

CORRIGÉ - TD4 - Commande générique d'ouvrants pilotés d'automobiles¹

Q1. Déterminer l'expression littérale de la résultante selon \vec{z} de l'action mécanique du joint inférieur sur la vitre au cours du déplacement de celle-ci.

On décompose un effort infinitésimal du joint inférieur sur la vitre par la somme d'un effort normal et d'un effort tangentiel :

$$\vec{R}_{\text{joint inférieur} \rightarrow \text{vitre}} \cdot \vec{z} = 2 \int (\overrightarrow{dN} + \overrightarrow{dT}) \cdot \vec{z}$$

L'effort normal est une charge linéique suivant \vec{x} , l'effort tangentiel peut s'exprimer en utilisant le modèle de Coulomb au glissement. Il s'oppose au mouvement de la vitre ($\pm \vec{z}$) :

$$\overrightarrow{dN} = \pm p \cdot dl \vec{x} \quad \overrightarrow{dT} = \pm 2f \cdot dN \vec{z} = \pm 2fp \cdot dl \vec{z}$$

$$\vec{R}_{\text{joint inférieur} \rightarrow \text{vitre}} \cdot \vec{z} = \pm 2 \int_0^L 2fp dl = \pm 2fpL$$

Q2. Représenter l'évolution au cours du temps de la résultante des efforts résistants selon \vec{z} de l'ensemble des joints sur la vitre (2 joints verticaux de hauteur H et un joint horizontal de longueur L). Donner les valeurs numériques minimale et maximale de cet effort.

Préalablement, il faut calculer l'effort global des joints (inférieur et latéraux) sur la vitre. Mais on a déjà fait celui du joint inférieur sur la vitre, il ne nous reste plus qu'à calculer l'effort global des joints latéraux sur la vitre.

On décompose un effort infinitésimal des joints latéraux sur la vitre par la somme d'un effort normal et d'un effort tangentiel :

$$\vec{R}_{\text{joints latéraux} \rightarrow \text{vitre}} \cdot \vec{z} = 2 \int (\overrightarrow{dN} + \overrightarrow{dT}) \cdot \vec{z}$$

L'effort normal des joints latéraux est une charge linéique suivant \vec{x} , l'effort tangentiel peut s'exprimer en utilisant le modèle de Coulomb au glissement. Il s'oppose au mouvement de la vitre ($\pm \vec{z}$) :

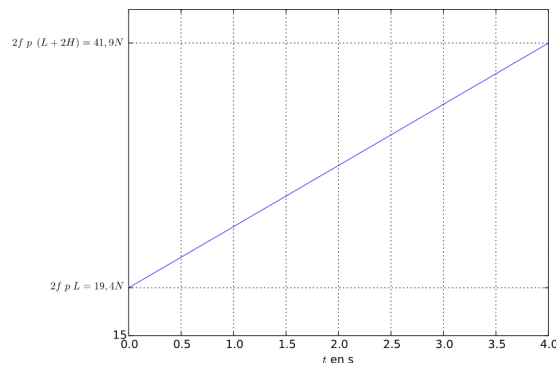
$$\overrightarrow{dN} = \pm p \cdot dz \vec{x} \quad \overrightarrow{dT} = \pm f \cdot dN \vec{z} = \pm fp \cdot dz \vec{z}$$

En conséquence, en ne conservant que la composante suivant $-\vec{z}$ (vitre montante) (hypothèse : 4 contacts sur la hauteur de part et d'autre de la vitre, et à gauche et à droite de la vitre) :

$$\vec{R}_{\text{joints latéraux} \rightarrow \text{vitre}} \cdot \vec{z} = 4 \int fp dz = 4fpz \quad \text{avec } z \in [0, H]$$

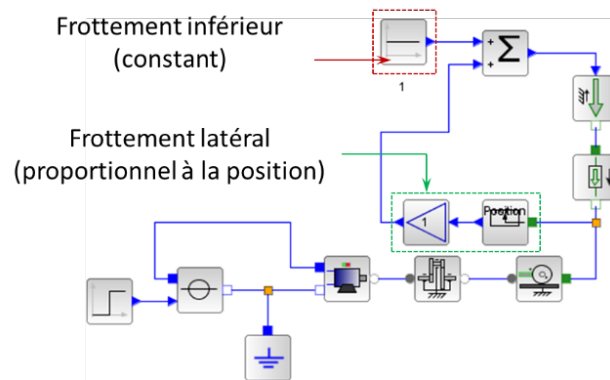
La résultante globale des actions mécaniques de frottement des joints sur la vitre s'exprime donc par :

$$\vec{R}_{\text{joints} \rightarrow \text{vitre}} \cdot \vec{z} = 2fpL + 4fpz \quad \text{avec } z \in [0, H]$$

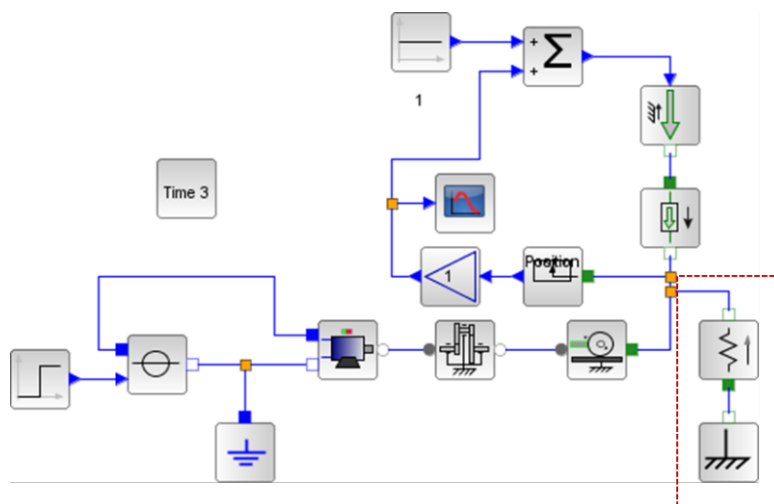


On obtient alors, puisque la vitesse de montée est supposée constante ($z = V \times t$) :

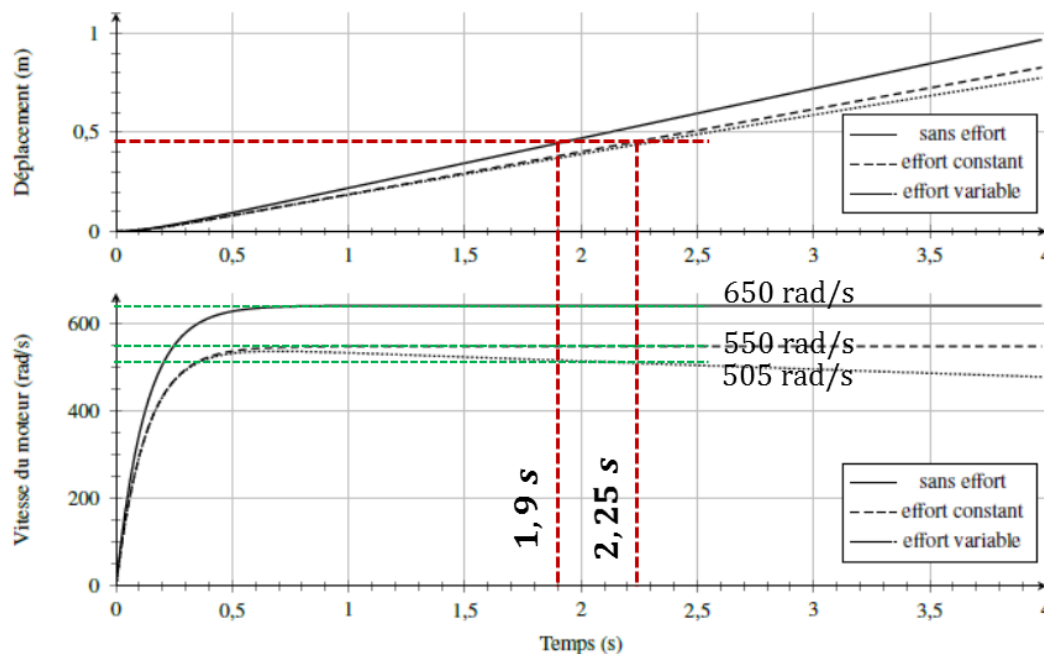
Q3. Indiquer, en entourant sur la figure ??, l'action du joint horizontal inférieur (en rouge) et l'action des joints verticaux latéraux (en vert).



Q4. Compléter, en réalisant un tracé de couleur bleue, le schéma-blocs multiphysique de la figure ?? pour prendre en compte cet obstacle. Une palette composée de constituants standards est donnée sur la figure ??.



Q5. Dans chacune des situations, relever le temps au bout duquel la vitre atteint la position maximale définie dans le diagramme des exigences. Commenter l'influence de l'effort résistant sur la vitesse en régime permanent et en régime transitoire. Justifier votre choix entre un modèle sans effort résistant et un modèle avec prise en compte de l'effort résistant.



Dans le cas où il n'y a pas d'effort résistant, le temps de déplacement est de 1.9 s, la vitesse atteinte par le moteur en régime permanent est de 650 rad/s.

Dans le cas où il y a un effort résistant, le temps de déplacement est de 2.25 s, la vitesse atteinte par le moteur en régime permanent est de 550 rad/s (effort constant).

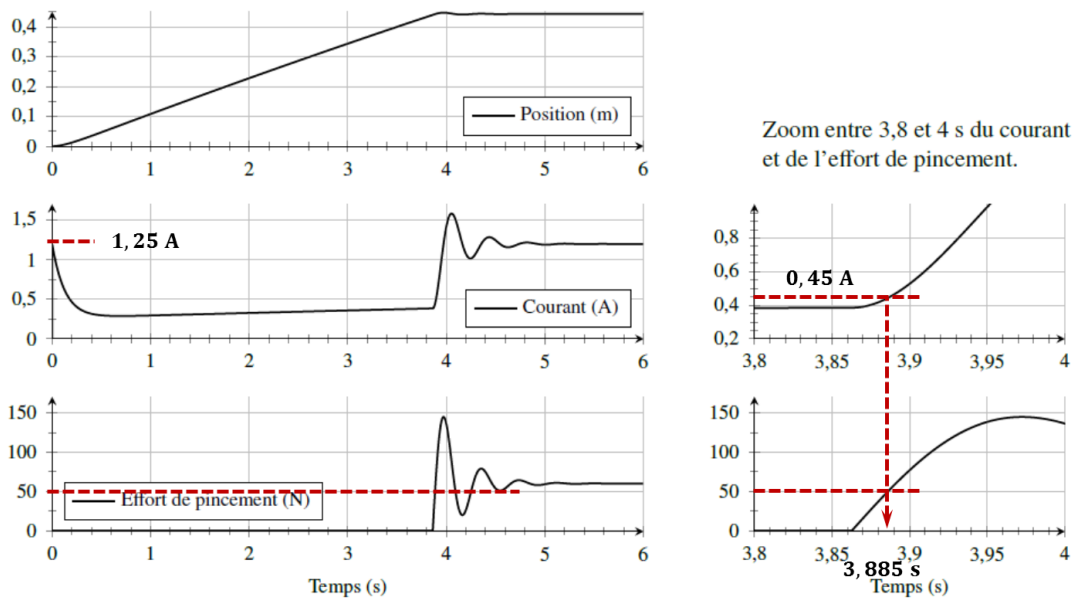
Dans les deux cas la durée de fermeture est inférieure à celle souhaitée dans le cahier des charges ce qui est donc satisfaisant.

Dans les modèles avec prise en compte des frottements la vitesse de rotation du moteur en régime permanent est bien inférieure à celle obtenue sans tenir compte du frottement. Dans le cas d'un effort constant la vitesse atteinte en régime permanent est d'environ 465 rad/s et est constante.

Dans le cas d'un effort variable et à la fin du régime permanent, la vitesse de rotation du moteur est la même que dans le cas précédent puis diminue linéairement au cours du temps. La prise en compte du frottement avec un effort variable dans la modélisation présente une influence non négligeable et il est préférable d'en tenir compte.

Q6. Déterminer l'intervalle de temps où l'effort est inférieur à la force maximale admissible donnée par la législation (diagramme des exigences de la figure 2). En déduire la variation de courant sur cet intervalle et la comparer à celle obtenue au démarrage. Conclure sur la fiabilité de la mesure de courant pour repérer précisément un obstacle.

L'effort reste inférieur à celui de la législation pendant 3.885 s. À ce stade le courant consommé est de 0.45 A à comparer à 1.25 A lors du démarrage du moteur. La méthode de détection de l'effort de pincement par la mesure de courant ne semble donc pas adaptée puisque le courant en régime transitoire est plus important que celui mesuré lors d'un pincement. Avec une méthode de seuillage on n'arriverait donc pas à distinguer la phase de démarrage du moteur et le pincement.



Q7. Quels sont les intérêts d'utiliser deux capteurs à effet Hall placés en quadrature ?

L'utilisation de deux capteurs en quadrature a pour avantage d'une part de multiplier par 2 la résolution du capteur. D'autre part, l'utilisation de deux capteurs permet la détection du sens de rotation du rotor.

Q8. Déterminer le plus petit déplacement de la vitre en mm qu'il est possible de mesurer avec ce capteur.

On peut mesurer 1/8ème de tour soit 0.785 rad. D'après la valeur de r donnée initialement, on a un plus petit déplacement mesurable de $\Delta z = 0.3$ mm/impulsion.

Q9. En prenant une raideur d'obstacle $k = 20$ N/mm correspondant à la dernière phalange de l'auriculaire, combien d'impulsions auront été comptées à partir du moment où la phalange commence à être écrasée jusqu'à ce que l'effort dans la phalange soit de 50 N (diagramme des exigences, figure 2) ? Commenter ce résultat.

Pour atteindre un effort résistant $F_r = 50$ N, il faut que la vitre se déplace de la distance $d = \frac{F_r}{k} = 2.5$ mm. Cela correspond à $N_{imp} = \frac{d}{\Delta z} = 8.3$ impulsions. On pourra prendre 8 impulsions pour avoir une légère marge de sécurité.

Q10. En supposant que le moteur tourne parfaitement à la vitesse nominale de 300 rad/s, déterminer le nombre d'impulsions moyen N_{moy} mesuré à chaque période d'échantillonnage.

T_{ech} , la période d'échantillonnage vaut 10 ms ;

$\Delta\theta$, le pas angulaire par impulsion en rad/impulsion vaut $\Delta\theta = \frac{2\pi}{8}$;

Δt_{imp} , la durée d'une impulsion (en s/impulsion) vaut $\Delta t_{imp} = \frac{\Delta\theta}{\omega}$;

Le nombre d'impulsion moyen par durée d'échantillonnage est donné par $N_{moy} = \frac{T_{ech}}{\Delta t_{imp}}$.

On a alors $N_{moy} = \frac{8 \cdot \omega \cdot T_{ech}}{2\pi} \approx 3.82$ impulsions.

Q11. Déterminer les deux valeurs extrêmes de rotation du moteur en tours/min.

$$N_{moy}^{min} = 3 \text{ et } N_{moy}^{max} = 4$$

On trouve donc :

$$\omega_{min} = \frac{\pi N_{moy}^{min}}{4T_{ech}} = 235.6 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{max} = \frac{\pi N_{moy}^{max}}{4T_{ech}} = 314.2 \text{ rad/s}$$

Q12. Conclure quant à la pertinence de l'utilisation de la variation de la vitesse pour obtenir un résultat fiable pour la détection. Au vu de la simulation de la figure 8, commenter également l'hypothèse de vitesse constante avant détection d'obstacle.

La variation de vitesse mesurée est assez importante. On obtient une erreur de mesure de :

$$\frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega} = \frac{\pi}{4 \cdot T_{ech} \omega} = 22.4\%$$

De plus, ces résultats ne sont valables qu'à vitesse constante alors que les résultats de la simulation dans le cas d'un effort variable montrent que la vitesse décroît linéairement avec une décélération égale à environ 6.25 rad/s^2 . Sur une durée d'échantillonnage (égale à 10 ms) la vitesse décroît en théorie à 0.0625 rad/s ce qui reste faible devant une variation de vitesse due à la précision de $\omega_{max} - \omega_{min} = 78 \text{ rad/s}$.

Cette méthode est donc peu satisfaisante.

Q13. Donner l'expression des deux conditions notées « transition 1 » et « transition 2 » permettant de passer de l'état montée à l'état arrêt directement.

On passe de la montée à l'arrêt :

- quand on arrive en haut : `transition1 : fin course = 1 ;`
- quand on ré-appuie sur le bouton haut : `bouton haut = 1 ;`

Q14. Compléter le chronogramme de la figure ?? en indiquant par des créneaux les durées pendant lesquelles un état est activé et l'évolution du contenu de la variable N . La durée de l'alarme et de l'arrêt est supposée très faible et sera représentée par un Dirac (une impulsion).

Dans le chronogramme partiel proposé, on remarque que N est incrémenté (et donc l'état comptage est activé) après une impulsion et au-delà de 6 secondes. On en déduit donc que `t=prediction() = 6 s`.

