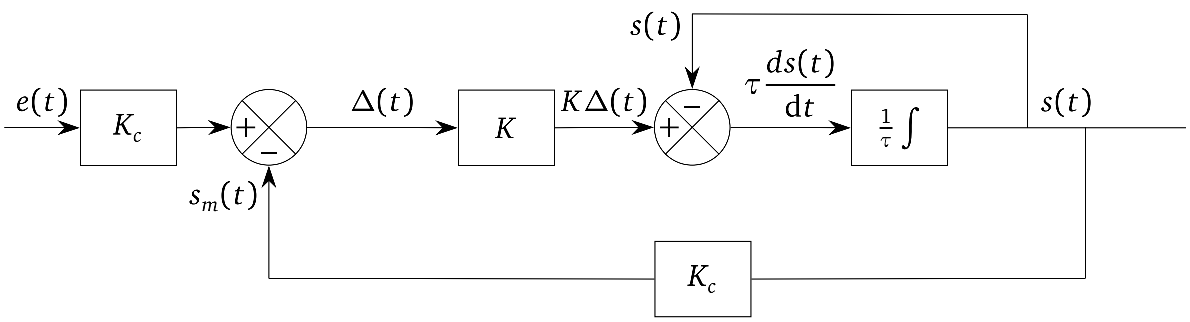
Document ressource TP série 2 : Identification des systèmes asservis

CPGE ATS*

1 Identification d'un premier ordre asservi

Un système asservi du premier ordre est un système du premier ordre dans lequel sont ajoutés un capteur, un contrôleur et un gain de mise à l'échelle pour l'entrée de consigne.



Problème 1: Détermination des caractéristiques

L'équation différentielle d'un premier ordre asservi est rappelée ci-dessous :

$$\frac{\tau}{1+KK_c}\frac{ds(t)}{\mathrm{d}t}+s(t)=\frac{K}{1+KK_c}e(t)$$

$$\tau_f=\frac{\tau}{1+KK_c} \qquad K_f=\frac{KK_c}{1+KK_c}$$

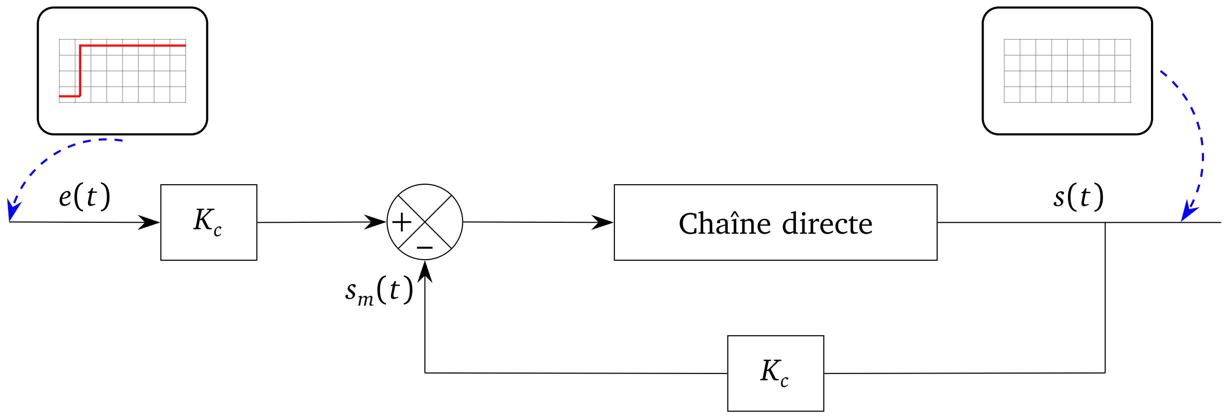
- $s(t)$: sortie du système en « unité de s(t) » ;
- $e(t)$: entrée de commande du système en « unité de e(t) » ;
- τ, τ_f : constante de temps en boucle ouverte et boucle fermée (en s) ;
- K, K_f : gain statique en boucle ouverte et boucle fermée $\left(\frac{\text{« unité de s(t) »}}{\text{« unité de e(t) »}}\right)$.

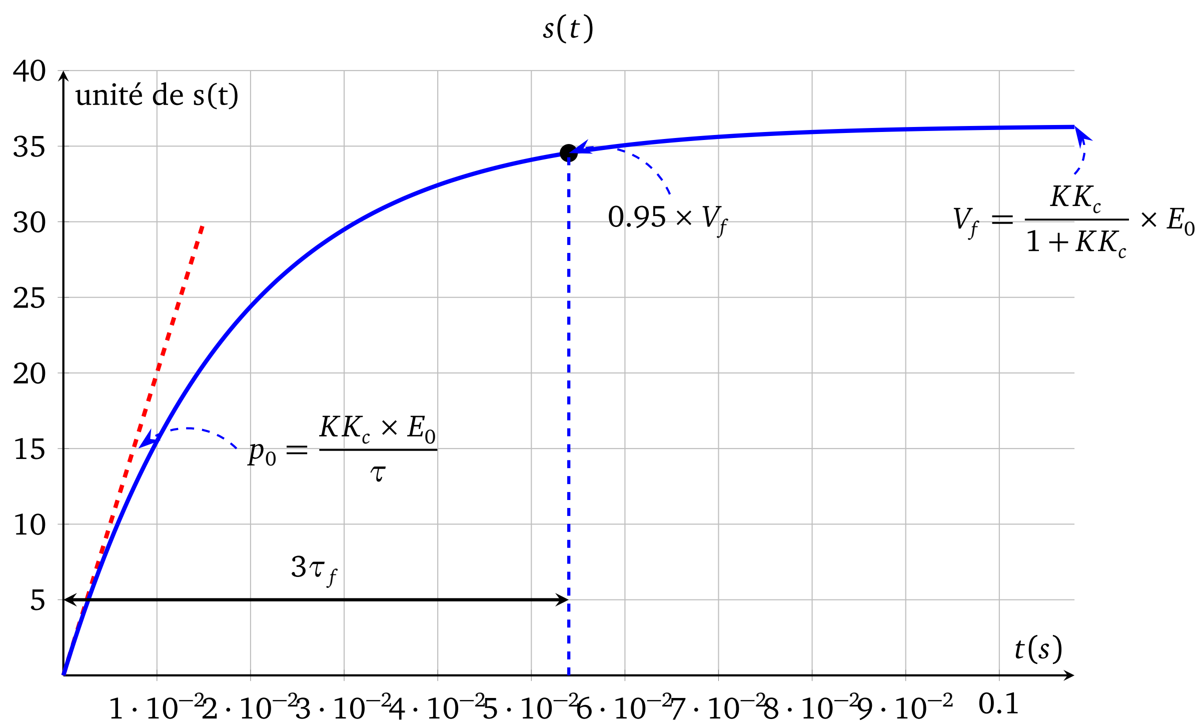
Un système du premier ordre asservi est entièrement défini lorsque τ_f et K_f sont connus. La réponse indicielle permet de déterminer ces caractéristiques avec une acquisition uniquement.

*Cédric Dufour, Joël Moutoussamy, Lycée Gustave Eiffel, Dijon

Méthode 1: Réponse indicielle et identification d'un premier ordre

La réponse indicielle est obtenue en soumettant le système à un échelon de commande $e(t)$ de valeur connue E_0.





À partir d'un relevé expérimental, l'identification de la réponse d'un système du premier ordre s'effectue dans l'ordre suivant :

— mesure de la valeur finale V_f et détermination du gain statique en boucle fermée $\frac{KK_c}{1+KK_c}$ connaissant E_0 ;

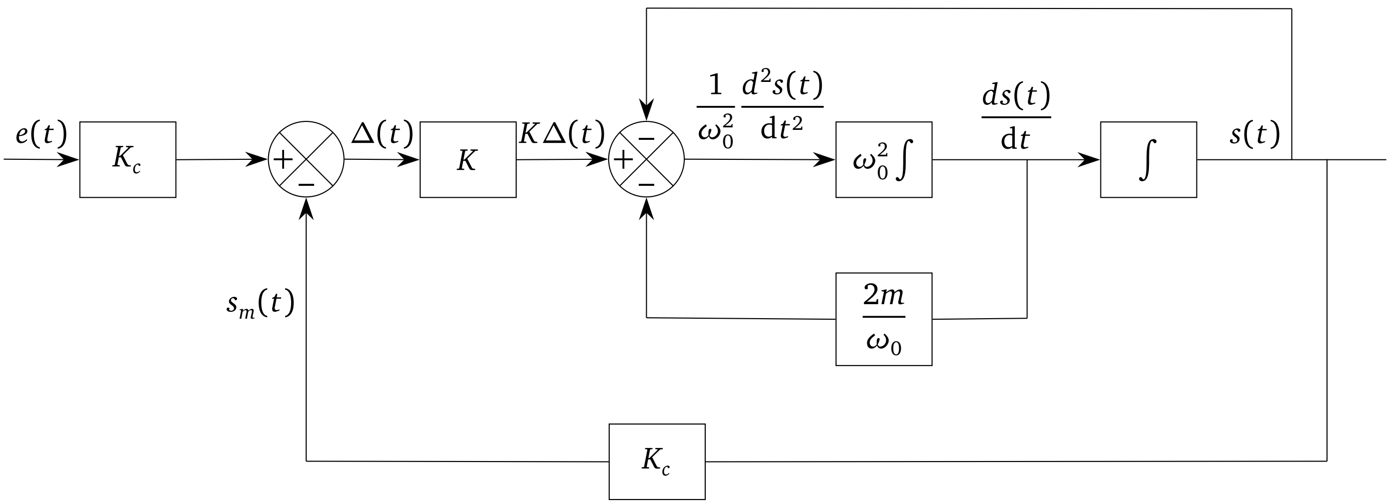
— détermination de KK_c et K connaissant K_c ;

— détermination de τ_f avec le temps de réponse à 95% ;

— mesure de la pente à l'origine p_0 et détermination de τ.

2 Identification d'un second ordre asservi

Un système asservi du second ordre est un système du second ordre dans lequel sont ajoutés un capteur, un contrôleur et un gain de mise à l'échelle pour l'entrée de consigne.



Problème 2: Détermination des caractéristiques

L'équation différentielle d'un second ordre asservi est rappelée ci-dessous :

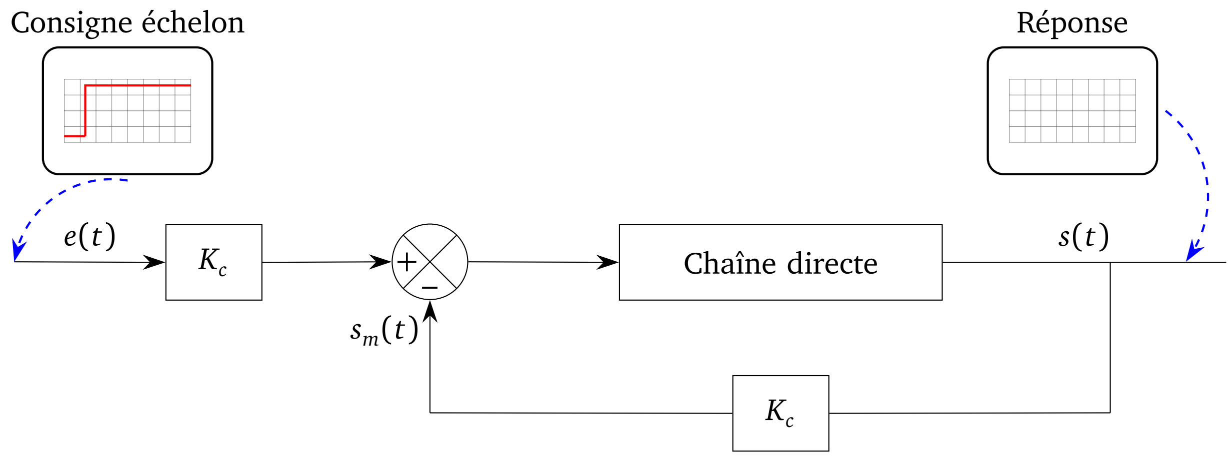
$$\frac{1}{\omega_0^2(1+KK_c)}\frac{d^2s(t)}{dt^2}+\frac{2m}{\omega_0(1+KK_c)}\frac{ds(t)}{dt}+s(t)=\frac{KK_c}{1+KK_c}e(t)$$

$$\omega_f=\omega_0\sqrt{1+KK_c}\qquad m_f=\frac{m}{\sqrt{1+KK_c}}\qquad K_f=\frac{KK_c}{1+KK_c}$$

— $s(t)$: sortie du système en « unité de s(t) » ;
— $e(t)$: entrée de commande du système en « unité de e(t) » ;
— m, m_f : coefficient d'amortissement en boucle ouverte et en boucle fermée (sans unité) ;
— ω_0, ω_f : pulsation propre en boucle ouverte et en boucle fermée (rad/s) ;
— K, K_f : gain statique en boucle ouverte et en boucle fermée $\left(\frac{\text{« unité de s(t) »}}{\text{« unité de e(t) »}}\right)$.

2.1 Réponse indicielle « sous-amorti »

La réponse indicielle est obtenue en soumettant le système à un échelon de commande $e(t)$ de valeur connue E_0.



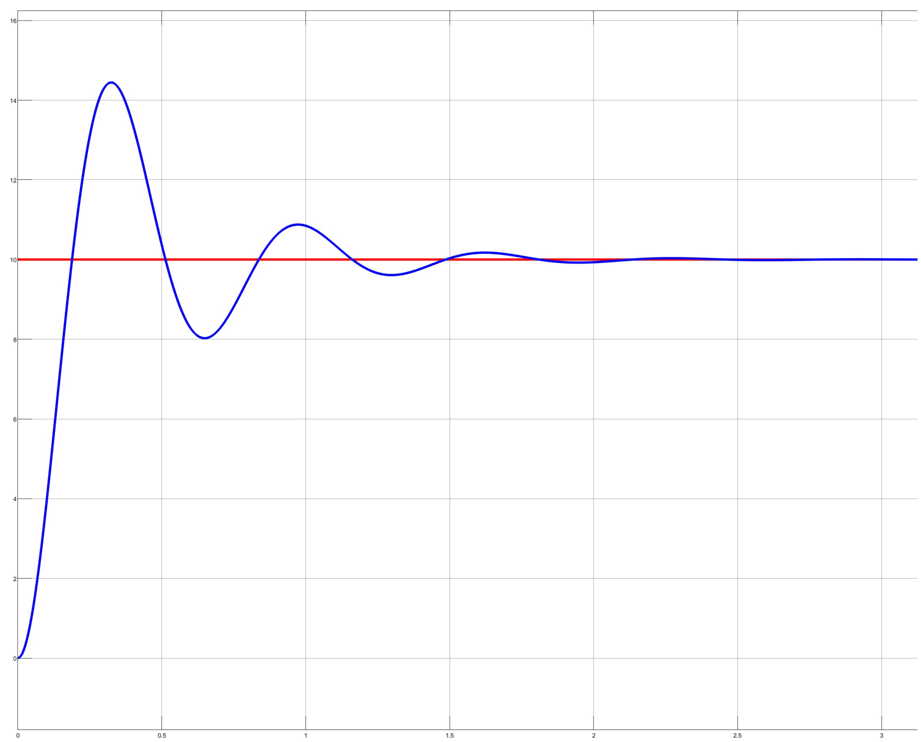


FIGURE 1 – Réponse d'un second ordre sous-amorti

L'amplitude relative (par rapport à E_0) des dépassements et la pulsation propre peuvent être déduites des abaques suivantes.

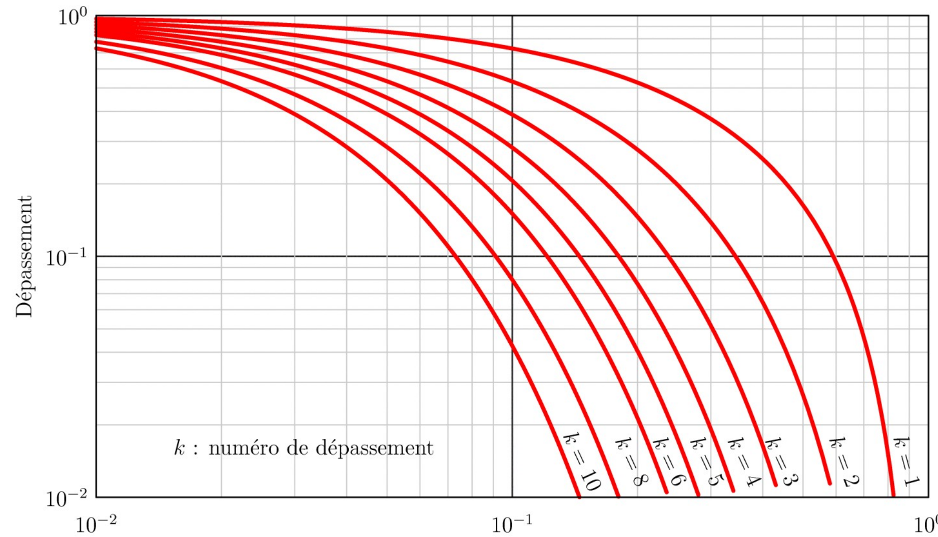


FIGURE 2 – Abaque des dépassements en fonction de m

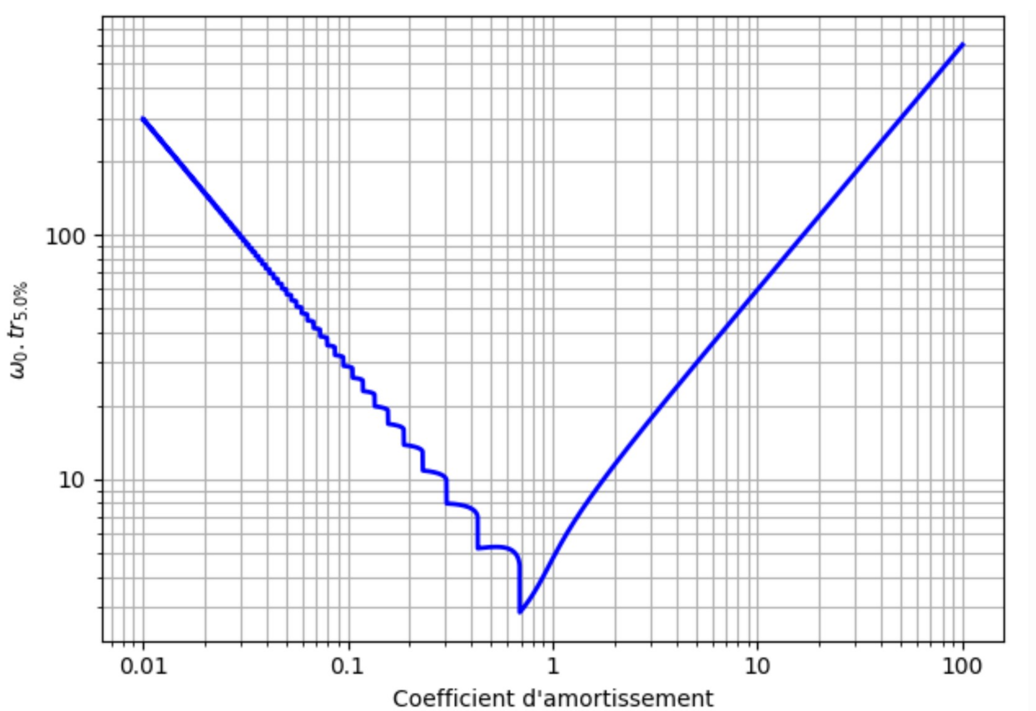


FIGURE 3 – Abaque du temps de réponse t_r

Méthode 2: Identification d'un second ordre « sous-amorti »

À partir d'un relevé expérimental, l'identification de la réponse d'un système d'un second ordre « sous-amorti » s'effectue dans l'ordre suivant :

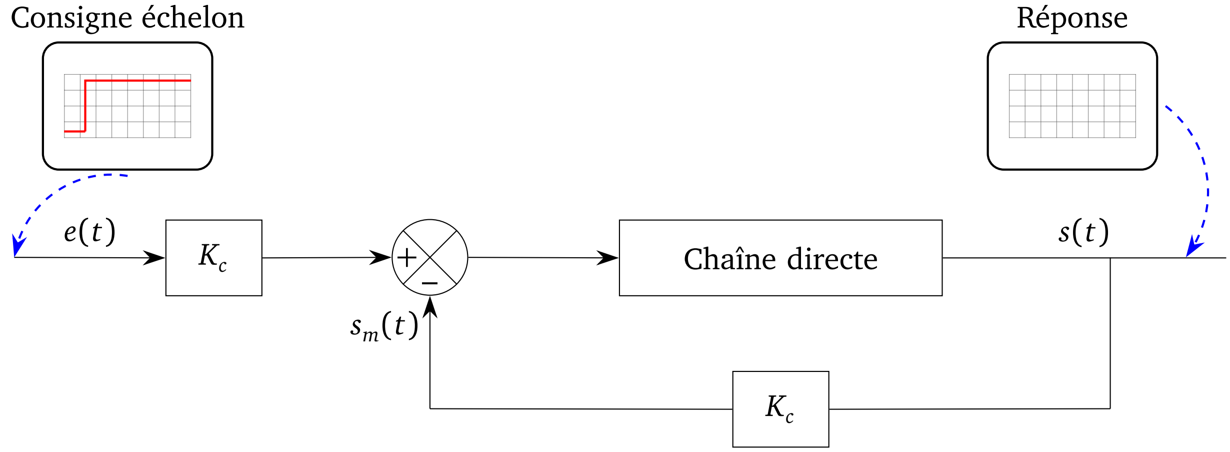
— détermination graphique du premier dépassement D_1 (figure 1) et du temps de réponse t_r à 95% ;

— lecture sur le graphique 2 du coefficient d'amortissement correspondant ;

— lecture de la valeur de $\omega_0 \times t_r$ avec le graphique 3 ;

2.2 Réponse indicielle « hyper-amorti »

La réponse indicielle est obtenue en soumettant le système à un échelon de commande $e(t)$ de valeur connue E_0.

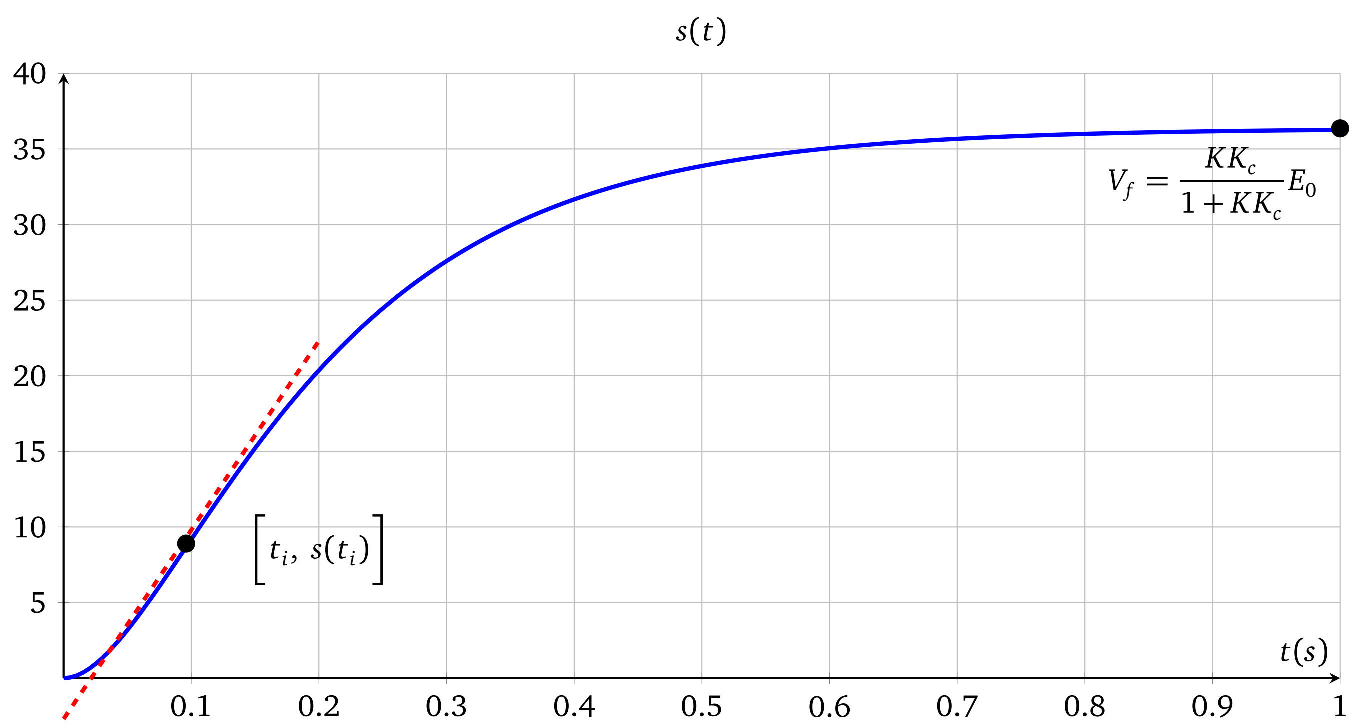


$$s(t) = \frac{KK_c}{1+KK_c}E_0\left(1 - \frac{\tau_1}{\tau_1-\tau_2}\,\mathrm{e}^{\frac{-t}{\tau_1}} - \frac{\tau_2}{\tau_2-\tau_1}\,\mathrm{e}^{\frac{-t}{\tau_2}}\right)$$

La réponse est décomposable en 2 premiers ordre, le premier de constante de temps τ_1 et le deuxième de constante de temps τ_2 :

$$\tau_1 = \frac{1}{\omega_f(m_f - \sqrt{m_f^2-1})} \qquad \tau_2 = \frac{1}{\omega_f(m_f + \sqrt{m_f^2-1})}$$

La courbe présente un point d'inflexion à $t_i = \dfrac{\tau_1\tau_2}{\tau_1-\tau_2}\ln\left(\dfrac{\tau_1}{\tau_2}\right)$



Après le point d'inflexion t_i, la réponse du système correspond à la réponse du premier ordre lié à la constante de temps τ_1. L'expression de $s(t)$ se simplifie alors comme ci-dessous :

$$s_1(t) = KE_0\left(1 - \frac{\tau_1}{\tau_1 - \tau_2}\,\mathrm{e}^{\frac{-t}{\tau_1}}\right) \tag{1}$$

Méthode 3: Identification d'un second ordre « hyper-amorti »

À partir d'un relevé expérimental, l'identification de la réponse d'un système d'un second ordre « hyper-amorti » s'effectue dans l'ordre suivant :

— mesure de la valeur finale V_f et détermination du gain statique K connnaissant E_0 et K_c ;

— tracé de la droite tangente à la courbe et passant par le point d'inflexion $[t_i,s(t_i)]$;

— détermination de τ_1 en exploitant la relation 1 et le temps de réponse à 95% des premiers ordre ;

— choisir un autre point $t > t_i$ pour déterminer τ_2 en exploitant la relation 1.