Travaux Pratiques – THEORIE DES MECANISMES
Capsuleuse de bocaux

Objectifs du TP

L'activité principale de ce TP consiste à déterminer le degré d'hyperstatisme du système considéré, les sources de cet hyperstatisme et les solutions pour le réduire.

1 – Mise en situation

Le système étudié est une capsuleuse de bocaux. Ce système s'insère dans une chaîne de conditionnement de produits alimentaires, entre l'unité de remplissage des bocaux et le poste d'étiquetage.

Sa fonction principale est de « *Fermer de manière étanche un bocal avec une capsule* ».

Décrire le fonctionnement normal de la capsuleuse en définissant les différentes étapes pour le capsulage d'un bocal.

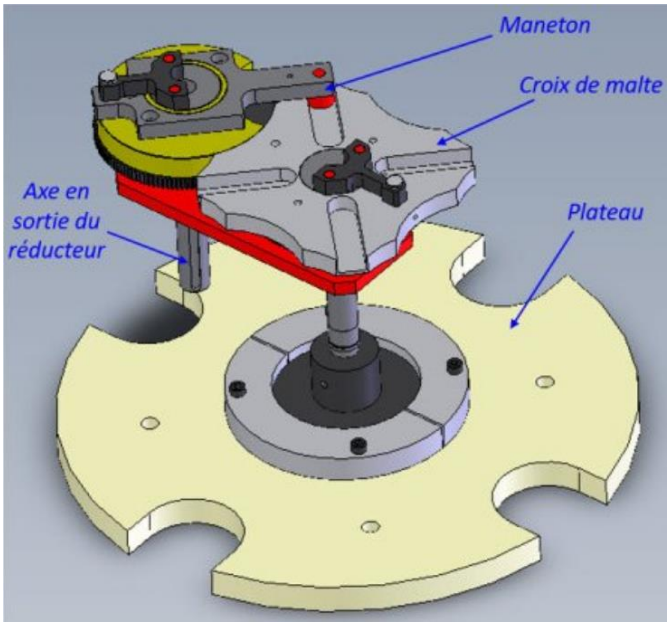
Parmi les deux étapes globales de transfert des bocaux ou de distribution/vissage des capsules, déterminer quelle est l'étape limitante vis-à-vis de l'Exigence 1.1 du système.

2 – Analyse du mécanisme de transformation de mouvement à croix de malte

Pour régler la cadence de production, l'opérateur agit sur le potentiomètre de réglage de la vitesse sur le pupitre de commande. Nous allons analyser l'architecture du mécanisme utilisé pour transférer les bocaux entre le tapis et la zone de vissage et proposer un modèle géométrique de ce mécanisme.

Ce modèle permettra de prévoir le réglage à effectuer pour obtenir une cadence souhaitée. Les bocaux sont transférés par le plateau indexeur à croix de malte. Un moteur asynchrone suivi d'un réducteur roue-vis assure la rotation du mécanisme de transformation de mouvement par croix de malte. Deux potentiomètres angulaires mesurent les vitesses de rotation du maneton, entraîné par le réducteur roue-vis, et celle de la croix de malte.

Remarque : Dans ce TP, on ne considèrera que l'ensemble {axe de sortie du réducteur, maneton, croix de Malte, plateau} en mouvement par rapport au bâti.



Analyse théorique de l'hyperstatisme du mécanisme

Etablir le graphe de liaisons du mécanisme. Détailler les hypothèses posées.

Proposer un schéma cinématique réduit modélisant la cinématique de la transformation de mouvement.

Donner le degré d'hyperstatisme du modèle cinématique via une approche cinématique.

Donner le degré d'hyperstatisme du modèle cinématique via une approche statique.

Identifier les sources d'hyperstatisme.

Quelle conséquence a ce degré d'hyperstatisme sur le mécanisme ?

Déterminer et justifier les modifications à apporter au système pour le rendre isostatique.

Détermination analytique de la loi Entrée/sortie

On donne l'équation de vitesse [vitesse de rotation du plateau par rapport au bâti (2/0)] notée $\dot{\alpha}$ sur [vitesse de rotation du maneton par rapport au bâti (1/0)] notée $\dot{\theta}$:

$$\frac{\dot{\alpha}}{\dot{\theta}} = \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} = \frac{0,71 - \cos(\theta)}{2,12 - 2.\cos(\theta)}$$

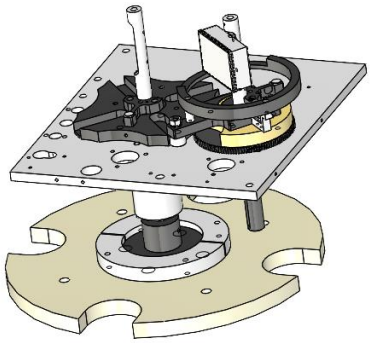
Expliciter la démarche permettant d'obtenir cette loi en vitesse (on ne demande pas de faire le calcul, mais par contre il est demandé de poser un schéma paramétré, indiquer les fermetures géométriques souhaitées, les projections, etc ...).

Tracer sous Python la courbe de ce rapport en fonction de θ.

Mettre en place la démarche permettant d'obtenir analytiquement puis numériquement la loi en vitesse afin de vérifier la loi donnée précédemment.

Détermination de la loi entrée/sortie par simulation numérique

Ouvrir la maquette SolidWorks « CAPSULEUSE_THEORIE_MECA » dans le dossier « *CAPSULEUSE CAO THEORIE MECA* » (*penser à dé-zipper le dossier CAO avant de l'utiliser : « clic droit » sur le dossier zippé puis « Extraire le dossier »).*



Remarque : La liaison entre le galet et la croix est une liaison came.

Remarque : La simulation sera effectuée pour ¼ de tour de la croix de malte uniquement.

Remarque : La simulation sera effectuée avec la même vitesse de rotation du maneton (1) que dans la partie expérimentale suivante.

On note ω_{20} la vitesse de rotation du plateau par rapport au bâti (2/0)] et ω_{10} la vitesse de rotation du maneton par rapport au bâti.

Réaliser une simulation et donner la courbe de $\frac{\omega_{20}}{\omega_{10}}$ en fonction de θ.

Déterminer le degré d'hyperstatisme de la maquette *(« clic droit » sur « Analyse » dans Meca3D, puis « Hyperstatisme »*) et comparer l'hyperstatisme trouvé à celui de la partie précédente ? Expliquer les éventuels écarts.

Quelle conséquence a ce degré d'hyperstatisme sur le mécanisme ?

Déterminer, en modifiant les liaisons sous Méca3D, les modifications à apporter au système pour le rendre isostatique. Réaliser la simulation pour cette nouvelle configuration. Commenter.

Détermination expérimentale de la loi Entrée/sortie

Identifier sur le système complet les différents capteurs équipant ce système. Préciser lesquels équipent réellement la machine industrielle et ceux qui sont ajoutés sur le banc d'essai. Préciser ce qu'ils mesurent et expliciter leur fonctionnement (en 2 lignes).

On donne l'équation de vitesse [vitesse de rotation du plateau par rapport au bâti (2/0)] notée $\dot{\alpha}$ sur [vitesse de rotation du maneton par rapport au bâti (1/0)] notée $\dot{\theta}$:

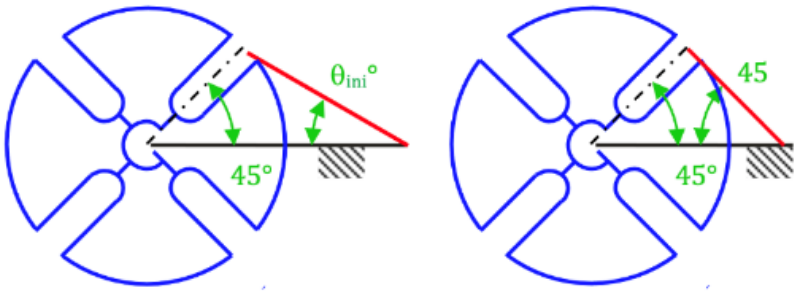
$$\frac{\dot{\alpha}}{\dot{\theta}} = \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} = \frac{0,71 - \cos(\theta)}{2,12 - 2.\cos(\theta)}$$

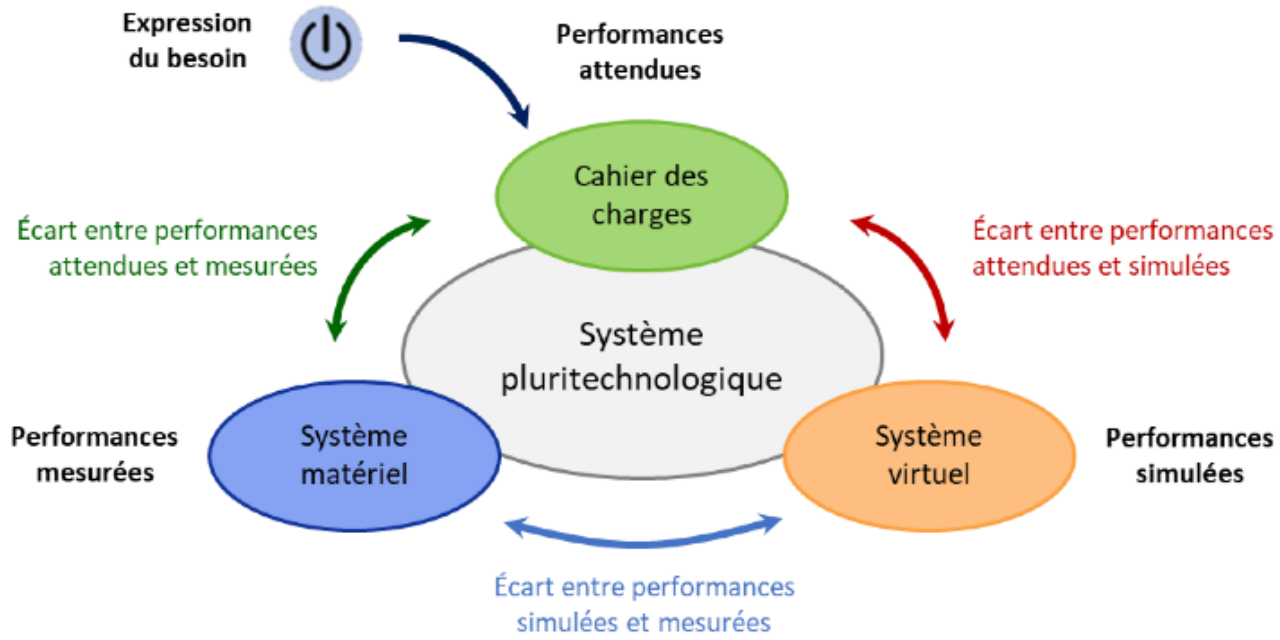
Proposer un ou des essais expérimentaux permettant de valider l'équation de vitesse.

Remarque : Pour avoir un tracé expérimental en fonction de θ, il est possible de faire l'hypothèse d'une vitesse constante pour le maneton (à vérifier et à déterminer expérimentalement) puis de supposer que $\theta = \omega_{10}.t$

Mettre en place les essais expérimentaux afin d'obtenir la loi de vitesse expérimentale.

Comparer les deux architectures de croix de malte présente ci-dessous, en particulier sous l'angle de l'accélération de la croix de malte à vitesse de moteur constante.



3 –Validation

L'objectif pour le groupe est de comparer pour la loi de vitesses, les résultats obtenus à partir des mesures expérimentales et ceux obtenus par les calculs analytiques et par la simulation numérique. Calculer les écarts et estimer d'où ils peuvent provenir.