que pour l'expérience, puis lancer une analyse « cinématique et statique » correspondant à un aller-retour vertical de la plate-forme inférieure (mouvement déjà chargé par défaut dans votre fichier)

Comparer l'allure de la courbe à celle obtenue expérimentalement

Quantifier l'écart entre le couple de maintien mesuré expérimentalement, et celui obtenu par le modèle numérique. Proposer une explication quant à la cause de cette erreur.

Afin de diminuer l'écart entre expérience et simulation, on propose maintenant de considérer le problème simplifié ci-dessous, qui présente de fortes analogies avec notre système à côte z donnée, pour des petits déplacements :

- Un moteur entraîne une poulie de rayon R , autour de laquelle est entourée une courroie de masse négligeable, au bout de laquelle est lié un solide de masse M .
- L'arbre moteur subit également un couple résistant sec : $C_r = \pm C_{rsec}$ suivant le sens de déplacement de la masse, avec $C_{rsec} > 0$



B-2/ En isolant la poulie et en écrivant un théorème du moment statique successivement dans les deux cas suivants : mouvement ascendant lent de la masse, et mouvement descendant lent de la masse, démontrer qu'il existe une relation simple entre C_{rsec} , le courant lors de la montée lente, et le courant lors de la descente lente.

Manipulation : détermination du couple résistant sec

B-3/ Proposer alors à votre enseignant un protocole permettant de mesurer le couple résistant sec. Après validation, mettez-le en œuvre.

C/ Détermination de la charge maximale admissible en statique

Nous ferons l'hypothèse que C_{rsec} varie de façon négligeable avec la masse installée.

C-1/ Déterminer la masse maximale que le robot peut maintenir à l'équilibre sur son axe central.