TD 0
Assistance pour le maniement de charges dans l'industrie– Corrigé

Concours Centrale Supelec TSI 2017.

09 SLCI 05 PERF

Mise en situation

Gestion du mouvement vertical

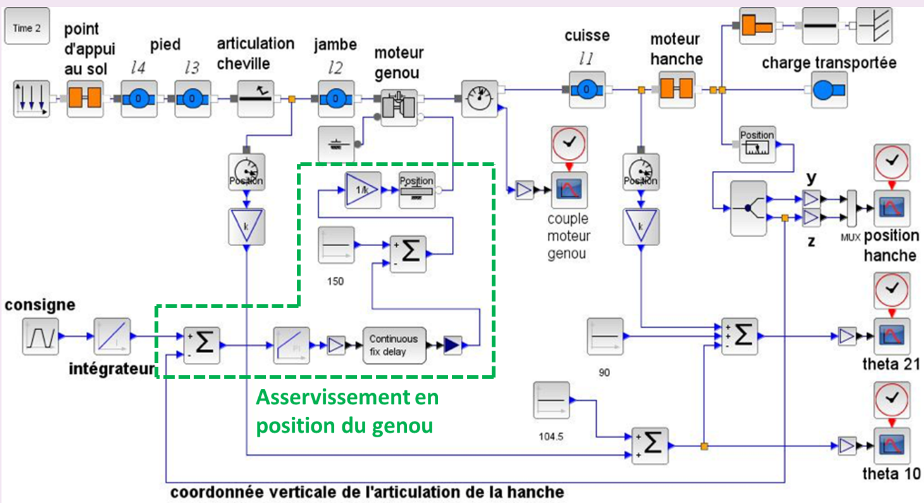
Objectif

Déterminer les réglages de la commande asservie des moteurs genou droit et gauche permettant d'assurer un mouvement vertical ne déséquilibrant pas le porteur de l'exosquelette puis valider les performances attendues listées par le cahier des charges.

Question 1 Déterminer la grandeur physique de la consigne et la grandeur physique asservie à partir du modèle multiphysique présenté plus bas et préciser leurs unités de base dans le système international d'unités (SI).

Correction

Il s'agit d'un asservissement en position.



Question 2 Exprimer $H_\Omega(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_{mC}(p)}$ en fonction de J, K_2 et p.

Correction

En faisant l'hypothèse que le couple perturbateur est nul, on a : $H_\Omega(p) = \dfrac{\Omega_m(p)}{\Omega_{mC}(p)} = \dfrac{C_\Omega(p)M_C(p)\dfrac{1}{Jp+f}}{1+C_\Omega(p)M_C(p)\dfrac{1}{Jp+f}}$. En conséquences : $H_\Omega(p) = \dfrac{K_2}{Jp+K_2} = \dfrac{1}{\dfrac{Jp}{CK_2}+1}$.

Question 3 Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, $H_\Omega(p)$, K_1 et p.

Correction

D'une part, $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - \theta_m(p)$. D'autre part, $\theta_m(p) = H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\varepsilon(p)$. Par suite, $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\varepsilon(p) \Leftrightarrow \varepsilon(p)\left(1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}\right) = \theta_{mC}(p)$. En conséquences, $\varepsilon(p) = \dfrac{\theta_{mC}(p)}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}$.

Question 4 Déterminer l'erreur de position ε_p puis l'erreur de traînage ε_v. Conclure sur la valeur de K_1 pour satisfaire à l'exigence d'erreur en traînage.

Correction

On a :

- $\varepsilon_p = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}} = 0$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1) ;
- $\varepsilon_v = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^2} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p}$
  $= \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{p+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}K_1} = \dfrac{1}{K_1}$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1 et de gain K_1 en BO).

Ainsi, pour avoir une erreur de traînage inférieure à 1%, il faut $\dfrac{1}{K_1} < 0,01$ et $K_1 > 100$.

Question 5 Déterminer l'erreur en accélération et conclure quant au respect du cahier des charges.

Correction

En raisonnant de même, on a : $\varepsilon_a = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{1}{1+H_\Omega(p)\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^3}$ $= \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}\dfrac{K_1}{p}}\dfrac{1}{p^2} = 0 = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{1}{p^2+\dfrac{p}{\dfrac{Jp}{C_\Omega K_2}+1}K_1} = \infty$ (ce qui était prévisible pour un système de classe 1).

Ainsi, le correcteur choisi ne permet pas de vérifier le cahier des charges.

Question 6 Exprimer $\varepsilon(p)$ en fonction de $\theta_{mC}(p)$, T, K_1, K_3 et p.

Correction

En utilisant le schéma-blocs, on a :

- $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - \theta_m(p)$;
- $\Omega_{mC}(p) = K_3 p \theta_{mC}(p) + K_1 \varepsilon(p)$;
- $\theta_m(p) = \Omega_{mC}(p)\dfrac{1}{p}\dfrac{1}{1+Tp}$.

On a donc : $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p) - \Omega_{mC}(p)\dfrac{1}{p}\dfrac{1}{1+Tp} = \theta_{mC}(p) - \left(K_3 p\theta_{mC}(p) + K_1\varepsilon(p)\right)\dfrac{1}{p\left(1+Tp\right)} = \theta_{mC}(p) - \dfrac{K_3 p}{p\left(1+Tp\right)}\theta_{mC}(p) - \dfrac{K_1}{p\left(1+Tp\right)}\varepsilon(p)$.

On a alors $\varepsilon(p)\left(1+\dfrac{K_1}{p\left(1+Tp\right)}\right) = \theta_{mC}(p)\left(1-\dfrac{K_3}{1+Tp}\right)$

$\Leftrightarrow \varepsilon(p)\dfrac{p\left(1+Tp\right)+K_1}{p\left(1+Tp\right)} = \theta_{mC}(p)\dfrac{1+Tp-K_3}{1+Tp}$.

Enfin, $\varepsilon(p) = \theta_{mC}(p)\dfrac{p\left(1+Tp-K_3\right)}{p\left(1+Tp\right)+K_1}$.

Question 7 Exprimer l'erreur de traînage et déterminer la valeur de K_3 permettant l'annuler cette erreur.

Correction

$\varepsilon_v = \lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{p\left(1+Tp-K_3\right)}{p\left(1+Tp\right)+K_1}\dfrac{1}{p^2} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{\left(1+Tp-K_3\right)}{p\left(1+Tp\right)+K_1} = \dfrac{1-K_3}{K_1}$.

Au final, pour annuler l'erreur de traînage, on doit avoir $K_3 = 1$.

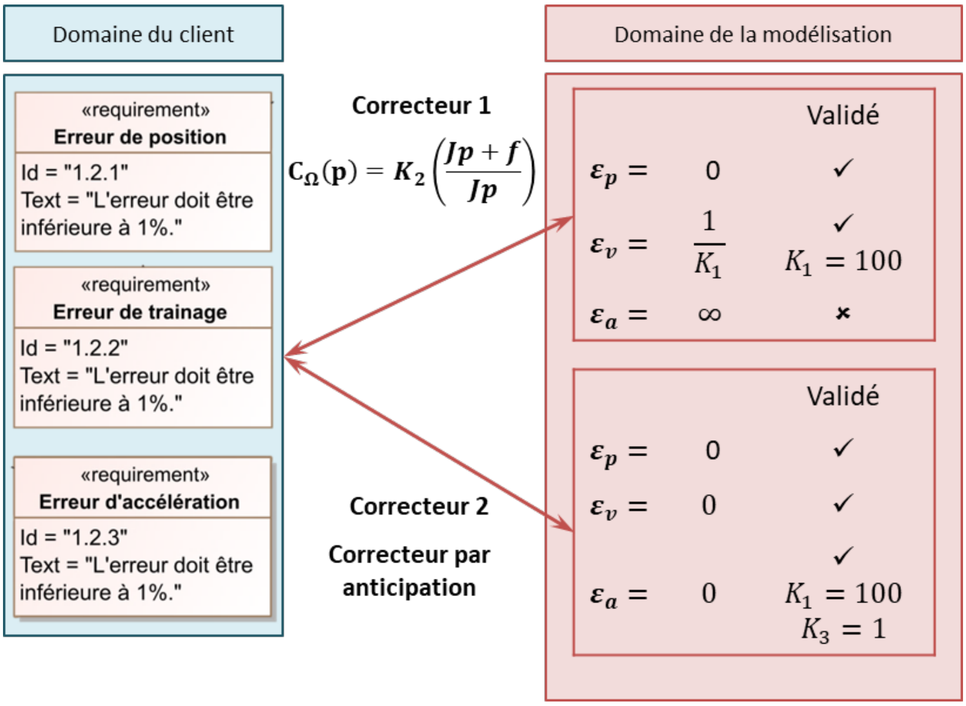
Question 8 Exprimer et déterminer l'erreur d'accélération en prenant les valeurs de K_3 et de K_1 déterminées précédemment. Conclure quant au respect du cahier des charges.

Correction

On a : $\varepsilon_a = \lim\limits_{t\to\infty}\varepsilon(t) = \lim\limits_{p\to 0} p\varepsilon(p) = \lim\limits_{p\to 0} p\dfrac{p\left(1+Tp-K_3\right)}{p\left(1+Tp\right)+K_1}\dfrac{1}{p^3} = \lim\limits_{p\to 0}\dfrac{\left(1+Tp-K_3\right)}{p\left(1+Tp\right)+K_1}\dfrac{1}{p}$. En prenant $K_3 = 1$ et $K_1 = 100$, on obtient : $\varepsilon_a = \dfrac{T}{p\left(1+Tp\right)+100} = \dfrac{33\times 10^{-3}}{100}$. L'erreur est donc de 33×10^{-5}. Le cahier des charges est donc validé.

Synthèse

Question 9 En utilisant la figure ci-dessous, conclure sur les actions qui ont mené à une validation du cahier des charges.



03 NUM

Pas de corrigé pour cet exercice.

Schéma d'Euler★

Question 1 Donner la méthode de résolution numérique des équations différentielles suivantes en utilisant le schéma d'Euler explicite.

$$\left\{\begin{array}{l} y'(t)+\alpha y(t)=\beta \\ y(0)=\gamma \end{array}\right. \tag{0.1}$$

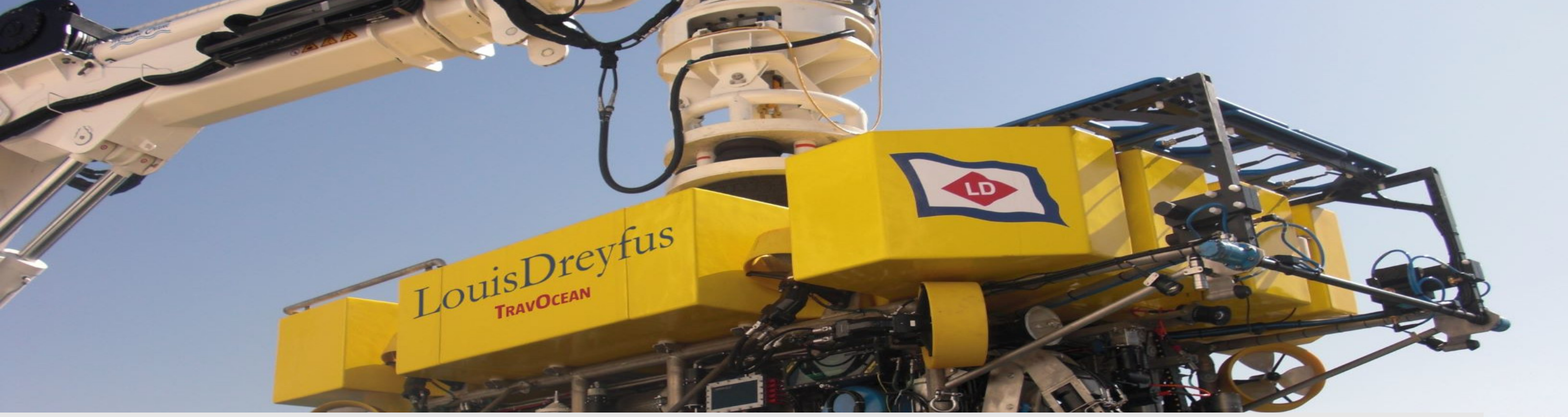
Équation 1

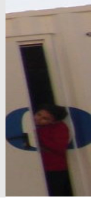
On a :

$$y'(t) \simeq \frac{y(t+h)-y(h)}{h}$$

En discrétisant le problème, on a $y_k = y(kh) = y(t)$; donc :

$$\frac{y(t+h)-y(h)}{h}+\alpha y(t)=\beta \Longrightarrow \frac{y_{k+1}-y_k}{h}+\alpha y_k=\beta \Longleftrightarrow y_{k+1}=\beta h-\alpha y_k+y_k \Longleftrightarrow y_{k+1}=\beta h+$$

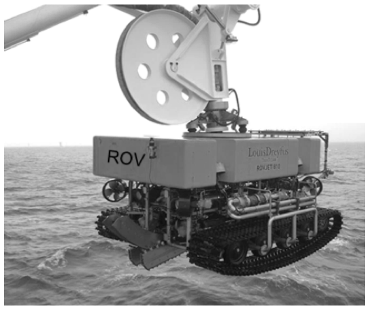




Application 0
Mise à l'eau d'un robot sous-marin – Corrigé

Concours Centrale – MP 2019

B2-02



Question 1 À partir des figures précédentes, relier les composants du modèle de simulation multiphysique de la grue portique. Quel(s) ensemble(s) n'ont pas été modélisés ?

Correction

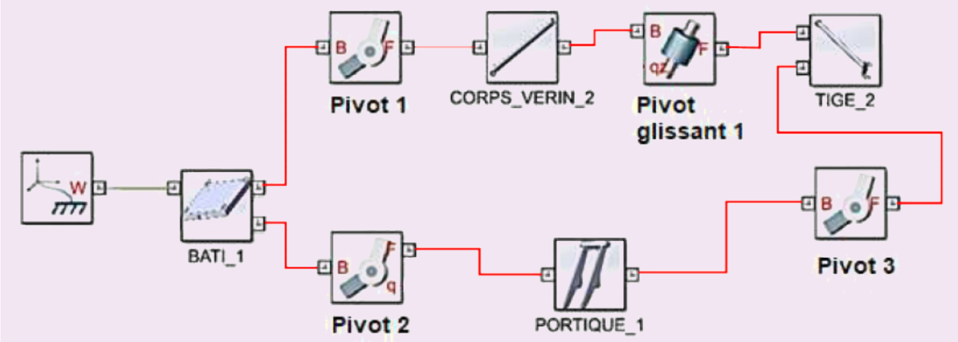


Schéma d'Euler⋆

Pas de corrigé pour cet exercice.

Question 1 Donner la méthode de résolution numérique des équations différentielles suivantes en utilisant le schéma d'Euler explicite.

$$\ddot{\theta}(t) + \frac{g}{l}\sin\theta = 0$$
$$\theta(0) = 0 \quad \dot{\theta}(0) = 0$$

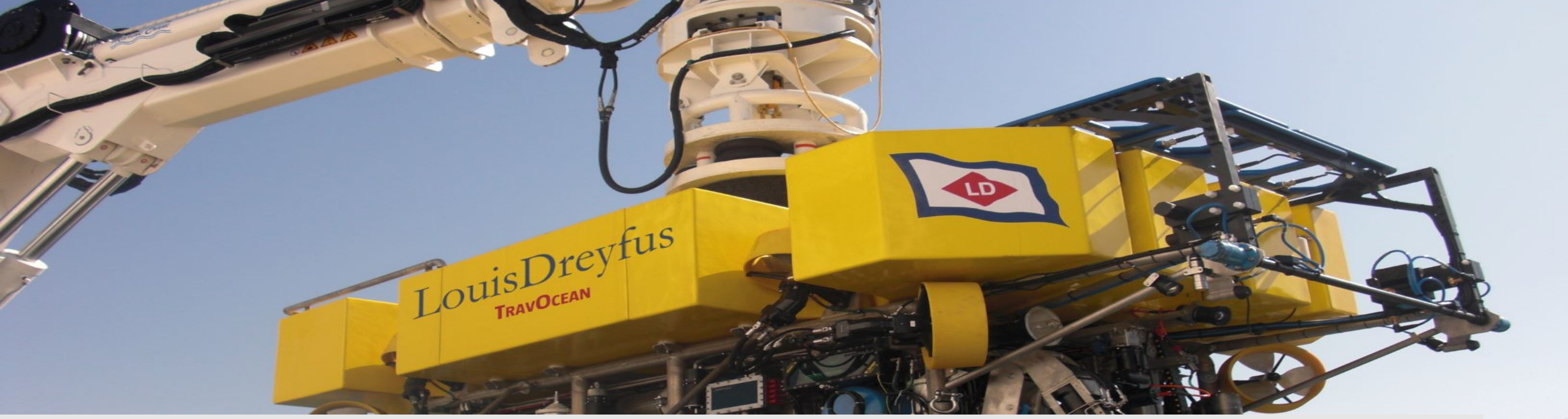
On pose $y_0(t) = \theta(t)$ et $y_1(t) = \dot{\theta}(t) = y_0'(t)$. On a donc

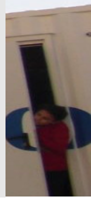
$$\begin{cases} y_0'(t) = y_1(t) \\ y_1'(t) + \frac{g}{l}\sin y_0(t) = 0 \end{cases}$$

Par ailleurs, $y_0(t) = 0$ et $y_1(t) = 0$.

En discrétisant, on a donc :

$$\left\{\begin{array}{l}\dfrac{y_{0,k+1}-y_{0,k}}{h}=y_{1,k}\\ \dfrac{y_{1,k+1}-y_{1,k}}{h}+\dfrac{g}{l}\sin y_{0,k}=0\end{array}\right. \Longleftrightarrow \left\{\begin{array}{l}y_{0,k+1}=hy_{1,k}+y_{0,k}\\ y_{1,k+1}=-h\dfrac{g}{l}\sin y_{0,k}+y_{1,k}\end{array}\right.$$

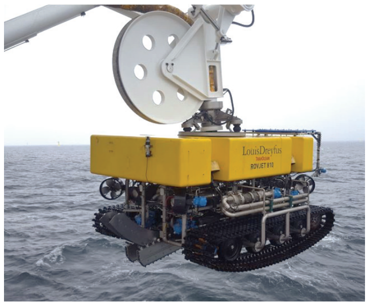




TD 1
Bateau support de ROV– Corrigé

Concours Centrale Supelec – MP 2019.

02 SLCI 09 SLCI 11 SLCI



Introduction

Objectif

Vérifier si le bateau support est capable de limiter suffisamment les effets de la houle.

Question 1 Rappeler la définition du gain en décibel. En déduire la valeur en décibel traduisant l'exigence Id 1.1.

Correction

La définition du gain en décibel de la fonction de transfert $B(j\omega)$ est $G_{\text{dB}}(\omega) = 20\log\left|\dfrac{Y_S(j\omega)}{Y_{\text{vague}}(j\omega)}\right|$. L'exigence Id 1.1 impose une amplitude maximale du ROV de 1 m pour 5 m de houle soit :

$$\boxed{G_{\text{dB}(\omega)} < 20\log\frac{1}{5} \approx -14\text{ dB} \;\; \forall \;\; \omega \in [0,5;1,7]\text{ rad/s.}}$$

Question 2 En faisant apparaître le domaine d'utilisation, montrer que le système ne répond pas à l'exigence d'atténuation d'une houle de 5 m.

Correction

On observe un phénomène de résonance, le système amplifie la houle entre 0,5 et 1 rad/s et l'atténue à une valeur maximale de 13-14 dB pour 1,7 rad/s. Le système ne répond donc pas à l'exigence d'atténuation d'une houle de 5 m.