

ROBOT CARTESIEN DE PRESSE D'INJECTION PLASTIQUE

(Extrait du concours Banque PT SIA 2006)

1. PRÉSENTATION DU CONTEXTE

Le déchargement des presses d'injection (voir Figure 1) est généralement effectué en automatique par des robots 3 axes cartésiens, voire par des robots 6 axes lorsque des problèmes d'éjection imposent des trajectoires complexes de la pièce hors du moule. Ce déchargement représente un enjeu stratégique : la durée du cycle du robot pour récupérer la pièce dans le moule engendre un coût non négligeable sur le prix final de la pièce produite puisqu'il n'y a pas d'injection pendant ce temps.

Une vidéo illustrant le procédé est disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=KbFj_YMkmxg



Figure 1 - Presse d'injection plastique avec son robot de déchargement.

Les pièces produites par la cellule d'injection sont ici des ardoises d'écolier (voir Figure 2) composées d'un insert en carton plastifié surmoulé pour obtenir un bord plastifié autour de celui-ci. Les inserts sont déposés dans le moule de la presse avant la fermeture du moule. Le moule comporte deux empreintes (voir Figure 3) afin de réaliser deux ardoises par cycle.

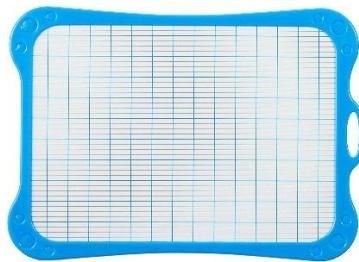


Figure 2 - Ardoise d'écolier avec son surmoulage plastifié.

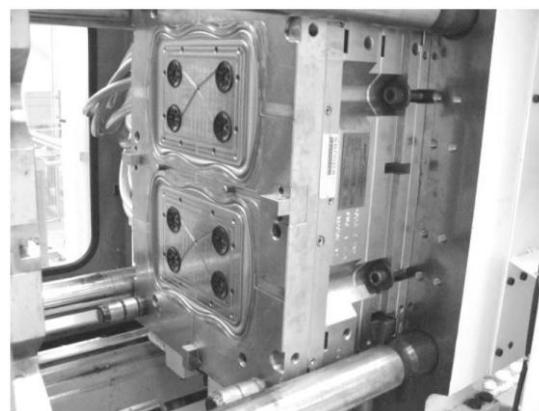


Figure 3 - Moule avec les deux empreintes.

Le robot cartésien permettant des opérations de déchargement de la presse d'injection est décrit par le diagramme de définition de blocs de la Figure 4.

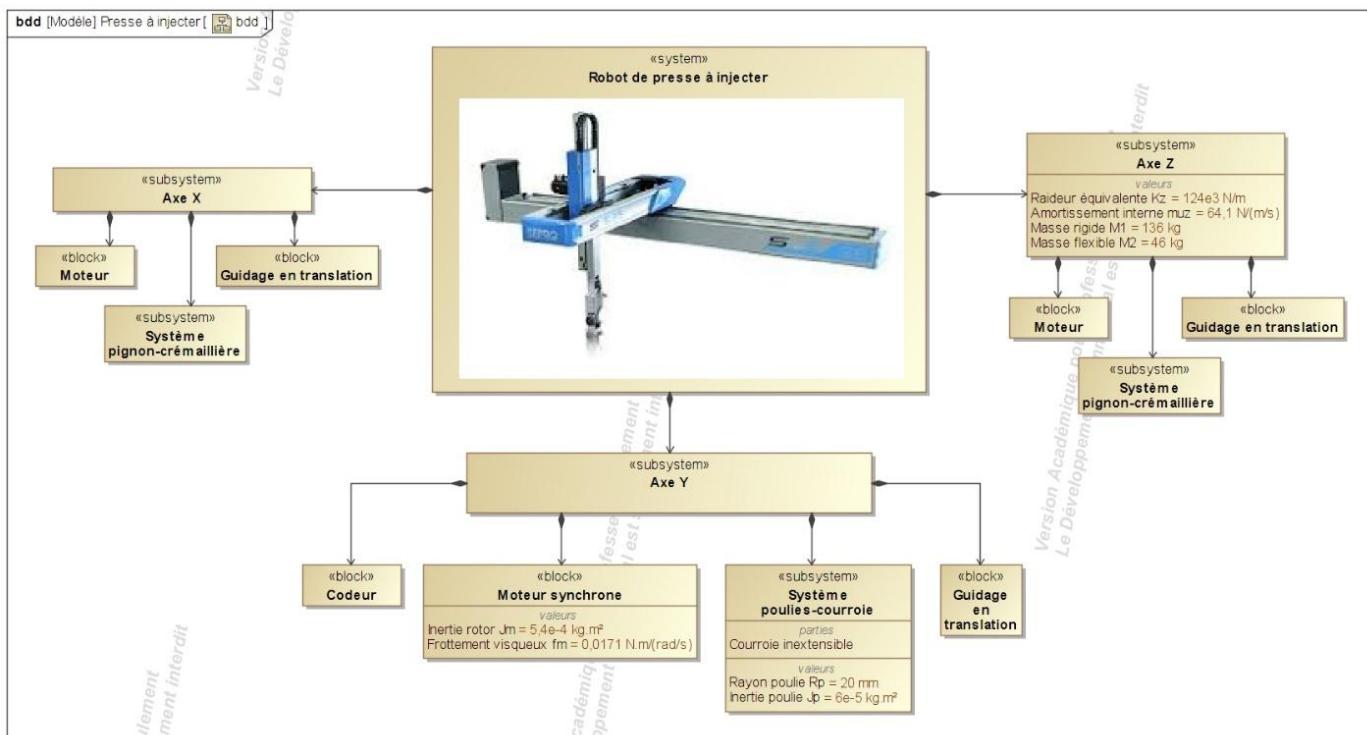


Figure 4 - Diagramme de définition de blocs du robot cartésien.

Pour rentabiliser la production, il est nécessaire de minimiser le temps de déchargement. Ainsi, la dynamique du robot est primordiale et doit permettre la mise en mouvement rapide des inerties sans nuire au fonctionnement c'est-à-dire sans générer de vibrations.

Or, lors du fonctionnement de l'axe X ou de l'axe Y, le bras Z peut se déformer (flexion) sous l'effet des inerties comme le montre les résultats de la simulation par éléments finis de la Figure 5.

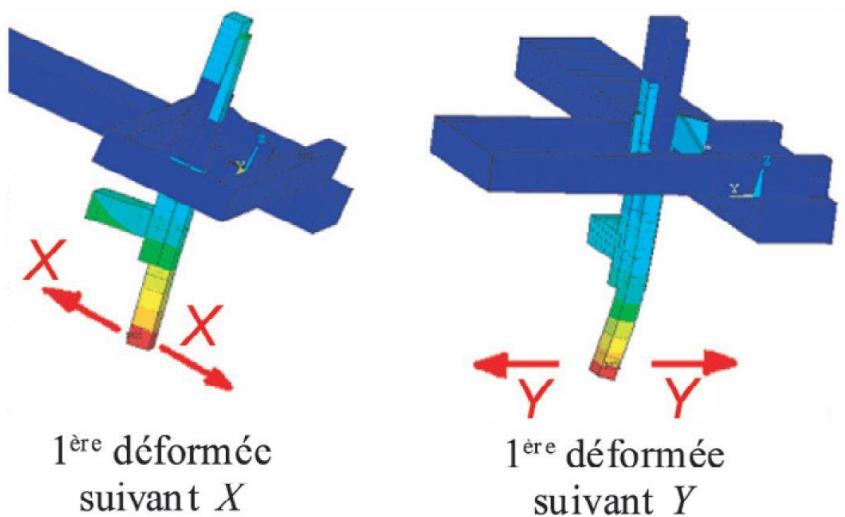


Figure 5 - Simulation éléments finis de la déformation de l'axe Z.

Les résultats montrent que la déformée est plus importante dans le cas d'un déplacement du bras Z dans la direction Y.

C'est donc la dynamique de l'axe Y qui est la plus à même de générer des vibrations au niveau du préhenseur situé à l'extrémité du bras Z.

2. MODELISATION ACAUSALE DE L'AXE Y

Objectif : Construire un modèle acausal pour simuler le comportement dynamique de l'axe Y suite à la mise en mouvement du bras Z.

Pour ce nouveau modèle d'étude, on considère donc les hypothèses suivantes :

- Bâti parfaitement rigide ;
- Axes X et Z immobiles ;
- Courroie de transmission inextensible et sans masse ;
- Liaisons avec frottement :
 - Frottement visqueux de rotation ramené sur l'axe moteur : f_m (liaison pivot **AM/0**) ;
 - Frottement visqueux de translation : f_1 (liaison glissière (**Ch/0**)) ;
- Effets de la flexion du bras Z suivant la direction Y modélisés en considérant M_1 et M_2 masses équivalentes associées respectivement aux parties rigide et souple du bras Z ;
- Vitesse de déplacement de la masse rigide : $\vec{V}(G_1, \text{Masse } 1/0) = V_1 \cdot \vec{y}$;
- Vitesse de déplacement de la masse souple : $\vec{V}(G_2, \text{Masse } 2/1) = V_2 \cdot \vec{y}$

Le modèle détaillé de l'axe Y est alors celui de la Figure 6 :

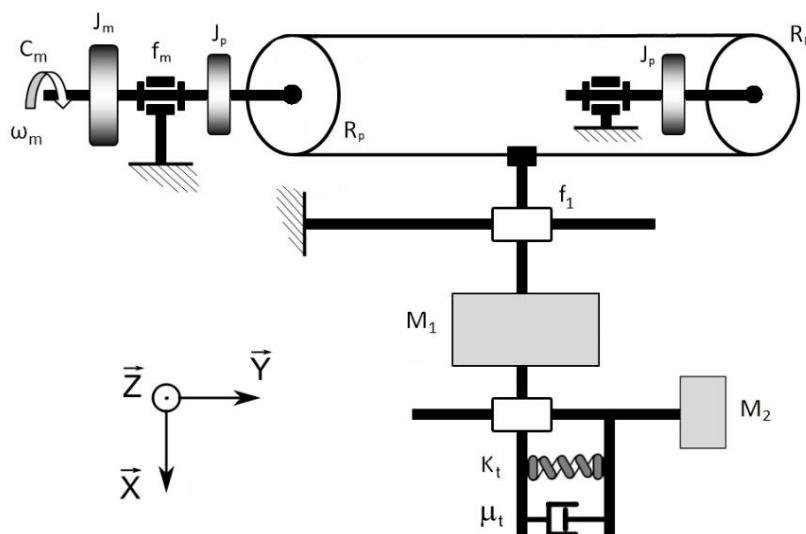


Figure 6 - Modèle détaillé (souple avec pertes)

L'inertie du rotor est $J_m = 0,022 \text{ g} \cdot \text{m}^2$

L'inertie de chaque poulie est $J_p = 3 \text{ g} \cdot \text{m}^2$

Les masses sont $M_1 = 136 \text{ kg}$ et $M_2 = 46 \text{ kg}$

Les coefficients de frottement visqueux sont $f_m = 0,0171 \text{ N} \cdot \text{m/rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et $f_1 = 100 \text{ N/m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Le rayon des poulies est $R_p = 20 \text{ mm}$.

La raideur équivalente du mode de flexion du bras est $K_t = 124 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

L'amortissement interne du mode de flexion est $\mu_t = 64,1 \text{ N/m} \cdot \text{s}^{-1}$

Remarque : le moteur brushless avec sa commande sera considéré équivalent à un moteur à courant continu dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Résistance d'induit : $R_m = 7 \Omega$
- Inductance d'induit : $L_m = 31 \text{ mH}$
- Constante de fem : $K_m = 0,7 \text{ V/rad} \cdot \text{s}^{-1}$

- 2.1. Modéliser ce système à l'aide du module SimScape de Matlab.
- 2.2. Soumettre le moteur à courant continu à un échelon de tension de 230 V (durée de simulation : 1 s) et commenter l'évolution de la position et de la vitesse de la partie souple du bras.
- 2.3. Commenter l'évolution du courant moteur $i(t)$.

3. MODELISATION ACAUSALE DU SYSTEME SOUPLE AVEC PERTES

Objectif : Prendre en compte l'élasticité de la courroie pour améliorer la modélisation de la transmission.

En fait, la courroie de transmission n'est pas inextensible.

La courroie est composée de 3 brins dont les comportements sont différents :

- Brin entre **PM** et **Ch** (brin supérieur mou, inextensible)
- Brin entre **PM** et **PR** (brin inférieur gauche, tendu, extensible)
- Brin entre **PR** et **Ch** (brin inférieur droit, tendu, inextensible)

La souplesse de la courroie est donc modélisée par un ressort de raideur équivalente $K_e = 300000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Le modèle détaillé de l'axe Y est alors celui de la Figure 7 :

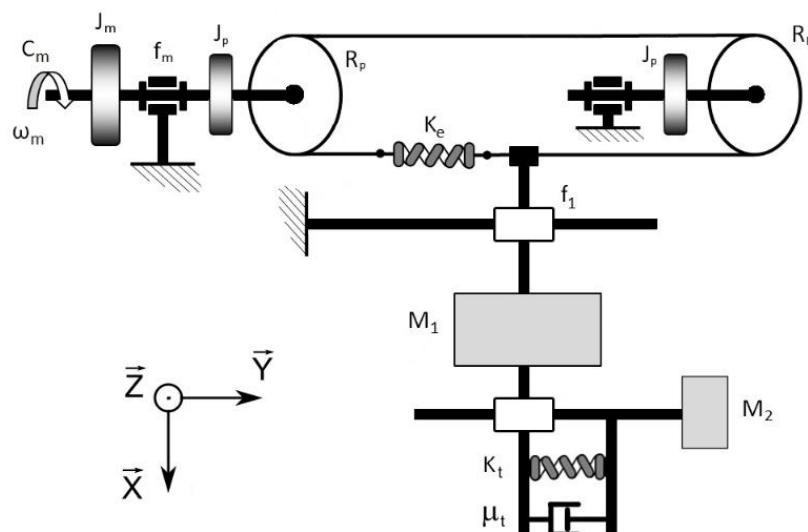


Figure 7 - Modèle détaillé (souple avec pertes)

- 3.1. Modifier le modèle SimScape précédent pour qu'il prenne en compte la souplesse de la courroie.
- 3.2. Soumettre le moteur à courant continu à un échelon de tension de 230 V (durée de simulation : 1 s) et commenter l'évolution de la position et de la vitesse de la partie souple du bras.
- 3.3. Commenter l'évolution du courant moteur $i(t)$.
- 3.4. La souplesse de la courroie a-t-elle de l'influence sur le comportement dynamique du système ?
- 3.5. Diminuer la raideur de la courroie et visualiser les conséquences sur le comportement dynamique de la charge.