

TP PSI-S3-CI05

Dynamique

Objectif : Appliquer le Th. Du moment dynamique. Valider expérimentalement les résultats des calculs.

Problématique : Déterminer les couples moteurs dans différentes situations

Travail en îlot : 3 équipes

Pour le mouvement souhaité :

- **L'équipe 1** va mettre en œuvre le système conformément aux dispositions géométriques et au mouvement choisi en commun. La mesure des grandeurs mesurables devrait valider les calculs de la première équipe.
- **L'équipe 2** va mettre en œuvre les calculs théoriques des composantes du torseur dynamique à l'aide des données de la maquette numérique.
- **L'équipe 3** utilisera la maquette Solidworks du Bras BETA et Meca3D pour obtenir les valeurs de la géométrie, déterminer par simulation les vitesses et accélérations ainsi que les couples au pignon de sortie moteur.

Les mouvements étudiés seront successivement translation puis rotation et enfin le mouvement composé.

L'accéléromètre-gyromètre pourra être placé en différents points du bras 2 (P ou O) et permet de mesurer les accélérations radiale, tangentielle et la vitesse de rotation.

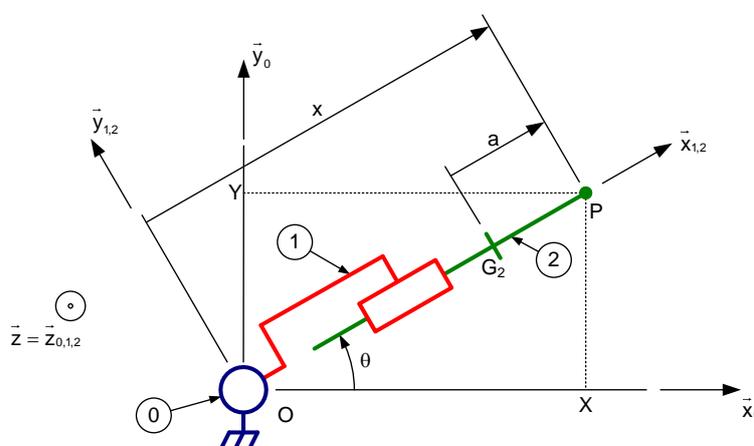


Schéma simplifié du mécanisme Bras BETA

Équipe 1 : Expérimentateurs

Vous devrez mettre en œuvre le système pour pratiquer des essais successivement en translation, rotation, et les 2 mouvements combinés.

- Menu Paramètres : Charges les paramètres constructeurs
- Onglet Contrôle tubes / Réglages des paramètres de commande :

PID : 1, 0, 0.

Loi de vitesse en trapèze avec synchronisation

Période d'échantillonnage : 5 ms

- Initialisation.

Onglet Génération de trajectoires :

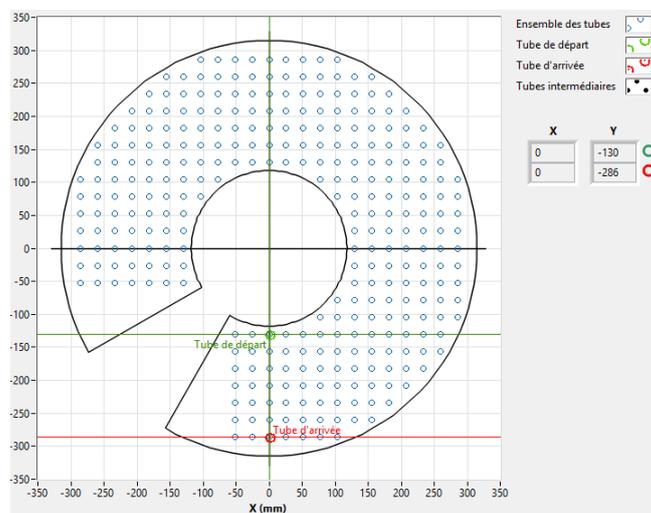
Vous sélectionnez des tubes à contrôler de façon à obtenir les mouvements désirés. Vous obtiendrez directement les lois de commande (accélération et vitesse). Par contre, les valeurs réelles seront différentes. Ce sont ces valeurs (après essais que vous devrez communiquer aux autres équipes.

COMPLETEZ LE TABLEAU COMMUN AVEC LES VALEURS MESURÉES.

CAS 1 : TRANSLATION

Manipulation 1 : Réglez l'accéléromètre en P.

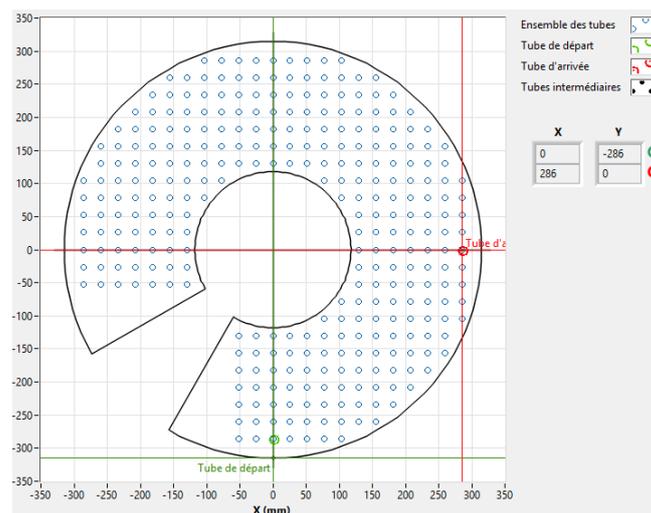
- Après avoir choisi 2 tubes adéquats pour un seul mouvement de translation en extension, partagez avec les autres équipes les valeurs obtenues pour la loi de vitesse décidée par la commande.
- Mesurer l'accélération et les intensités. En déduire les moments moteurs grâce aux constantes de couple.
- Mesurer la vitesse (du point P) dans l'onglet « Dépouillement opérationnel des résultats ».



CAS 2 : ROTATION

Manipulation 2 : Choisir 2 tubes pour avoir une course de 90°, d'abord bras sorti, puis pour $X_p = a_2$.

- Partagez avec les autres équipes les valeurs obtenues pour la loi de vitesse décidée par la commande.
- Mesurer l'accélération tangentielle et les intensités. En déduire les moments moteurs grâce aux constantes de couple.
- Mesurer la vitesse de rotation (obtenue grâce au gyroscope)
- Mesurer la vitesse (du point P) dans l'onglet



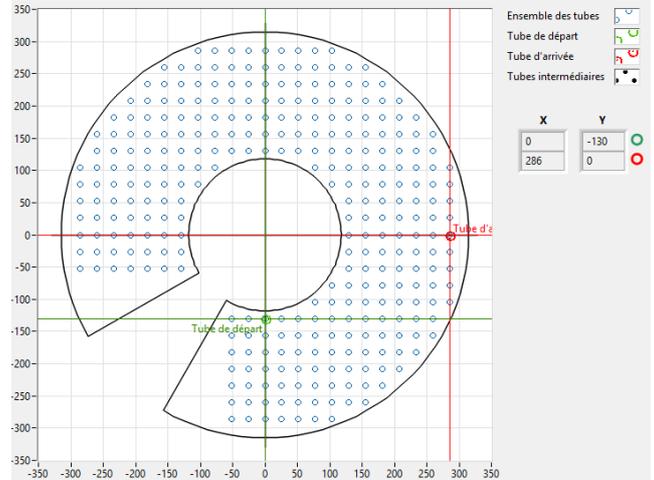
« Dépouillement opérationnel des résultats ».

Manipulation 3 : Refaire un essai avec une position correspondant à 2 tubes à un rayon proche de $(X,Y) = (0,-239)$ au départ et $(239,0)$ à la fin. On aura alors $X_p \cong a_2$.

COMPOSITION

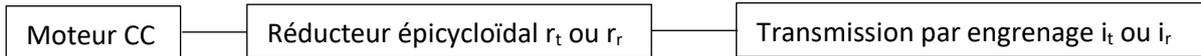
Manipulation 4 : Choisir 2 tubes à contrôler pour obtenir à la fois l'extension du bras et la rotation de 90° .

- Partagez avec les autres équipes les valeurs obtenues pour la loi de vitesse décidée par la commande.
- Mesurer l'accélération tangentielle et les intensités. En déduire les moments moteurs maxi grâce aux constantes de couple.
- Comment apparaît le terme de couplage présent dans les équations ?
- Mesurer la vitesse de rotation (obtenue grâce au gyroscope)
- Mesurer la vitesse (module du point P) dans l'onglet « Dépouillement opérationnel des résultats ».

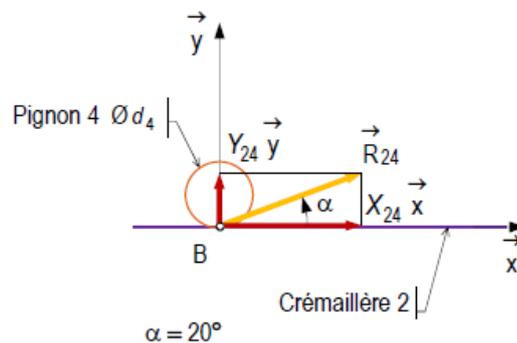


Manipulation 5 : Sélectionner à présent un paramétrage de commande pour une loi de vitesse en trapèze sans synchronisation.

- Reprendre l'essai et observer les différences dans les intensités et accélération. Commenter.

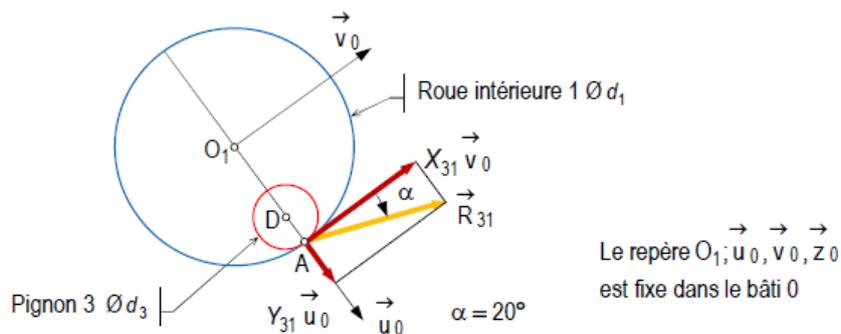
Equipe 2 : Calculateurs

Chaînes d'énergie
A- Données cinétiques (en correspondance avec les formules données par la suite)

Sous-ensemble 1	Centre de gravité OG_1 suivant x_1 : $a_1 = 33,85$ mm (fixe)
Masse $m_1 = 4$ kg	Moment d'inertie de 1 en G_1/z : $J_1 = C_1 = 14,31 \cdot 10^{-3}$ kg.m ²
	Réducteurs: $r_t = 26$ $i_t = 83,33$ rad.m ⁻¹
	Moment d'inertie du moto-réducteur de translation $J_{mt} = 1,63 \cdot 10^{-6}$ kg.m ² et $J_{mt} \cdot r_t^2 \cdot i_t^2 = 7,64$ kg.m ²
Sous-ensemble 2	Centre de gravité du bras 2 : $PG_2 = a = a_2 = 239,83$ mm
Masse $m_2 = 3,5$ kg	Moment d'inertie de 2 en G_2/z : $J_2 = C_2 = 96,84 \cdot 10^{-3}$ kg.m ²
	Réducteurs $r_r = 103$ $i_r = 2,5$
	Moment d'inertie du moto-réducteur de rotation $J_{mr} = 2,25 \cdot 10^{-6}$ kg.m ² et $J_{mr} \cdot r_r^2 \cdot i_r^2 = 0,149$ kg.m ²

B- Calcul du moment moteur de translation M_{mt} : (voir les données dans le tableau ci-après)

Action du pignon moteur 4 sur la crémaillère (i_t)

Après le calcul dynamique, on obtient :

$$M_{mt} r_t i_t = (J_{mt} r_t^2 i_t^2 + m_2) \ddot{x}_P - m_2 (x_P - a_2) \dot{\theta}^2$$
C- Calcul du moment moteur en rotation M_{mr} :



Action du pignon moteur 3 sur la couronne 1 (i_r)

Après le calcul dynamique, on obtient :

$$M_{mr} r_r i_r = (C_1 + m_1 a_1^2 + C_2 + m_2 (x_P - a_2)^2 + J_{mr} r_r^2 i_r^2) \ddot{\theta} + J_{mt} r_t i_t \ddot{x}_P + 2m_2 (x_P - a_2) \dot{x}_P \dot{\theta}$$

D- Travail à effectuer :

Déterminer conjointement à l'équipe 1 les conditions de vitesse et accélération du mouvement de translation. Compléter le tableau au fur et à mesure avec les valeurs des paramètres et vos résultats.

CAS 1 : TRANSLATION

Calcul 1 :

- Quelles sont les valeurs de $\dot{\theta}$ et de \ddot{x}_P .

Calcul 2 :

- Calculer le moment moteur M_{mt} .

Calcul 3 :

- Que dire de M_{mr} ?

CAS 2 : ROTATION

- Fixer conjointement aux équipes 2 et 3 la position du bras 2 et prendre les conditions de vitesse et accélération du mouvement de rotation issues de l'équipe d'expérimentation.
- Choisir ainsi le paramètre X_p .

Calcul 4 :

- Calculer le moment moteur M_{mr} .
- Que se passe-t-il si G2 est sur l'axe de rotation ? Déterminer la différence de moment moteur.

Calcul 5 :

- Calculer M_{mt} .

CAS 3 : COMPOSITION (vitesses synchronisées)**Calcul 6 :**

En fonction des valeurs obtenues par la commande du système Bras BETA,

- Donner la position de départ (X et Θ), les vitesses et accélérations prévues.
- Avec les valeurs numériques obtenues, quantifier numériquement ce moment de couplage.
- A quel instant particulier de la loi trapèze de vitesse ce terme a-t-il le plus d'importance ?
- Calculer les moments moteurs M_{mt} et M_{mr}

EQUIPE 3 : SIMULATEURS

Vous disposez de la maquette numérique Solidworks du Bras BETA complet et de la construction du modèle MECA3D.

Vous devrez réaliser les courbes des lois de vitesse des pignons de sortie moteur (3 et 4) en tenant compte des différentes réductions de la chaîne d'énergie. Les valeurs « moteurs » sont données par les expérimentateurs.

CAS 1 : TRANSLATION

Simulation 1 :

- Mettre le Bras BETA en position de départ conformément à l'expérience.
- Reconstruire
- Définir la loi de vitesse en translation avec l'éditeur de courbes (voir la notice MECA3D)
- Lancer le calcul sur la durée souhaitée, donc la distance voulue
- Afficher successivement les courbes de vitesse, d'accélération (par défaut du centre de gravité du bras 2)
- Afficher les couples moteurs.
- Compléter le tableau commun de valeurs.

CAS 2 : ROTATION

Simulation 2 :

- Mettre le Bras BETA en position de départ conformément à l'expérience (rotation de 90°)
- Reconstruire
- Définir la loi de vitesse en rotation (voir la notice MECA3D)
- Lancer le calcul sur la durée souhaitée, donc la distance voulue
- Afficher successivement les courbes de vitesse, d'accélération (par défaut du centre de gravité du bras 2)
- Déterminer par le moyen de votre choix (calcul ou définition du point P) les valeurs de la vitesse et de l'accélération tangentielle en P, extrémité du bras
- Afficher les couples moteurs.
- Compléter le tableau commun de valeurs.

Simulation 3 :

- Nouvel essai de rotation avec la nouvelle position du bras 2 correspondant à $X_p = a_2$ (centre de gravité de 2 en O).
- Commenter la valeur du couple moteur en rotation.

CAS 3 : COMPOSITION

Simulation 4 :

- Placer le bras en position de départ conforme
- Reconstruire
- Les lois de vitesse devront être adaptées à un mouvement synchronisé
- Lancer le calcul et affichez successivement les courbes de vitesse, accélération et couples moteurs.
- Déterminer les valeurs au point P.
- Comment apparaît le terme de couplage dans les résultats ? Sa valeur simulée correspond-elle au calcul et à l'expérience ?

Simulation 5 :

- Les lois de vitesse sont à présent telles qu'il n'y a plus synchronisation des mouvements de translation et rotation.
- Définir ces lois avec l'éditeur de courbes de MECA3D
- Lancer le calcul comme précédemment
- Observer l'effet sur les couples moteurs de ce type de commande.

CONCLUSION

Le tableau commun doit être à présent complété.

- Evaluer en semble les écarts constatés entre les différentes valeurs obtenues par calcul, expérience et simulation.
- Emettre des hypothèses pouvant justifier les écarts constatés.