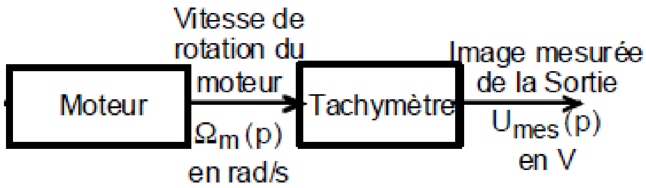
TD4 : Etude temporelle des Sytèmes Automatisés

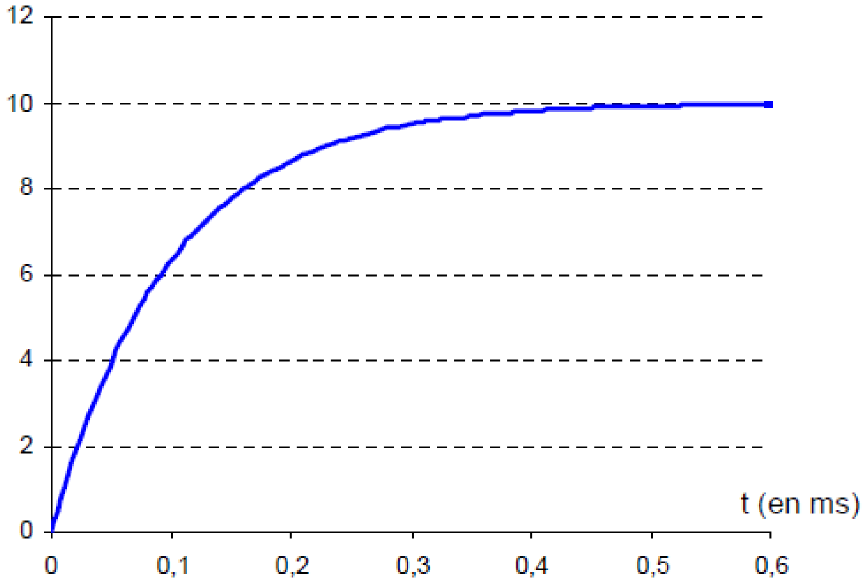
Exo I : Etude d'une génératrice tachymétrique

Une génératrice tachymétrique est un capteur de vitesse de rotation angulaire. Il transforme celle-ci en une tension censée y être proportionnelle. Elle se monte en bout d'arbre moteur.

Afin d'en connaitre ses caractéristiques, on fait l'expérience suivante :



Lorsque le moteur tourne à vitesse constante (1,25 rad/s), on ferme un interrupteur situé à l'entrée du capteur de vitesse (on le soumet ainsi à un échelon de consigne). On visualise sa réponse en Volts ci-dessous.



Questions :

1. Quel semble être l'ordre de la fonction de transfert de cette génératrice ?
2. En déduire ses caractéristiques, ainsi que sa fonction de transfert.
3. Peut-on avec une bonne approximation, considérer que le capteur de vitesse est un système « instantané ». Justifier. Simplifier alors sa fonction de transfert.

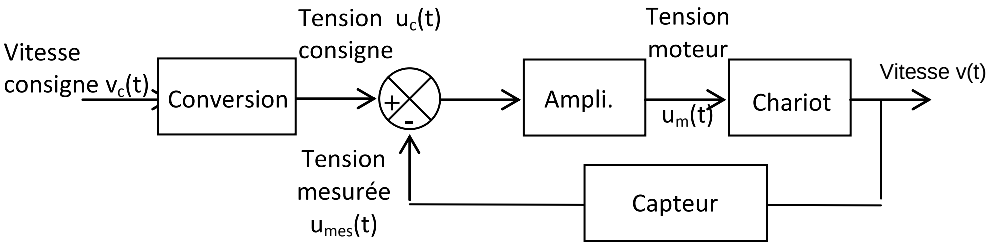
Exo 2 : Caméra Speedcam

L'étude porte sur la caméra de poursuite SPEEDCAM utilisée aux championnats du monde d'athlétisme pour filmer le sprint final des athlètes en tête de course. La caméra est fixée sur un chariot se déplaçant sur un rail.

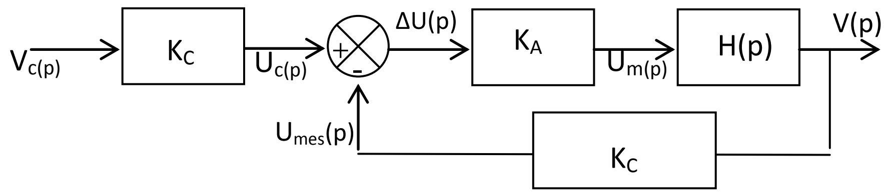
	Critère	Flexibilité
Stabilité	-	Impératif
Précision	Erreur < 2 %	± 1 %
Rapidité	$T_{r5\%}$ < 0,2 s	± 0,01s

Un capteur optique permet de mesurer la position de la caméra par rapport au coureur. Un calculateur détermine la consigne nécessaire pour suivre le coureur, transmise sous forme de tension de commande à l'asservissement du chariot. Le chariot est asservi en vitesse comme le montre le schéma fonctionnel suivant.

Représentation structurelle



Représentation schéma bloc

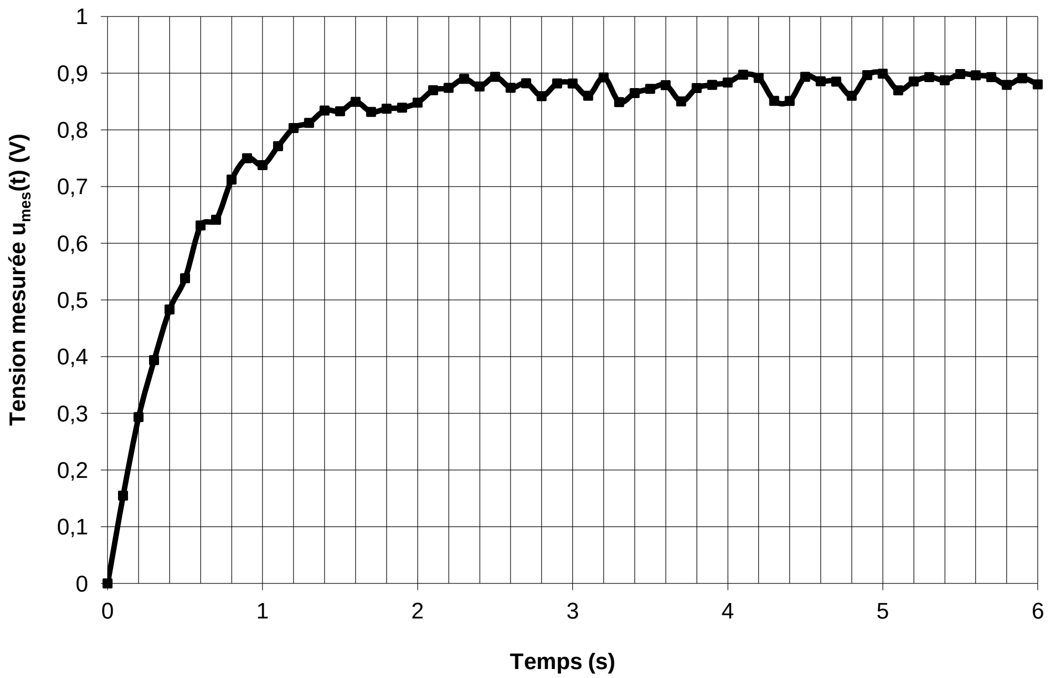


Le chariot est actionné par un moteur électrique piloté par sa tension d'entrée $u_m(t)$. Cette tension est obtenue à l'aide d'un amplificateur fournissant une tension $u_m(t)$ proportionnelle à la tension de commande Δu (gain $K_A = 500$). Un capteur de vitesse mesure la vitesse v(t) et renvoie une information de tension $u_{mes}(t)$ proportionnelle à la vitesse v(t) (gain $K_C = 0{,}3$ V/(m.s^{-1})).

Partie I : Modélisation du chariot

La structure du chariot étant relativement complexe, il est difficile de donner a priori un modèle de comportement H(p) comme pour le capteur de vitesse ou l'amplificateur. Afin de modéliser son comportement, on choisit de faire une mesure et de proposer un modèle simple représentatif. La courbe page suivante montre la réponse obtenue par le capteur de vitesse lorsqu'un échelon de tension $u_m(t) = u_0.u(t)$ (avec $u_0 = 70$ V) est appliqué en entrée.
On choisit un modèle simple du premier ordre pour identifier le comportement du chariot, soit
$H(p) = \dfrac{K}{1+\tau p}$, où K et τ sont à déterminer à l'aide de la courbe.

1- Justifier le choix d'un modèle du premier ordre pour décrire le comportement du chariot.
2- Déterminer K à l'aide de la courbe.
3- Déterminer τ à l'aide de la courbe par trois méthodes. A partir des trois valeurs obtenues, proposer une valeur de τ pertinente.



Partie II : Etude des performances du système en boucle fermée

On cherche maintenant à caractériser les performances du système asservi, c'est à dire la stabilité, la rapidité et la précision.

4- Calculer la fonction de transfert $H_T(p) = \dfrac{V(p)}{V_c(p)}$ du comportement du chariot asservi.

5- Déterminer les caractéristiques de cette fonction de transfert. Le système sera-t-il asymptotiquement stable ?

6- En calculant la valeur à convergence de v(t) suite à une entrée en échelon unitaire $v_c(t) = u(t)$, déterminer si le système est précis. Comment améliorer cette précision ?

7- Déterminer la rapidité du système. Comment améliorer la rapidité ? Quelle sera la conséquence sur la précision ?

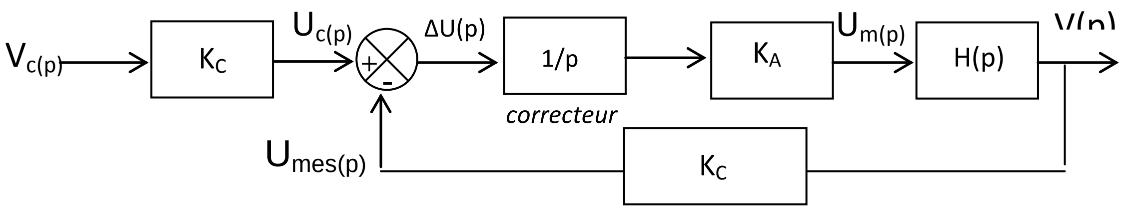
8- Déterminer la valeur numérique minimale de K_A permettant de satisfaire le cahier des charges. Commenter le résultat obtenu.

9- Donner l'expression littérale de la réponse du système à un échelon unitaire $v_c(t) = u(t)$.

Partie III : Amélioration de la précision

Une méthode classique pour améliorer la précision, sans trop augmenter la tension d'alimentation du moteur suite à une augmentation de K_A, est d'ajouter un correcteur de type intégrateur dans la chaîne directe. Dans cet exercice on décide d'ajouter un correcteur de type intégrateur pur $^1/_p$ (voir figure ci-dessous).

Cet ajout est facile en amont de l'amplificateur. On désigne par « correcteur » cet élément rajouté, destiné à améliorer le comportement de l'asservissement.

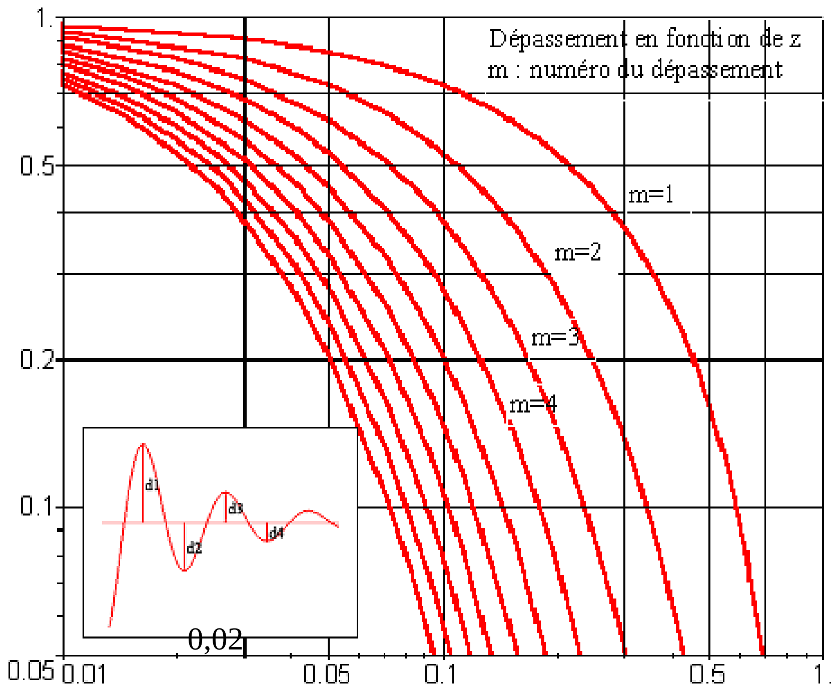


10- Exprimer la fonction de transfert $H_C(p) = \dfrac{V(p)}{V_c(p)}$ du comportement du chariot asservi.

11- Mettre sous forme canonique, et exprimer le gain statique K_H, l'amortissement z_H et la pulsation propre non amortie ω_{0H}.

12- Etudier les performances de précision, rapidité (en utilisant l'abaque de l'exercice 3) et stabilité du chariot. En déduire l'intérêt de la correction.

13- Tracer à partir de quelques points judicieusement choisis la réponse du système à un échelon unitaire $v_c(t) = u(t)$.



Abaque des dépassements

Exo 2 : Asservissement en position d'un axe de robot

L'étude porte sur l'asservissement en position angulaire d'un axe de bras robot.

La consigne de position angulaire est notée $\theta_C(t)$. Elle est transcrite par l'intermédiaire d'un système de gain pur K(en V/rad) en une tension notée $u_C(t)$. Cette tension est directement comparée à $u_S(t)$la mesure de $\theta_S(t)$ la position angulaire de l'axe fournie par le capteur de gain K_C.

Le mouvement de rotation est assuré par un moteur électrique.

Pour ce moteur, l'entrée est la tension d'alimentation $u_M(t)$, obtenue après amplification de gain pur K_A (= 10) de l'écart en tension $\varepsilon_V(t)$. La sortie du moteur électrique est la vitesse de rotation $\omega_S(t)$ du bras (en rad/s). La fonction de transfert du moteur est notée $H(p)$, telle que $$H(p)=\frac{L(\omega_S(t))}{L(u_M(t))}=\frac{\Omega_S(p)}{U_M(p)}=\frac{0,2}{1+0,5.p}$$

(approximation 1er ordre)

1) Représenter le schéma bloc complet de l'asservissement en position de l'axe. Faire apparaître dans le domaine symbolique l'ensemble des variables en précisant leur unité SI, ainsi que les fonctions de transfert de chacun des composants.

2) Quelle doit être la relation entre K et K_C pour que $\varepsilon_V(t) = 0$ dès que $\theta_S(t) = \theta_C(t)$?

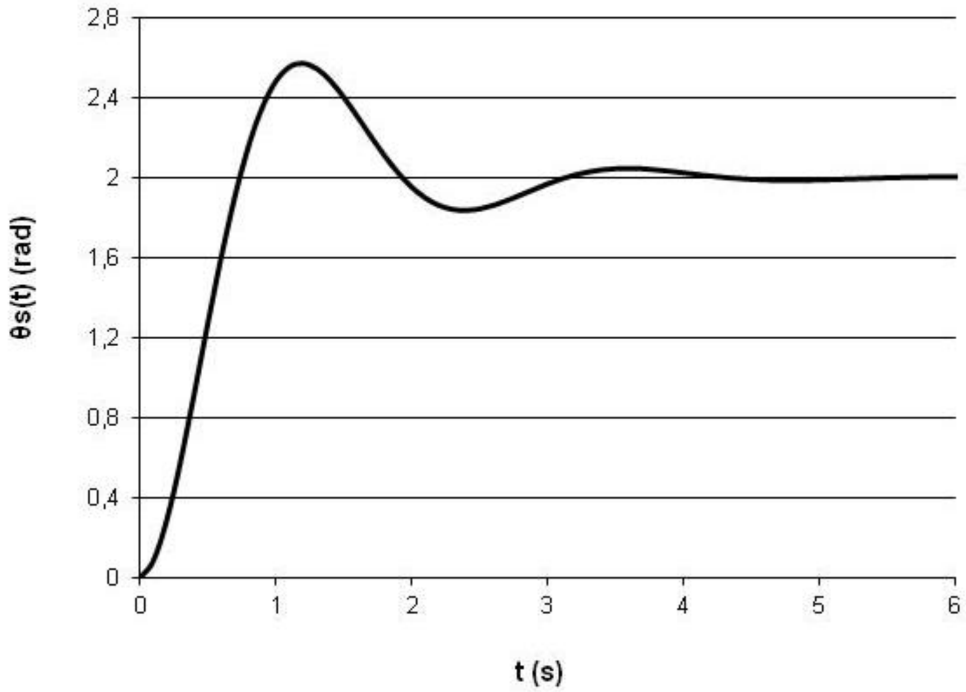
3) Déterminer une représentation schéma bloc de retour unitaire équivalente à la représentation précédente.

4) Déterminer l'expression littérale et numérique de la fonction de transfert $F(p)$ du système complet.

5) Monter que $F(p)$ est une fonction de transfert du 2ème ordre. Exprimer alors le gain statique K_F, l'amortissement z_F et la pulsation propre non amortie ω_{0F} en fonction de K_C.

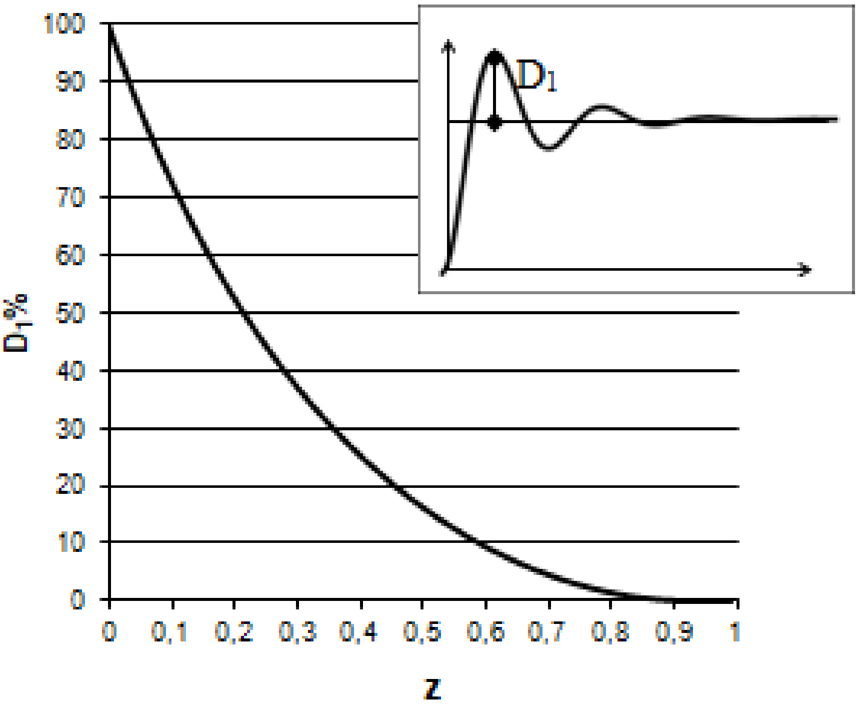
6) Que dire de la précision du système en chaîne fermée ?

La réponse du système à un échelon de position $\theta_c(t) = 2rad$ est la suivante :



7) Quel est la nature de cette réponse ? Que dire sur la valeur de z_F ?

8) Déterminer graphiquement les valeurs numériques de K_F, z_F et ω_{0F}. Vous pouvez éventuellement vous aider de l'abaque de dépassement donné ci-dessous.



9) En déduire la valeur numérique du gain du capteur K_C.

Exo 3 – Identification

Ci-dessous, on donne les entrées $e_i(t)$ et les réponses $s_i(t)$ de trois systèmes différents.

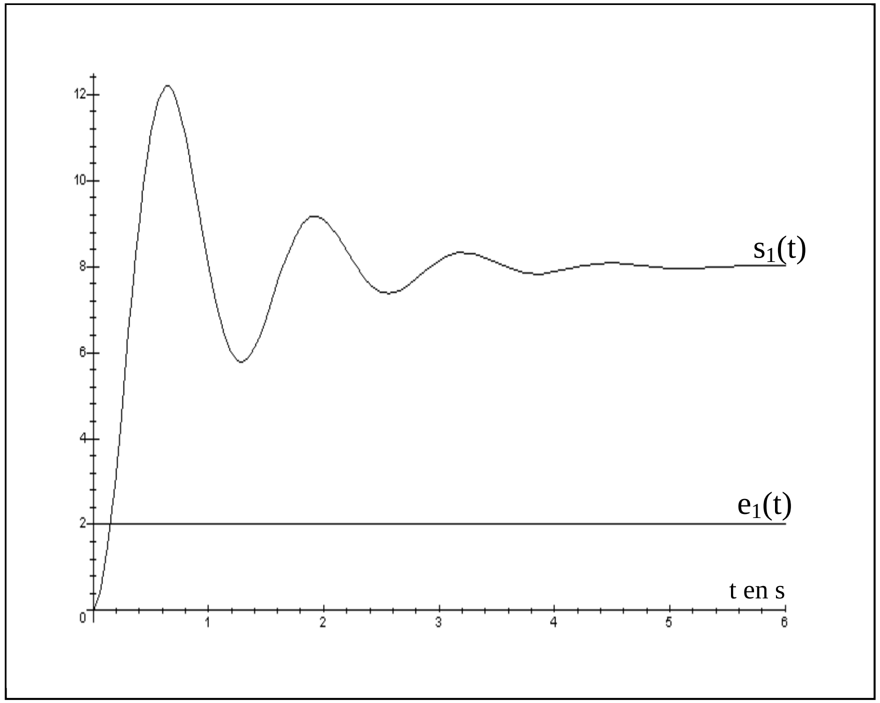
1) Proposer une modélisation du comportement de chacun de ces systèmes. Justifier.

2) Déterminer les valeurs numériques des paramètres caractéristiques des fonctions de transfert $H_1(p)$ et $H_2(p)$.

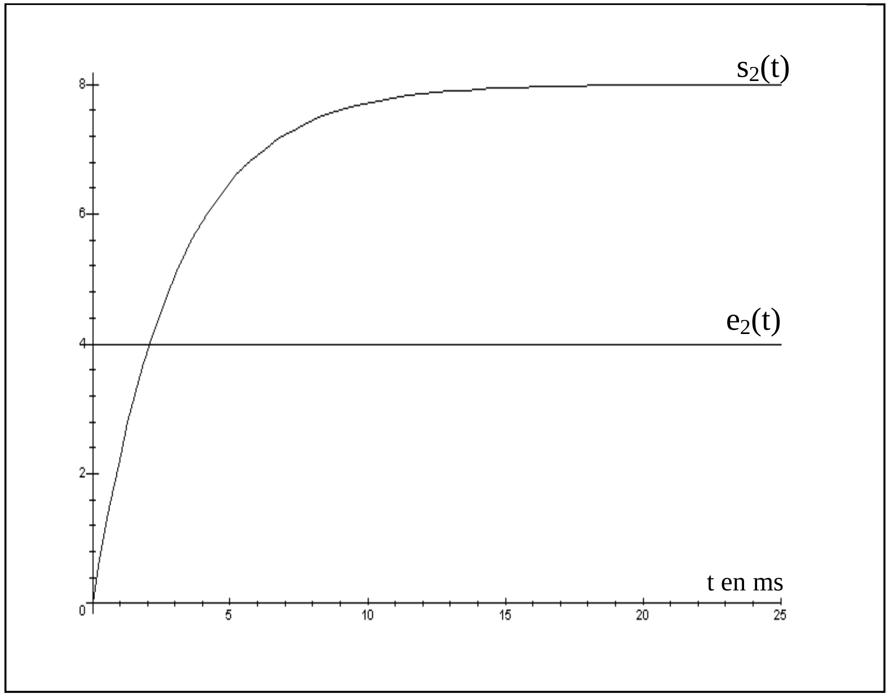
3) Déterminer graphiquement sur la courbe réponse, puis à l'aide de l'abaque, les temps de réponse à 5% des systèmes 1 et 2.

4) Choisir en justifiant $H_3(p)$ parmi les propositions suivantes :

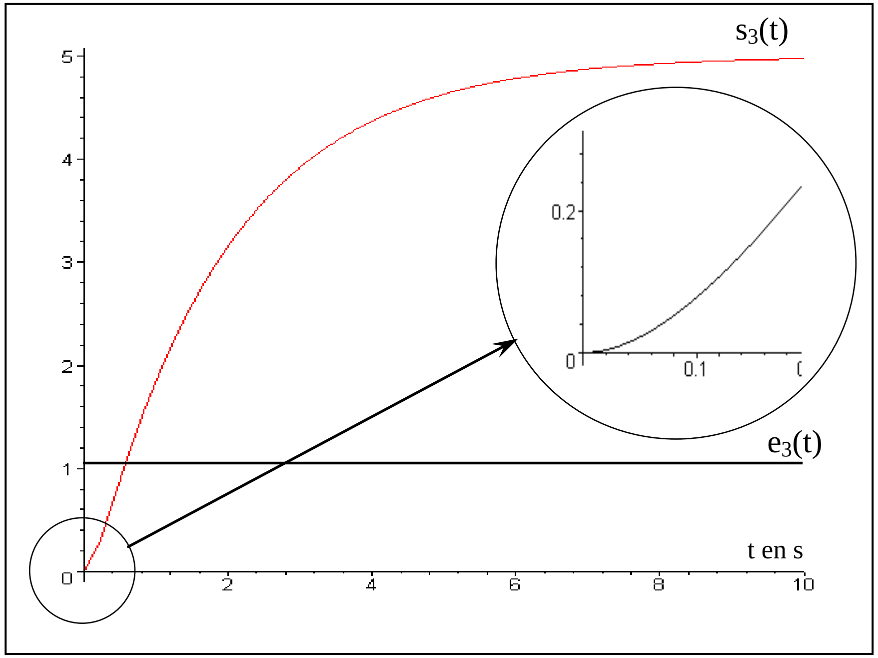
$$\frac{5}{1+0{,}5p+0{,}25p^2}, \quad \frac{5}{1+2p^2} \text{ ou } \frac{500}{100+100p+25p^2}.$$



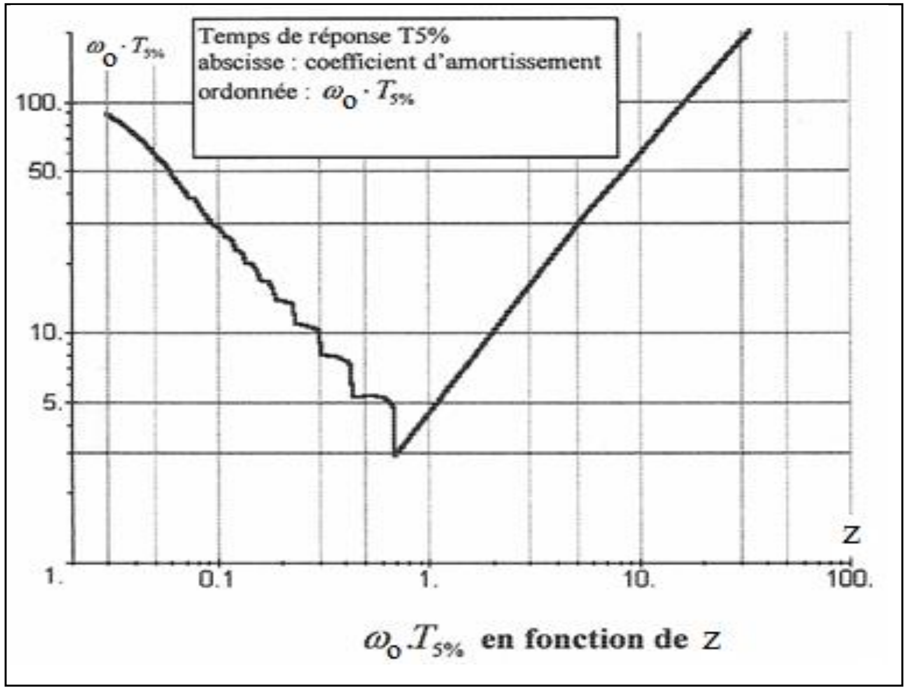
s1(t)
e1(t)
t en s



s2(t)
e2(t)
t en ms



s3(t)
e3(t)
t en s



Temps de réponse T5%
abscisse : coefficient d'amortissement
ordonnée : $\omega_o \cdot T_{5\%}$
$\omega_o \cdot T_{5\%}$
z
$\omega_o . T_{5\%}$ en fonction de z