Cycle 3 - Identifier un système à partir de sa réponse ou prévoir la réponse d'un système

TD1 – Machine d'essais industrielle

À l'issue de ce TD, vous devez être capables de :

- *déterminer la réponse temporelle d'un système du premier ordre standard.*

1. Présentation

Le système étudié est la machine d'essais modélisée il y a quelques semaines dans le premier TD du cycle 1. On rappelle sur la figure 1 les performances attendues liées à ce système.

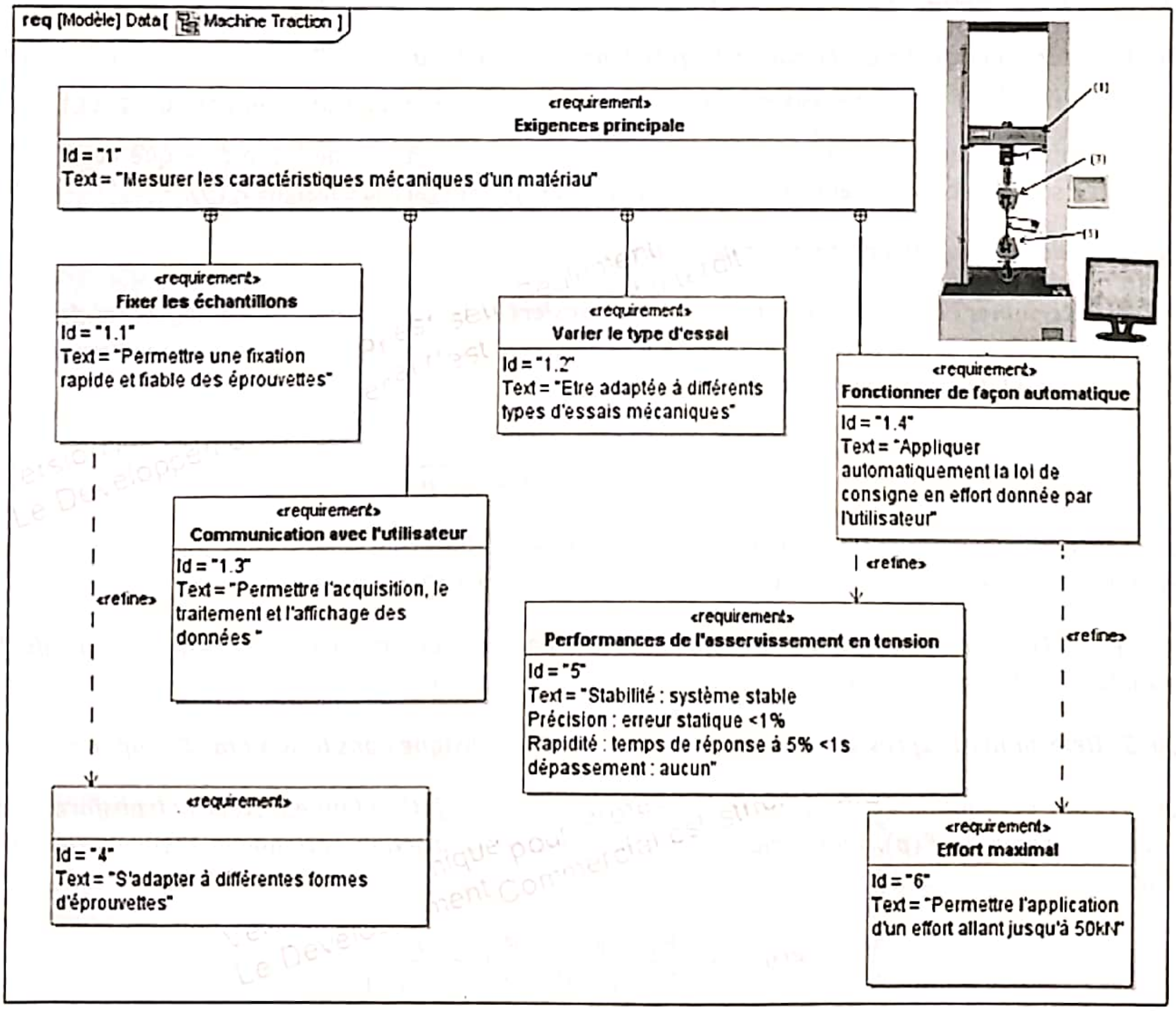


Figure 1 : Diagramme des exigences partiel de la machine d'essai universelle

L'objectif de ce TD est de déterminer les performances simulées de l'asservissement en tension de l'éprouvette et d'évaluer les écarts entre ces performances simulées et les performances attendues.

Après modélisation et simplification, le modèle retenu pour l'asservissement en effort de la machine de traction est donné sur le schéma bloc de la figure 2.

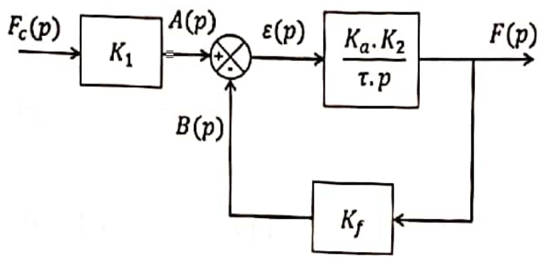


Figure 2 : modèle de comportement de la machine d'essais

Avec $\tau = 3s$; $K_2 = 18849\ N.V^{-1}$; $K_f = 0{,}0001V.N^{-1}$. Dans un premier temps, on considère $K_a = 1$.

2. Détermination de la réponse du système à une consigne constante F_0

Dans un premier temps, il s'agit de régler le gain de l'interface utilisateur K_1. Le but est d'obtenir à la sortie de ce bloc une grandeur physique $A(p)$ comparable à la grandeur physique $B(p)$ issue du capteur d'effort.

Qu. 1 : Déterminer quelle est l'unité de la grandeur $B(p)$. En déduire quelle est l'unité de la grandeur $A(p)$ et quelle doit être l'unité du gain K_1.

Pour garantir le bon fonctionnement du système, on souhaite régler K_1 de façon à ce que l'écart $\varepsilon(p)$ obtenu en sortie de comparateur soit nul lorsque l'effort $F(p)$ est égal à la consigne $F_c(p)$.

Qu. 2 : En déduire la valeur à imposer au gain K_1.

Qu. 3 : Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF}(p)$ définie ci-dessous. Déterminer ses paramètres caractéristiques K_{BF} et τ_{BF} en précisant leurs unités. Donner l'expression du(des) pôle(s) de cette fonction de transfert.

$$H_{BF}(p) = \frac{F(p)}{F_c(p)} = \frac{K_{BF}}{1 + \tau_{BF}.p}$$

On choisit dans un premier temps d'imposer une consigne en effort constante, d'amplitude f_0. La consigne est donc modélisée par la fonction suivante : $f_c(t) = f_0.\mathcal{H}(t)$, avec $\mathcal{H}(t)$ fonction échelon.

Qu. 4 : À l'aide du tableau de transformées de Laplace, déterminer l'expression $F_c(p)$ de la transformée de Laplace de la fonction consigne $f_c(t) = f_0.\mathcal{H}(t)$.

Qu. 5 : Déterminer l'expression de la réponse $F(p)$ à cette consigne dans le domaine de Laplace.

Qu. 6 : Pour déterminer l'expression de la réponse temporelle $f(t)$, il faut effectuer la transformée de Laplace inverse de $F(p)$. Pour cela, il faut décomposer la fraction rationnelle $F(p)$ en éléments simples. Déterminer α et β tels que :

$$F(p) = \frac{K_{BF}.f_0}{p.(1 + \tau_{BF}.p)} = \frac{\alpha}{p} + \frac{\beta}{1 + \tau_{BF}.p}$$

Qu. 7 : Déduire de l'expression précédente de $F(p)$ la transformée inverse de Laplace $f(t)$ en fonction de K_{BF} et τ_{BF}.

3. Evaluation des performances simulées du système et optimisation du gain du correcteur

On note $f_\infty = \lim_{t \to +\infty} f(t)$ la valeur finale vers laquelle tend la réponse temporelle $f(t)$.

Qu. 8 : Exprimer un ou plusieurs critères déterminant la stabilité du système en fonction des paramètres K_{BF} et τ_{BF}.

Qu. 9 : Exprimer l'erreur statique du système en réponse à la consigne constante $f_c(t) = f_0.\mathcal{H}(t)$ en fonction des paramètres K_{BF} et τ_{BF}.

Le temps de réponse à 5%, noté $t_{r5\%}$ est défini tel que $\forall t > t_{r5\%}$, $f(t) \in [f_\infty - 5\%; f_\infty + 5\%]$

Qu. 10 : Calculer analytiquement l'expression du temps de réponse à 5% du système en fonction des paramètres K_{BF} et τ_{BF}.

Qu. 11 : Exprimer un ou plusieurs critères déterminant l'existence de dépassement dans la réponse temporelle du système en fonction des paramètres K_{BF} et τ_{BF}.

Qu. 12 : Tracer l'évolution de la réponse temporelle $f(t)$ en fonction des paramètres K_{BF} et τ_{BF}. Positionner $t_{r5\%}$ sur ce tracé.

Qu. 13 : A partir des résultats précédents, déterminer les performances de l'asservissement en tension de la machine d'essai lorsque $K_a = 1$. Les exigences définies dans le diagramme de la figure 1 sont-elles respectées ? Si ce n'est pas le cas, proposer une nouvelle valeur de K_a permettant de les valider.

Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Cycle 3 - Identifier un système à partir de sa réponse ou prévoir la réponse d'un système

TD2 – Treuil de dameuse

À l'issue de ce TD, vous devez être capables de :

- *déterminer la réponse temporelle d'un système du second ordre standard.*

1. Présentation du système

Le système étudié est le treuil de dameuse, modélisé il y a quelques semaines dans le second TD du cycle 1. Il est asservi en tension afin d'exercer une action proportionnée, complémentaire à celle des chenilles. Un extrait du cahier des charges de cet asservissement est donné ci-dessous :

	Critère	Valeur
Asservir le treuil en tension	Précision	Erreur statique nulle
	Rapidité	$tr_{5\%} < 2s$
	Dépassements	$< 15\%$
	Sensibilité aux perturbations	Aucune

La partie du sujet étudiée dans le cycle 1 a permis le calcul de la fonction de transfert en poursuite du treuil. Une étude similaire permettrait de déterminer la fonction de transfert en régulation de ce même treuil. En notant F_{pert} les entrées en perturbation (avec $F_{\text{pert}}(p) = F_{ch}(p) - P(p)$), le théorème de superposition permet d'obtenir:Tapez une équation ici.

$$F(p) = \mathrm{H}_{BFP}(p).F_c(p) + \mathrm{H}_{BFR}(p).F_{pert}(p)$$

où $\mathrm{H}_{BFP}(p) = \frac{p_1.\overline{p_1}.p_2.\overline{p_2}}{(p-p_1).(p-\overline{p_1}).(p-p_2).(p-\overline{p_2})}$ et $\mathrm{H}_{BFR}(p) = \frac{\mathrm{A}.p^2}{(p-p_1).(p-\overline{p_1}).(p-p_2).(p-\overline{p_2})}$

Le calcul numérique des pôles des fonctions de transfert définies ci-dessus conduit à :

- $p_1 = \eta_1 + j.\omega_1 = -1{,}924.10^3 + j.1{,}447.10^3$ et $\overline{p_1}$ son complexe conjugué
- $p_2 = \eta_2 + j.\omega_2 = -0{,}1534 + j.1{,}216$ et $\overline{p_2}$ son complexe conjugué

2. Détermination de la réponse du système pour une consigne en échelon

Qu. 1 : Le système étudié est-il stable ?

Qu. 2 : Après avoir calculé le gain statique de $\mathrm{H}_{BFP}(p)$, déterminer si le système étudié est précis en réponse à un échelon d'amplitude f_{c0}.

Qu. 3 : Le système étudié est-il sensible à une perturbation en échelon d'amplitude f_{p0} ?

Dans la suite du sujet on considère $f_{pert}(t) = 0$.

Qu. 4 : Donner la méthode pour obtenir l'expression de $f(t)$ lorsque $f_c(t) = f_{c0}.\mathcal{H}(t)$. Vérifier alors le résultat de Qu. 1.

Qu. 5 : Justifier à l'aide d'un schéma l'existence de pôles dominants. En déduire une expression approchée de $f(t)$.

3. Evaluation des performances simulées du système et optimisation du gain du correcteur

Qu. 6 : Déduire de la partie précédente une expression approchée de la fonction de transfert $H_{BFP}(p)$.

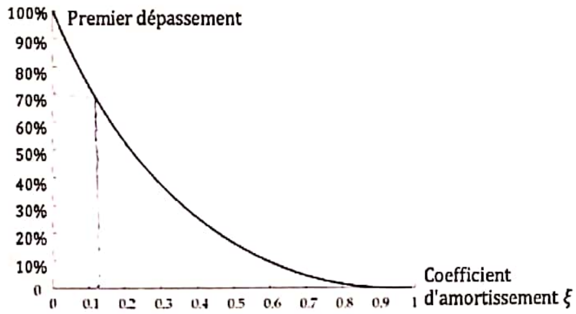
Pour un système du second ordre, on définit trois paramètres caractéristiques du système :

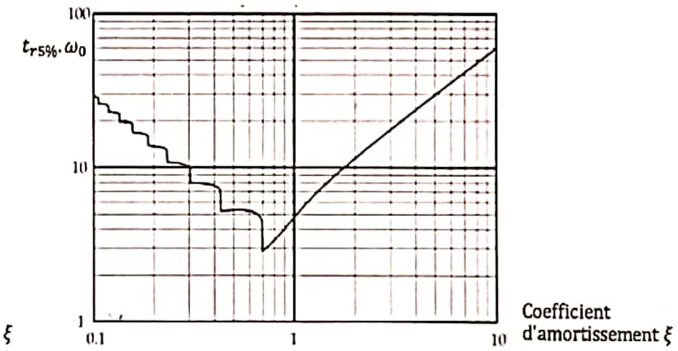
- le gain statique K,
- la pulsation propre ω_0 ,
- le coefficient d'amortissement ξ.

Ils sont calculés à partir de la forme canonique de la fonction de transfert : $H_{BFP}(p) = \dfrac{K}{1 + \dfrac{2.\xi}{\omega_0}.p + \dfrac{p^2}{{\omega_0}^2}}$

Qu. 7 : En considérant l'expression simplifiée de $H_{BFP}(p)$, déterminer les valeurs numériques de K, ω_0 et ξ.

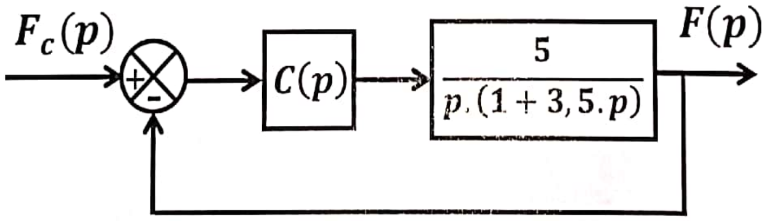
Qu. 8 : Après avoir déterminé le temps de réponse à 5% et l'amplitude du premier dépassement en utilisant les abaques, et la pseudo-pulsation, tracer l'allure de la réponse $f(t)$ à une consigne en échelon d'amplitude f_{c0}. Conclure quant à la satisfaction du cahier des charges fonctionnel du treuil. Donner les conséquences, pour le système, de la présence de dépassements dans la réponse.





Amélioration des performances par un correcteur proportionnel

L'approximation $H_{BFP}(p)$ de l'asservissement de $F(p)$ peut se modéliser sous la forme du schéma-blocs équivalent ci-dessous.



Un correcteur proportionnel $C(p) = K_{cor}$ a été placé juste après le comparateur du boîtier électronique ($C(p) = 1$ dans la partie précédente).

Qu. 9 : Déterminer la valeur de K_{cor} permettant d'obtenir la réponse la plus rapide pour une entrée en échelon. Conclure quant à la satisfaction du cahier des charges fonctionnel du treuil.

Comme étudié dans la première partie de ce TD, seul un correcteur à avance de phase (programme de 2ième année) permet le respect de tous les critères du cahier des charges.