

Problème EasyDyn : Le régulateur de Watt



Olivier VERLINDEN, Georges KOUROUSSIS

1 Description du système

Le régulateur, *flyball governor* en anglais, est un dispositif inventé par le physicien James Watt en 1788, qui résout le principal inconvénient des machines à vapeur de l'époque : la **régularité du mouvement**.

Cet appareil se compose de deux boules métalliques soutenues par deux tiges articulées autour d'un point fixe O au sommet de l'appareil (Figure 1). Deux autres tiges PM et P'M' reliées aux points P et P' sont fixées au collet en M et M'. Ce collet peut s'élever ou s'abaisser le long de l'axe vertical. Quand la machine fonctionne au bon régime la fourchette reste horizontale. Si la vitesse est trop élevée, les boules s'éloignent de l'axe par effet centrifuge, le collet s'élève et la fourchette tourne autour de l'axe A. Si la vitesse de fonctionnement est trop faible, les boules se rapprochent de l'axe et la fourchette s'abaisse. La fourchette est reliée à une valve d'admission de la vapeur provenant de la chaudière. Ainsi quand la machine tourne trop vite la quantité de vapeur diminue et inversement dans le cas contraire.

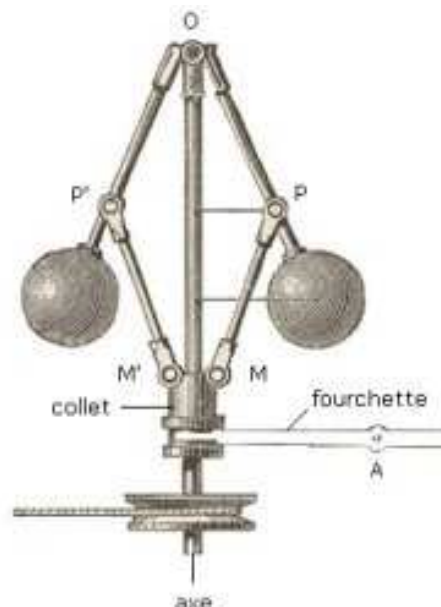


FIG. 1 – Le régulateur de James Watt

Etudions plus en détail le fonctionnement dynamique de ce système. Pour ce faire, considérons le **mécanisme à une boule** schématisé à la Figure 2.

Les données suivantes sont fixées :

- la longueur de la tige du pendule est de 0.2 m , sa masse étant négligeable ;
- cette tige est liée au collet par une autre tige de masse négligeable et de longueur 0.1 m ;
- la masse de la boule est de 1 kg ;
- un système ressort–amortisseur ($k = 3000\text{ N/m}$; $L_0 = 0.17\text{ m}$; $c = 100\text{ N.s/m}$) relie l’arbre au collet.

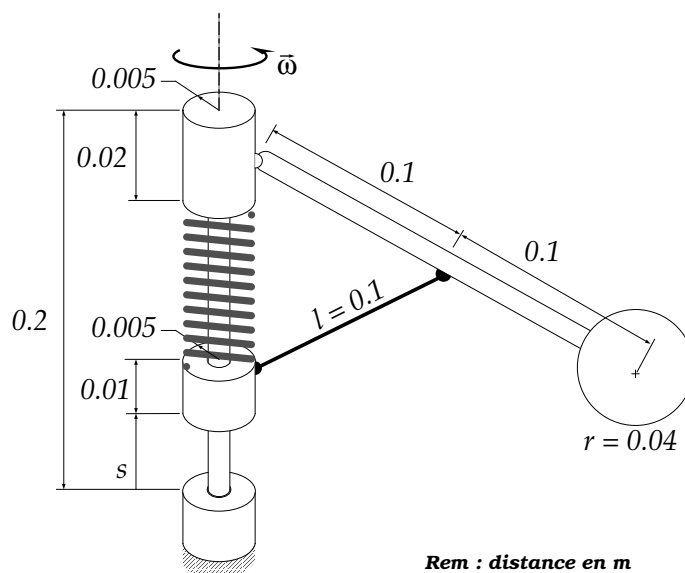


FIG. 2 – Schéma du régulateur à boule

TAB. 1 – Propriétés inertielles des différents composants

Solide	masse (kg)	I_{xx} ($kg.m^2$)	I_{yy} ($kg.m^2$)	I_{zz} ($kg.m^2$)
Collet	1	0.125	0.125	0.150
Arbre	2	1	1	1
Boule	1	0.1	0.1	0.1

2 Résultats demandés

Simuler de 0 à 2 s le mécanisme en partant de la **configuration d'équilibre**¹ et ce pour une vitesse de l'arbre de type échelon de 50 rad/s (à $\tau = 0\text{ s}$, la vitesse passe brusquement de 0 à 50).

3 Résultats typiques

Les figures 3 à 4 donnent les évolutions temporelles attendues des paramètres de configuration et de leurs dérivées par rapport au temps.

¹Calculer préalablement la configuration d'équilibre à vitesse nulle grâce à la procédure `StaticEquilibrium()` d'EasyDyn

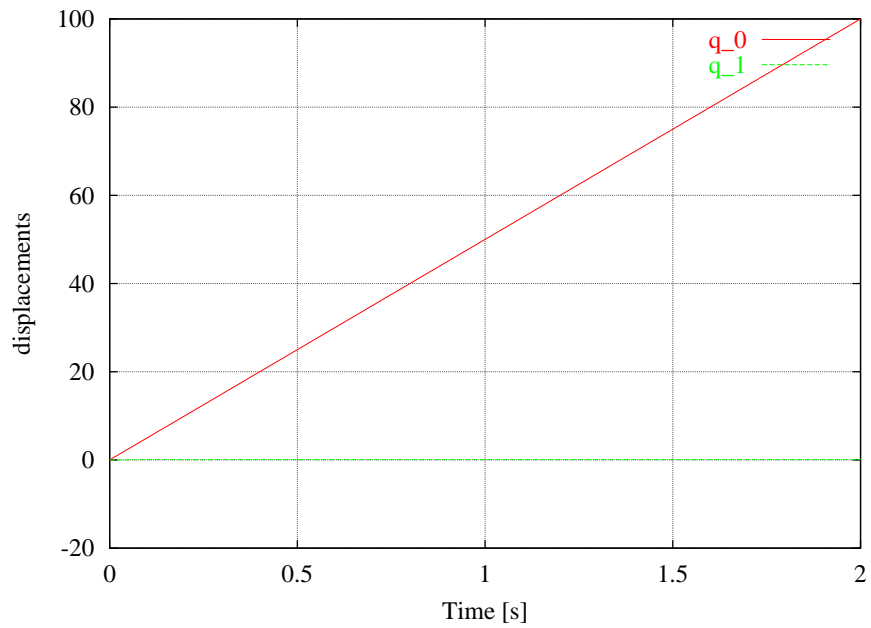


FIG. 3 – Evolution temporelle des paramètres de configuration

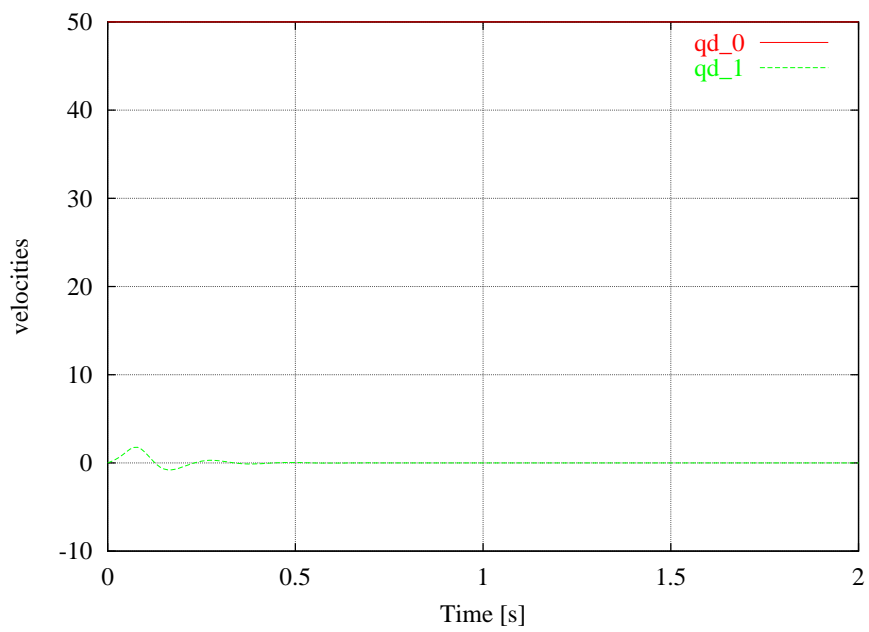


FIG. 4 – Evolution temporelle des dérivées premières des paramètres de configuration