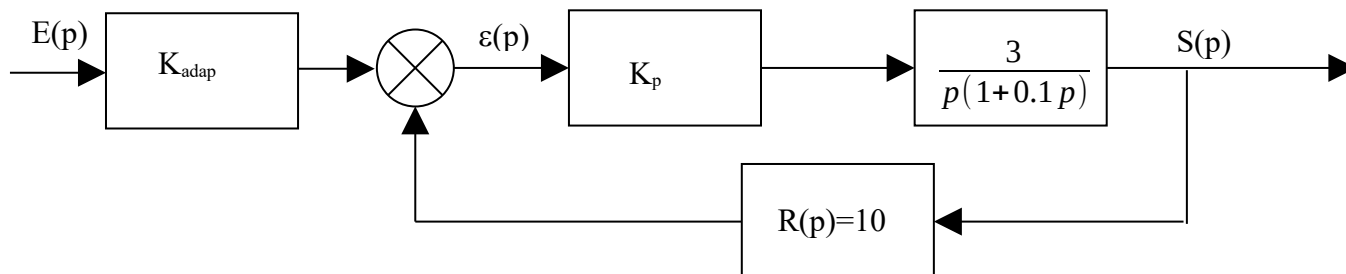


Performances des systèmes asservis

Exercice 1 :

On étudie un système asservi dont le schéma-bloc est le suivant :



1 proposer une adaptation de la consigne en amont de la boucle, K_{adap} .

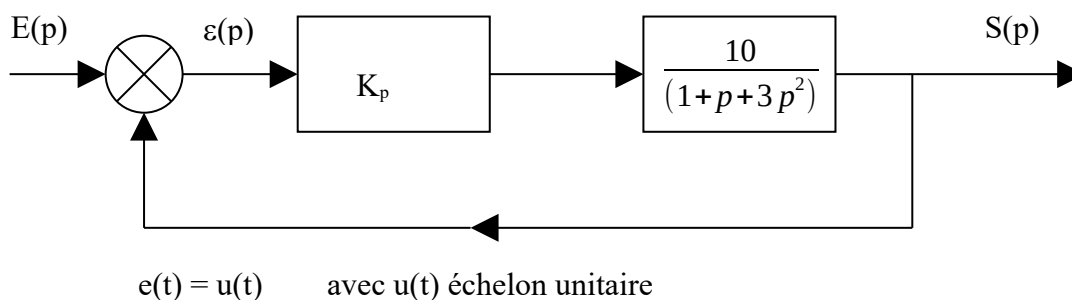
2 Déterminer l'erreur statique avec $K_p = 1$, en appliquant l'adaptation choisie.

3 Calculer la FTBF et tracer l'allure de la réponse temporelle en boucle fermée $s(t)$, en notant les grandeurs caractéristiques.

Utilisez plutôt les abaques que les calculs pour tracer la réponse temporelle. Pour cela, il faut calculer la FTBF et identifier les coefficients caractéristiques (forme canonique).

Exercice 2 :

On étudie un système asservi dont le schéma-bloc est le suivant :



1 Déterminer l'erreur statique avec $K_p = 1$.

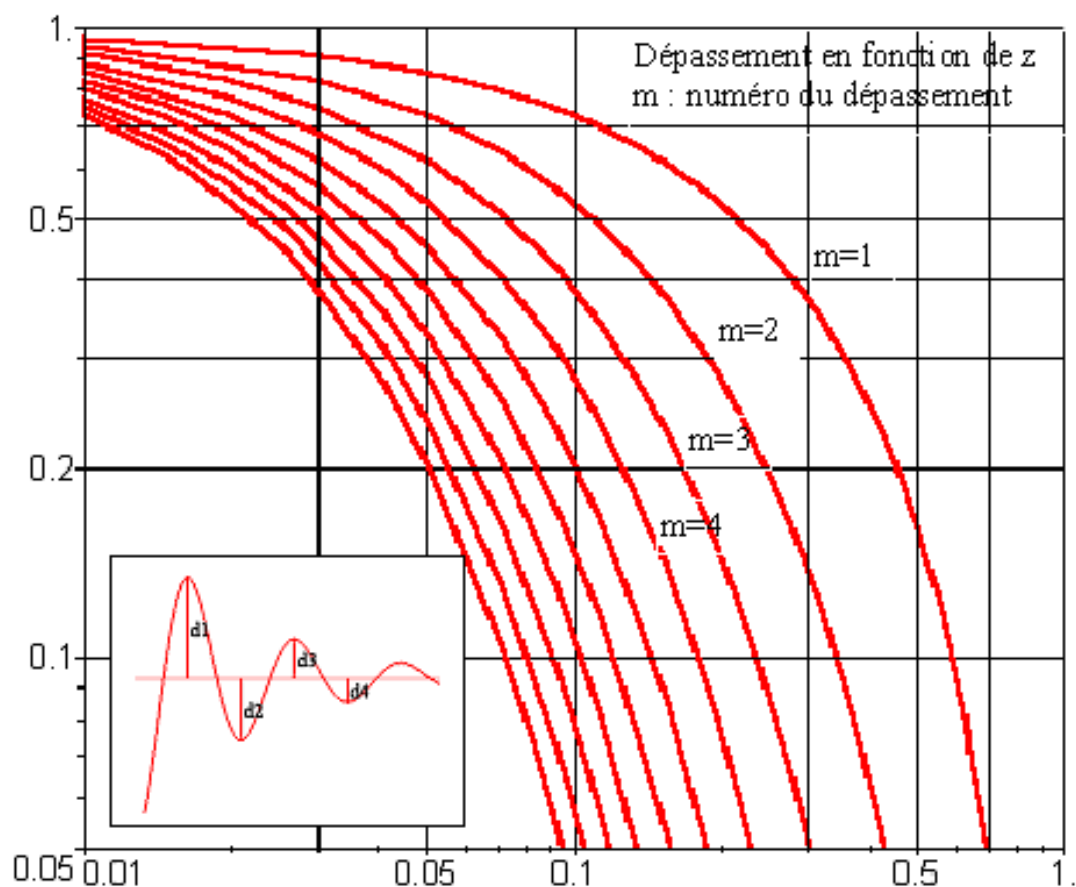
2 Tracer l'allure de la réponse temporelle en boucle fermée $s(t)$ avec $K_p = 1$, en notant les grandeurs caractéristiques. (pas de calculs demandés...)

3 Déterminer K_p pour avoir une erreur relative inférieure à 10 %.

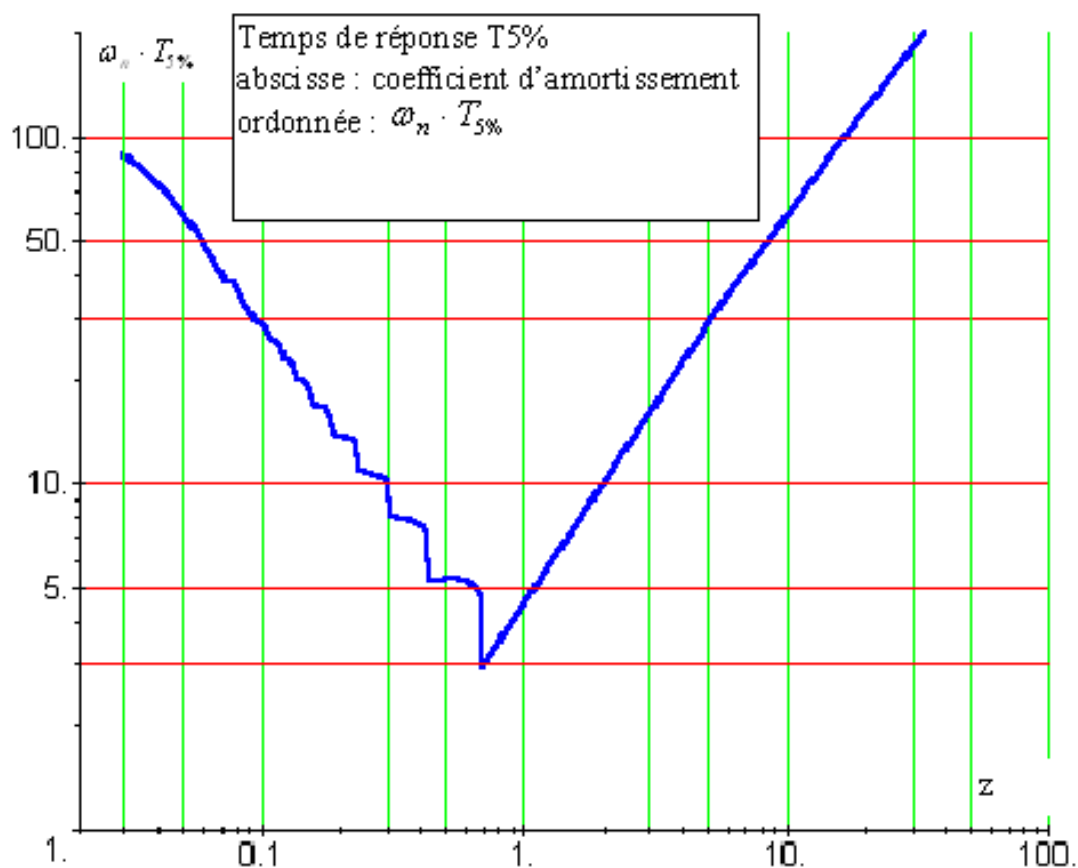
4 Re-tracer l'allure de la réponse temporelle en boucle fermée $s(t)$ avec K_p réglé, en notant les grandeurs caractéristiques.

Abaques

Pour obtenir le coefficient d'amortissement, d'après les dépassements de la réponse temporelle à un échelon :
(ou l'inverse)

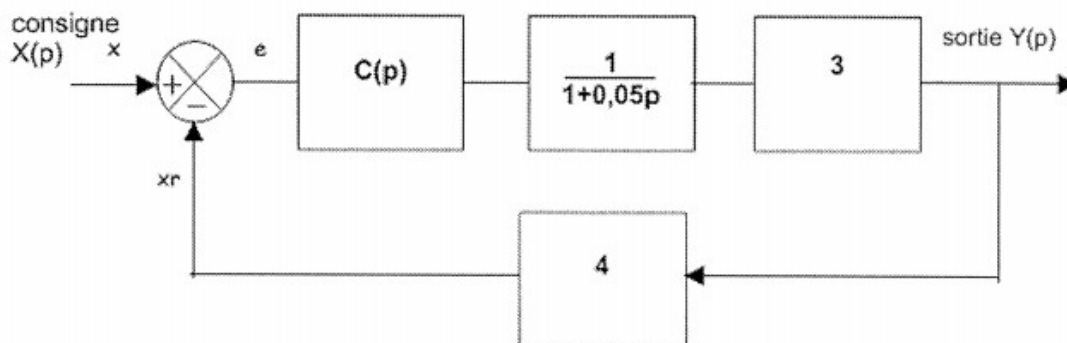


Pour obtenir le temps de réponse à 5 %, d'après la pseudo-période et le coefficient d'amortissement (ou l'inverse)



Exercice 3 :

On considère le système asservi suivant :



1. Pour le système non corrigé ($C(p) = 1$), tracer les diagrammes de Bode asymptotiques du système en boucle ouverte (gain et phase).

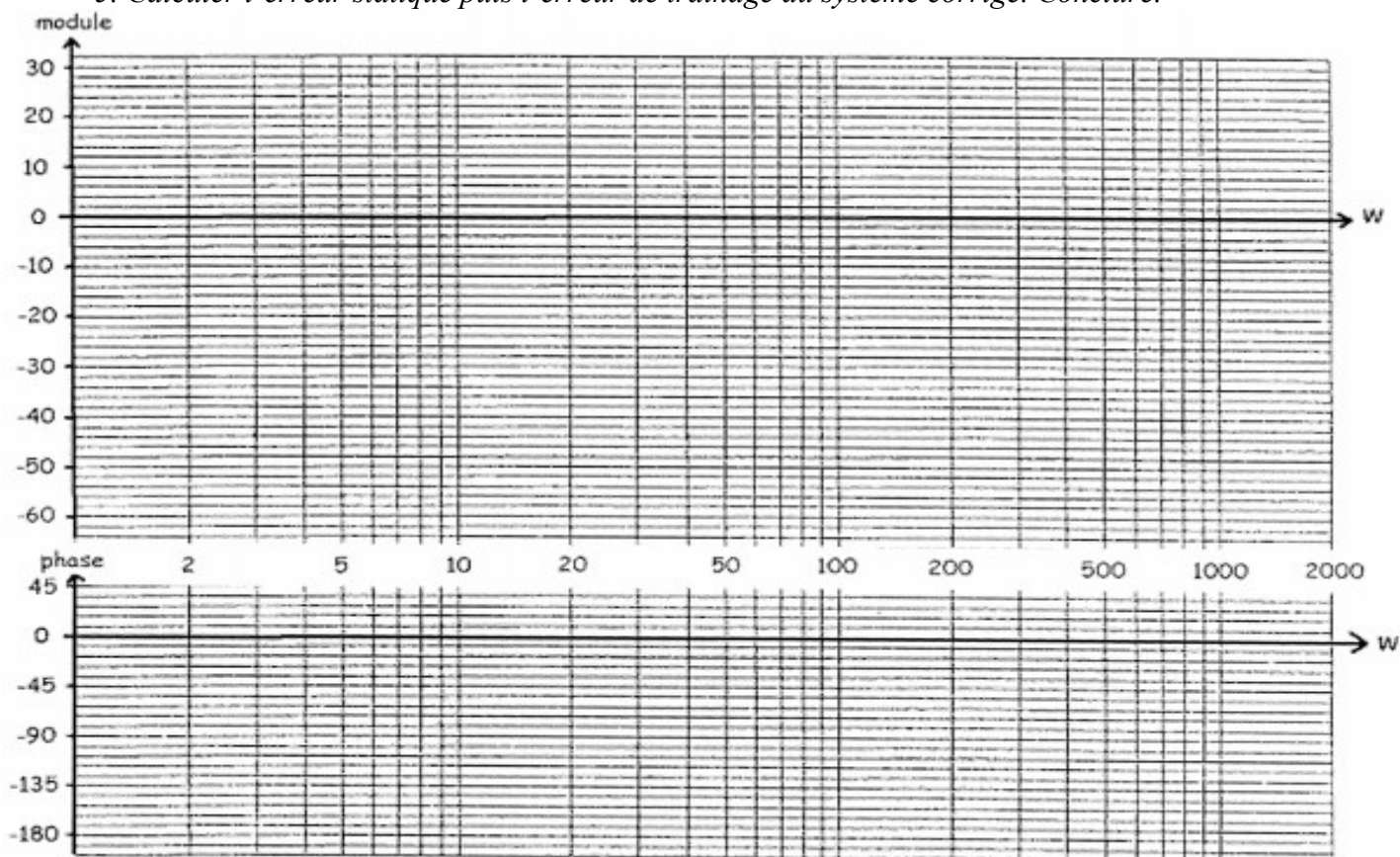
2. Déterminer la marge de phase du système.

3. Calculer l'erreur statique (absolue, puis relative) de ce système bouclé, avec une entrée $x(t) = 2$. Proposer un module d'adaptation de la consigne, en amont de la boucle, qui permette de mettre à la même échelle la consigne et la sortie. Vérifier son effet sur l'erreur statique.

On souhaite améliorer la précision de ce système à l'aide d'un correcteur proportionnel-intégral de transmittance $T(p) = \frac{1+\tau p}{\tau p}$, avec $\tau = 0,5s$.

4. Tracer les nouveaux diagrammes de Bode et vérifier sa stabilité. Commenter.

5. Calculer l'erreur statique puis l'erreur de traînage du système corrigé. Conclure.



Exercice 4 :

On considère un système de fonction de transfert en boucle ouverte :

$$T(p) = \frac{10^2}{p(p+1)(p+10)}$$

1. Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques du système en boucle ouverte (gain et phase).
2. On boucle le système par un retour unitaire.
 - Représenter le schéma-blocs ;
 - Discuter des performances du système bouclé, d'après les diagrammes tracés en boucle ouverte.

Exercice 5 :

On considère un système de fonction de transfert en boucle ouverte :

$$T(p) = \frac{K}{(p+10)^3}$$

1. Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques du système en boucle ouverte (gain et phase).
2. On boucle le système par un retour unitaire.
 - Représenter le schéma-blocs ;
 - Déterminer la valeur K_1 de K qui assure au système une marge de phase de 45° .
 - Relever les autres performances du système ainsi réglé.
3. On souhaite éliminer l'erreur statique que présente ce système ; on y ajoute (après le sommateur) un correcteur intégral de fonction de transfert $\frac{1}{p}$.
 - Tracer les diagrammes de Bode de la nouvelle FTBO, sur le même diagramme.
 - Re-régler K et déterminer sa valeur K_2 pour retrouver une marge de phase de 45° .
 - Relever à nouveau les autres performances du système modifié et confronter les résultats.
4. pour les 5/2 : proposer un correcteur proportionnel intégral, réglé de manière à ne pas déstabiliser le système (marge de phase de 40° après réglage).

Exercice 6 :

On considère un système de fonction de transfert en boucle ouverte :

$$T(p) = \frac{K}{p(p+1)(p+2)}$$

1. Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques du système en boucle ouverte (gain et phase) pour $K=1$.
2. Étudier sa stabilité en boucle fermée, avec retour unitaire. (conditions sur $K...$)

Exercice 7 : agitateur médical (extrait CCP PSI 2006)

Introduction :

Dans le cadre d'expérimentations pour soigner les malades du diabète, une équipe de chercheurs travaille sur une technique de greffe de cellules du pancréas.

Ces cellules sont obtenues à partir d'un pancréas issu d'un don d'organes.

Elles sont isolées du pancréas puis purifiées. Ces dernières, responsables de la sécrétion d'insuline, sont, après un maintien en culture (24 à 48 heures) greffées à un patient diabétique.

Afin d'isoler les cellules, on place des fragments de pancréas au sein d'une petite enceinte thermostatée (photo 1). On a préalablement injecté un mélange d'enzymes à l'intérieur du pancréas. Une fois placés dans l'enceinte, les fragments de pancréas vont «baigner» dans cette enzyme, ce qui va enclencher un phénomène de digestion. Tout au long de la manipulation, la solution va circuler, dans un circuit fermé constitué de l'enceinte, de tuyaux et d'une pompe. Pour faciliter l'action de l'enzyme, l'opération se fait sous agitation permanente.

La digestion est aussi facilitée par le mouvement de billes en acier au sein de l'enceinte. L'agitation dure 1h30 à 2h30 et doit permettre la libération et la récolte des cellules du pancréas.

Nous allons dans la suite étudier le système d'agitation et de chauffage de l'enceinte thermostatée (photo 1).

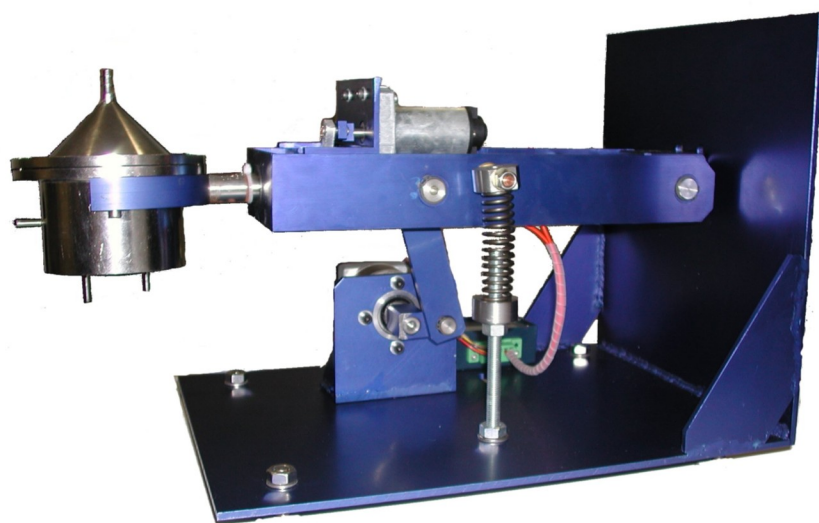


Photo 1 : l'agitateur avec la chambre de Riccordi

Étude de la régulation en température de l'enceinte :

La température de la solution est modifiée en suivant un protocole établi afin d'optimiser l'extraction :

- Élévation de la température de 15 °C à 37 °C.
- Maintien de la Chambre à 37 °C pendant 20-30 min.
- Début des manipulations à 37 °C pendant 10 min environ.
- Abaissement de la température à 20 °C.
- Fin des manipulations à 20 °C pendant 1h30.

Les contraintes de fonctionnement sont les suivantes :

- Montée en température rapide : 3 minutes maximum
- Ne doit en aucun cas dépasser 37.5°C (sinon cuisson des îlots)
- Précision de température +/-0.5°C

La maîtrise de la température joue un rôle crucial. L'objectif de notre étude est de réduire les temps de réaction et d'augmenter la précision en température du système de chauffage.

Nous utilisons, pour chauffer la solution circulant dans la chambre, un collier chauffant situé sur le pourtour de la chambre, alimenté en tension par une unité comprenant un correcteur et un amplificateur.

Cette unité élabore une tension, dépendant de la tension de consigne fournie par un appareillage auxiliaire U_{tc} (non étudié dans cette étude) et de la tension U_t provenant d'un capteur de température situé dans la chambre (figure 13).

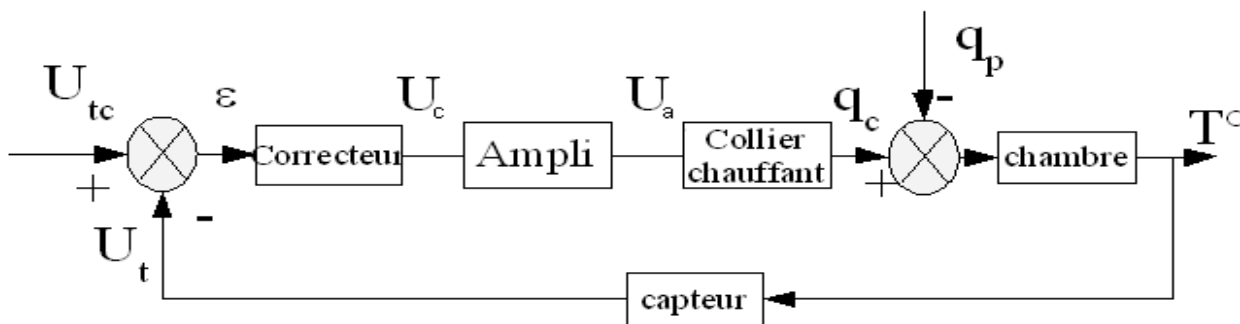


Figure 13: Schéma bloc de la régulation

U_{tc} : tension de consigne,

U_t : tension à l'image de la température (capteur de température mesurant la température dans la chambre),

U_a : tension d'alimentation du collier chauffant,

q_c : énergie calorifique fournie par le collier chauffant,

q_p : énergie calorifique perdue ou reçue par la chambre (en dehors du collier chauffant), perte par convection, par circulation de l'enzyme.

Question 17 : Expliquer la signification du sommateur situé, sur le schéma bloc (figure 13), en amont du bloc transfert de la chambre.

Identification du système

On ouvre la boucle de régulation en ne gardant que l'ampli, le collier chauffant, la chambre et le capteur de température (figure 14).

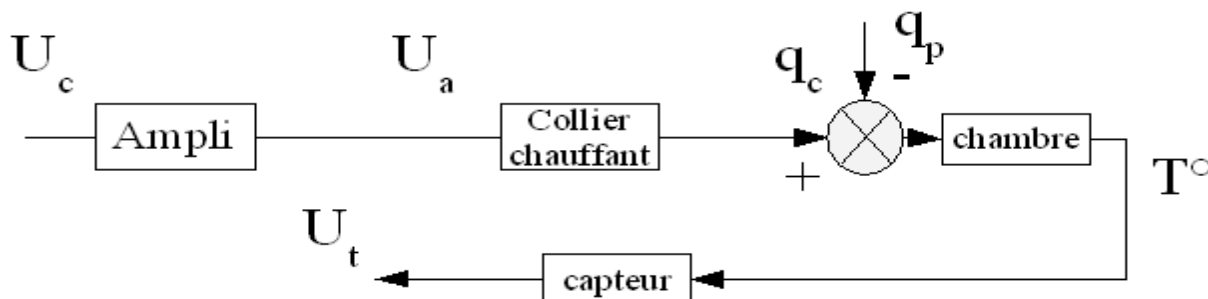


Figure 14: Boucle ouverte

Le système est stabilisé à 17°C avec une tension $U_c=0V$. Le capteur de température est calibré pour fournir une tension de 0V à cette température.

On applique brusquement une tension de 10V à l'entrée de l'amplificateur. On relève à l'aide du capteur de température l'augmentation de température (valeur de tension en sortie du capteur de température U_t).

Question 18 : A l'aide du tracé expérimental du document réponse « Réponse indicielle et Zoom » qui correspond à l'augmentation de tension U_t en sortie du capteur de température, identifier la fonction de transfert du système en Boucle ouverte défini par le rapport :

$$FTBO = \frac{U_t}{U_c}$$

on pourra utiliser la forme générale suivante pour l'identification : $\frac{U_t}{U_c} = \frac{G}{(1+\tau_1 p) \cdot (1+\tau_2 p)}$

Expliquer votre démarche et réaliser les tracés nécessaires sur le document réponse « Réponse indicielle et Zoom ».

Remarque si $\tau_1 \ll \tau_2$ on peut approximer τ_1 comme l'intersection de la tangente au point d'inflexion de la courbe avec l'axe des abscisses. $\tau_1 + \tau_2$ est obtenu par l'intersection de cette tangente avec l'asymptote à l'infini.

Analyse des performances

On réalise maintenant le bouclage du système avec un correcteur de fonction de transfert $C=1$.

On considère maintenant le système régulé avec pour entrée U_{ic} tension de consigne et pour sortie U_t , tension image de la température. La boucle de retour est alors unitaire. Le capteur de température se trouve dans la chaîne directe.

Question 19 : Tracer le schéma-bloc de la régulation afin d'avoir : retour unitaire, entrée U_{ic} et sortie U_t .

A partir d'une identification précise et en considérant la perturbation nulle, on trouve la FTBO (sans correcteur) de ce système égale à :

$$\frac{U_t}{U_c} = \frac{0,5}{(1+5p).(1+100.p)}$$

Question 20 : Calculer le temps de réponse à 5% du système régulé, en vous aidant de la figure 15 : « Temps de réponse réduit pour second ordre ». Faire l'application numérique.

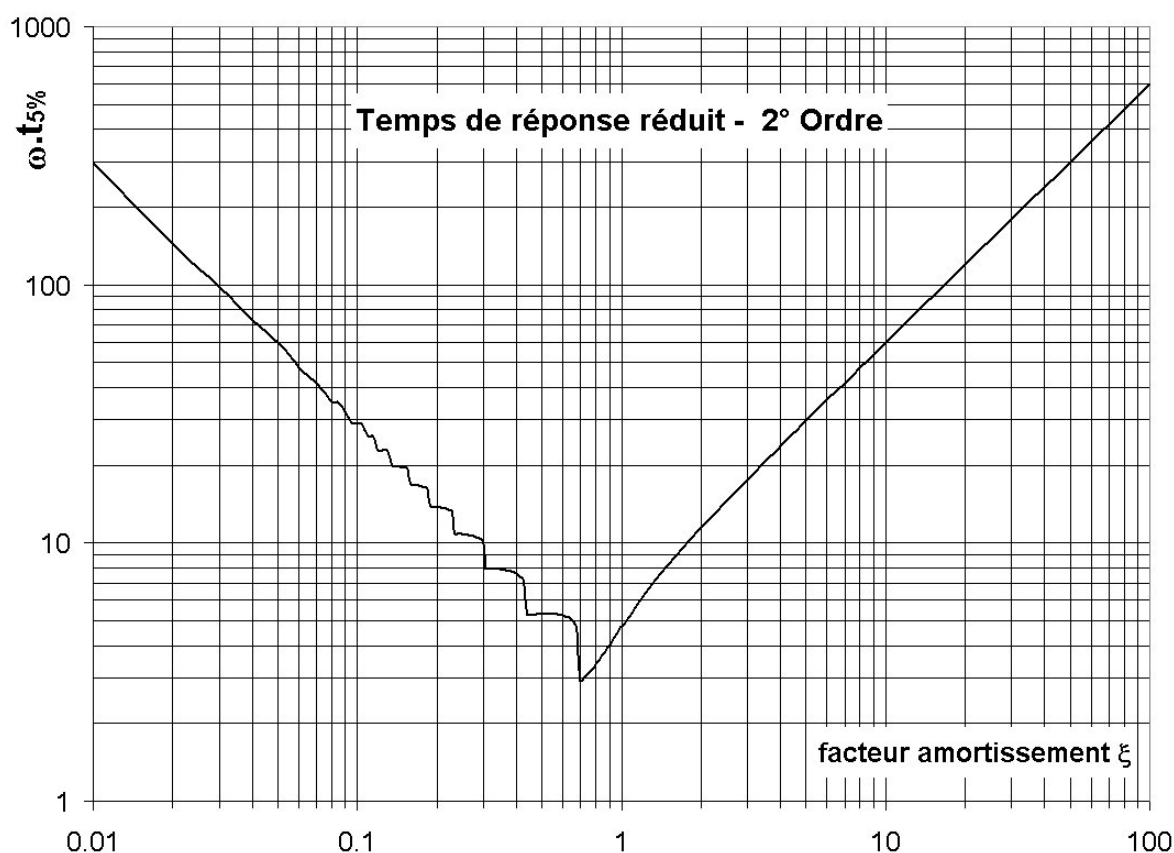


Figure 15: Temps de réponse réduit pour un second ordre

Question 21 : Calculer les écarts pour une entrée en échelon (écart de position) et pour une entrée en rampe (écart de traînage). Faire l'application numérique.

Question 22 : Tracer les diagrammes de Bode de la fonction de transfert en Boucle ouverte du système ; utiliser le document réponse (Tracé de Bode), sur lequel vous réaliserez le tracé du gain et du déphasage.

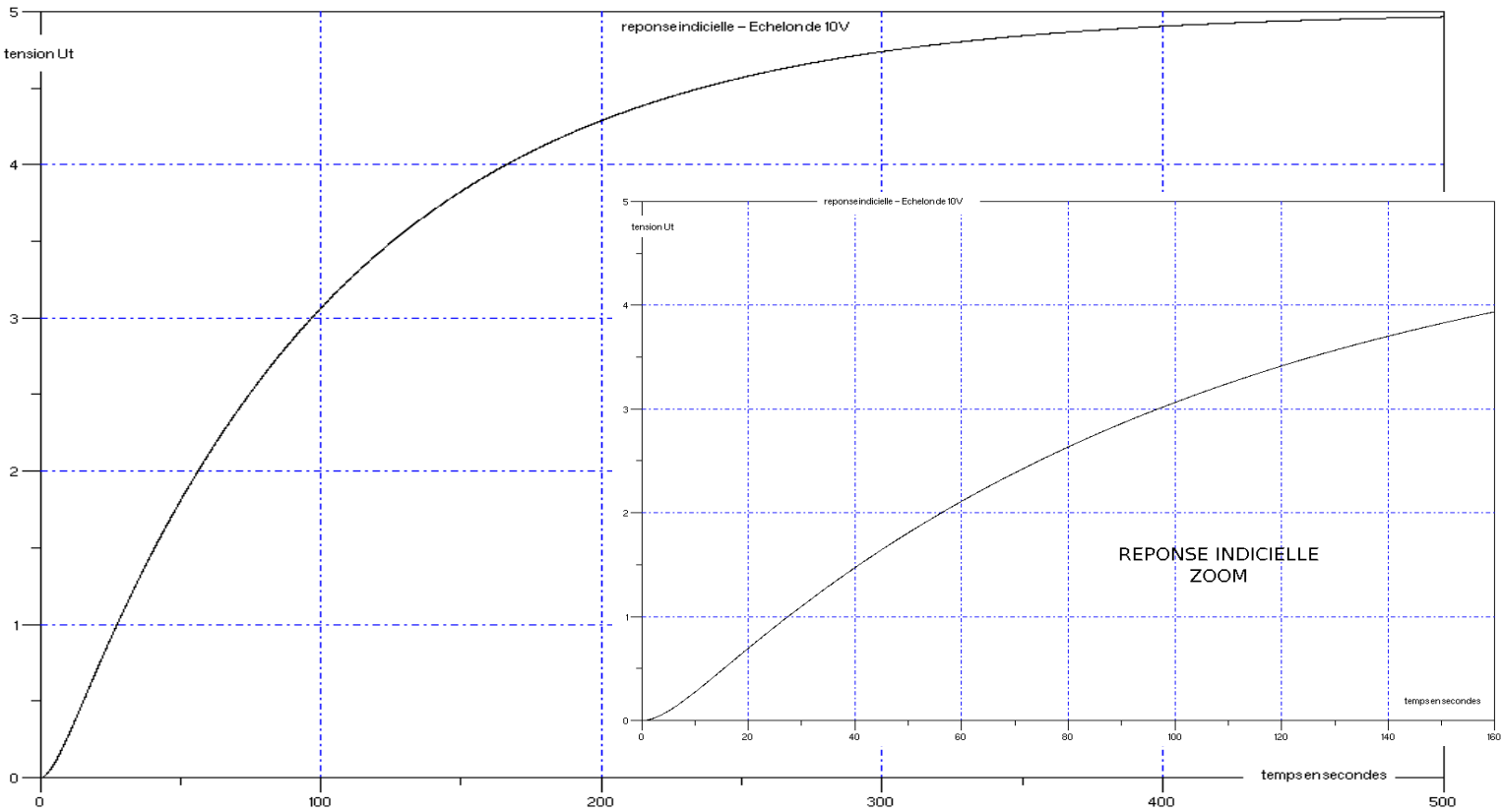
Préciser :

- les asymptotes,
- l'expression du module en décibels et du déphasage en fonction de la pulsation ω ,
- les valeurs du gain en décibels et du déphasage pour $\omega=0,01$, $\omega=0,1$ et $\omega=1$ (utiliser le formulaire mathématique),
- l'allure réelle des courbes de gain et de phase.

Question 23 : Que pensez-vous des marges de gain et de phase?

Document réponse – agitateur médical

Question 18 - Réponse indicielle et Zoom



Question 22 : Tracé de Bode

