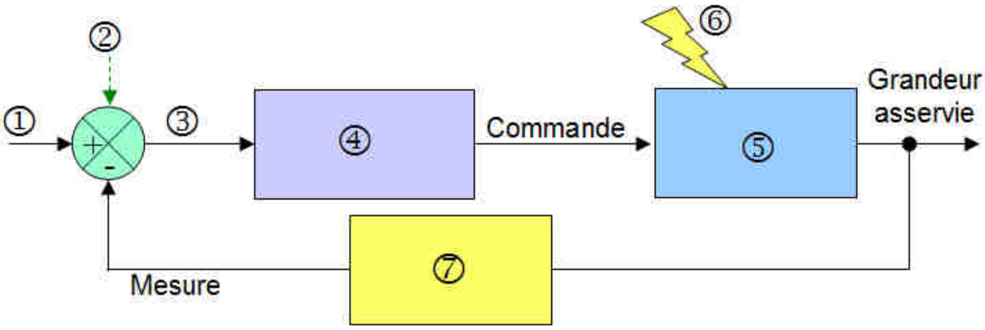
Les fondamentaux pour les systèmes asservis

Exercice n°1 : Structure & performance d'un système asservi

Le schéma représenté sur la figure ci-contre représente la structure classique d'un système asservi.

Q1 : Compléter les indications ① à ⑦ en précisant le rôle de la grandeur ou du bloc considéré.

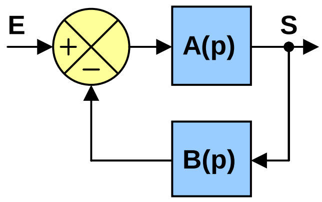


Q2 : Quelles sont les 3 qualités principales pour un système asservi. Détailler votre réponse en proposant une illustration pour chaque qualité.

Q3 : Décrire un exemple d'un système asservi de votre choix.

Exercice n°2 : Tracé de diagramme de Bode d'une fonction de transfert en BO

La modélisation classique d'un système asservi aboutit généralement au schéma bloc représenté ci-contre. On définit alors une fonction de transfert en boucle ouverte $T_{BO}(p)=A(p).B(p)$ qui nous permet d'étudier en autre la stabilité du système asservi.



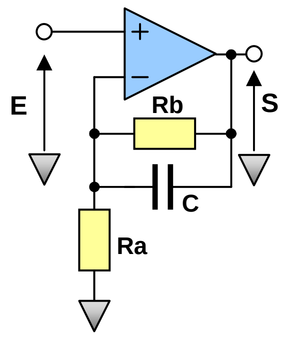
Q1 : A quoi correspond la fonction de transfert en boucle fermée et quelle est son expression en fonction de A(p) et B(p) ?

Q2 : On précise les fonctions suivantes $A(p)=\dfrac{1}{(1+\tau_1 \cdot p)^2}$ et $B(p)=\dfrac{1}{\tau i.p}$ avec τ_1=100ms et τi=10ms. Tracer le diagramme de Bode asymptotique (Gain + Phase) de la fonction de transfert en boucle ouverte $T_{BO}(p)$ en utilisant le document réponse. Superposer sur le tracé asymptotique l'allure du diagramme de Bode réel en indiquant les points caractéristiques. Vous effectuerez les tracés en fonction de la pulsation ω.

Q3 : Pour quelle valeur de pulsation l'argument de T_{BO} passe-t-il par $-\pi$? En déduire le gain de T_{BO} pour cette pulsation.

Exercice n°3 : Tracé du diagramme de Bode d'un correcteur

On vous propose d'étudier un correcteur analogique dont le schéma de mise en œuvre est représenté sur la figure suivante. On considère que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.



Q1 : Exprimer la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme indiquée ci-dessous. Exprimer les variables K, ω_1 et ω_2 en fonction des éléments du montage.

E(p) → $$T(p)=K\cdot\frac{1+\frac{p}{\omega_1}}{1+\frac{p}{\omega_2}}$$ → S(p)

Q2 : On fixe K=4 ω_1=100rad/s et ω_2=25rad/s.
En déduire les valeurs de Rb et C si l'on fixe Ra=13kΩ.

Q3 : Exprimer le module |T| et l'argument Arg(T) de la fonction de transfert T(jω). Calculer les valeurs de ces 2 quantités pour ω_1, ω_2 et $\sqrt{\omega_1 \cdot \omega_2}$

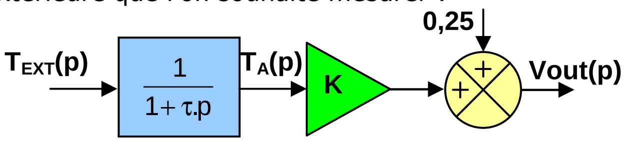
Q4 : Tracer le diagramme de Bode Asymptotique (Gain & Phase) sur le document réponse. En utilisant les 3 points calculés à la question précédente en déduire l'allure du tracé réel.

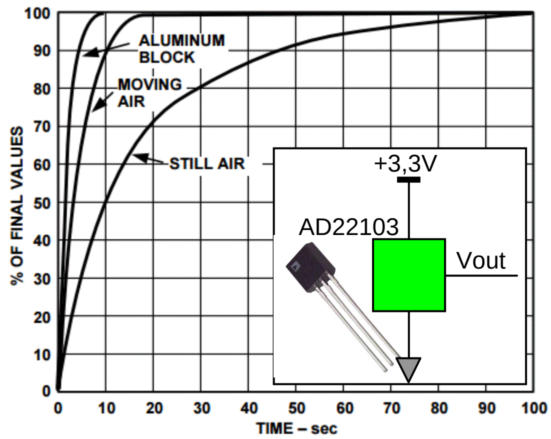
Exercice n°4 : Identification & modélisation d'un capteur de température

A travers cet exercice on vous propose de modéliser un capteur de température AD22103 dont le constructeur précise que sa tension de sortie est de la forme : $Vout = 0{,}25V + (28mV/°C) \times T_A$

Response of the AD22103 output to abrupt changes in ambient temperature can be modeled by a single time constant τ exponential function. Figure shows typical response time plots for a few media of interest.

T_A désigne la température de la surface sensible du capteur AD22103. Pour tenir compte du temps de réponse de ce capteur on propose la modélisation suivante dans laquelle T_{EXT} désigne la température extérieure que l'on souhaite mesurer :



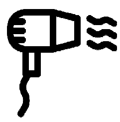


Q1 : En utilisant l'extrait de la documentation constructeur proposé ci-contre, déterminer la constante de temps τ dans le cas "MOVING AIR". Expliquer votre mode opératoire compte tenu du modèle proposé (1er ordre)

Q2 : Que désigne le terme "STILL AIR" et pour quelle raison la constante de temps est plus petite dans le cas "MOVING AIR" ?

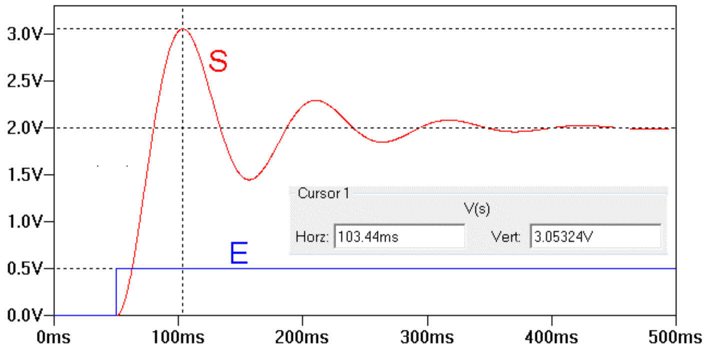
Q3 : Dans le modèle proposé quelle est la valeur de la constante K ? Si l'on se place en régime permanent quelle est la tension obtenue en sortie du capteur pour une température de 20°C

Q4 : On place le capteur de température en sortie d'un sèche cheveux et l'on suppose que la température T_{EXT} passe instantanément de 20°C à 65°C lorsque l'on actionne le sèche cheveux. Représenter l'évolution de la sortie Vout au cours du temps avec un minimum de précision.



Exercice n°5 : Identification pour un système linéaire du 2nd ordre

On vous propose de retrouver les paramètres caractéristiques d'un système linéaire du 2nd ordre à partir d'un relevé représenté ci-contre dans lequel E désigne l'entrée et S la sortie.



Q1 : Quel est le nom classiquement utilisé pour décrire ce type de réponse temporelle ?

On rappelle que pour ce type de réponse le premier dépassement est donné par la relation :

$$D\% = 100.\exp\left(\frac{-\pi m}{\sqrt{1-m^2}}\right) \quad \text{pour} \quad tpic = \frac{Tp}{2} = \frac{\pi}{\omega o \cdot \sqrt{1-m^2}}$$

Q2 : En régime permanent quelle est l'amplification du système linéaire ? Pour quelle raison simple ce système linéaire correspond-il à un filtre passe bas ?

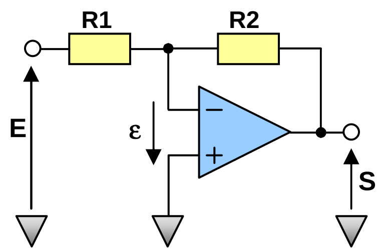
Q3 : A partir des informations proposées sur le relevé, indiquer les valeurs de D% et tpic.

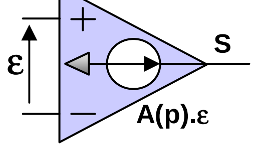
Q4 : Retrouver les paramètres caractéristiques m & ωo du système en détaillant votre démarche.

Exercice n°6 : Montage amplificateur à AOP vue comme un système bouclé

On vous propose de reprendre l'étude d'un montage à ampli-op de type amplificateur inverseur constitué de 2 résistances R1 & R2 comme le montre le schéma ci-contre.

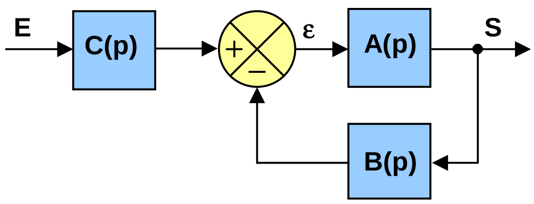
On donne le modèle interne d'un ampli-op dans lequel on suppose que Ao>>1 et le produit $Ao.fo = \frac{Ao.\omega o}{2\pi}$ correspond au produit gain bande de l'ampli-op.





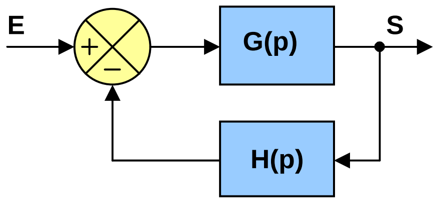
$$A(p) = \frac{Ao}{1 + \frac{p}{\omega o}}$$

Q1 : Exprimer la tension ε en fonction de E, S, R1 & R2.



Q2 : Montrer que le montage amplificateur non inverseur peut alors se mettre sous la forme du schéma bloc proposé ci-contre. Exprimer les fonctions de transfert C(p) et B(p) en fonction de R1 et R2.

Q3 : Montrer que le schéma bloc précédent est équivalent au schéma bloc classique représenté ci-contre avec :



$$G(p) = A(p).C(p) \text{ et } H(p) = \frac{B(p)}{C(p)}$$

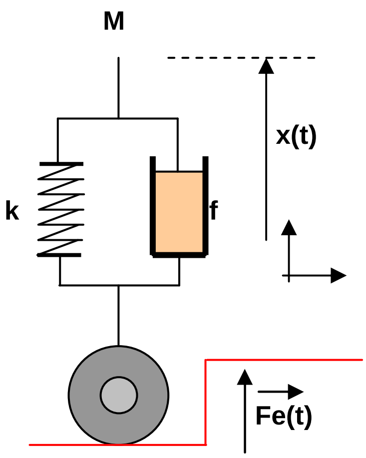
Q4 : Calculer la fonction de transfert en boucle fermé et la mettre sous la forme canonique suivante : $FTBF(p) = K \cdot \dfrac{1}{1+\dfrac{p}{\omega c}}$

Q5 : Montrer que si l'on considère Ao>>1 alors on retrouve l'expression classique pour K.

Q6 : Si l'on considère que R2=R1 quelle est la bande passante de ce montage pour un ampli-op dont le produit gain bande est de 4MHz ?

Exercice n°7 : Modélisation d'un amortisseur pour voiture

Dans le cadre du module PCS, il n'est pas forcément question d'électronique à chaque problème. Aussi nous vous proposons de modéliser ce système mécanique. On considère que la force Fe(t) est l'entrée du système et que x(t) est la sortie correspondant à la position du châssis mesurée par rapport à la position d'équilibre.
L'amortisseur est constitué d'un ressort dont le coefficient de raideur est k et d'un amortisseur visqueux dont le coefficient est f.



En isolant la masse M et en appliquant le principe fondamental de la dynamique (que vous rappellerez) on montre que : $Fe(t) - k.x(t) - f \cdot \dfrac{dx(t)}{dt} = M\dfrac{d^2x(t)}{dt^2}$

Q1: Comme x(t) représente la position du châssis, que représentent physiquement les grandeurs $\dfrac{dx(t)}{dt}$ et $\dfrac{d^2x(t)}{dt^2}$?

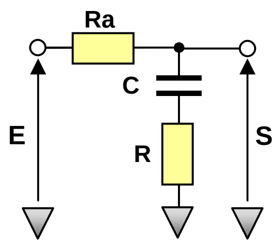
Q2 : Si l'on considère que x(t) admet comme transformée de Laplace X(p), exprimer les transformées de Laplace des grandeurs $\dfrac{dx(t)}{dt}$ et $\dfrac{d^2x(t)}{dt^2}$ en fonction de X(p).

Q3 : Montrer alors que la fonction de transfert de ce système $T(p) = \dfrac{X(p)}{Fe(p)}$ peut se mettre sous la forme d'une fonction de transfert passe bas du 2nd ordre dont vous rappellerez la forme canonique et dont vous identifierez les paramètres caractéristiques ωo et m.

Q4 : Comment doit-on choisir le coefficient k pour obtenir une réponse indicielle sans pseudo oscillation ? Effectuer les applications numériques et précisez l'unité de k en sachant que M=1500kg et f=6.10^{4}kg/s

Exercice n°8 : Transformée de Laplace & réponse indicielle

On considère le montage représenté ci-contre et pour lequel on souhaite connaitre la réponse indicielle en utilisant les tables de Transformée de Laplace.

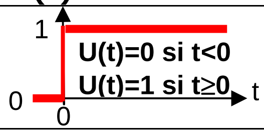


Q1 : Exprimer la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme $T(p) = \dfrac{S(p)}{E(p)} = \dfrac{1+\tau.p}{1+\tau a.p}$. Exprimer les constantes de temps τ et τa en fonction des éléments du montage.

Q2 : On connecte sur l'entrée du montage un échelon de tension compris entre 0 et Eo. Montrer que la sortie S(p) peut s'écrire sous la forme $S(p) = \dfrac{A}{p} + \dfrac{B}{1+\tau a.p}$. Préciser les expressions de A & B.

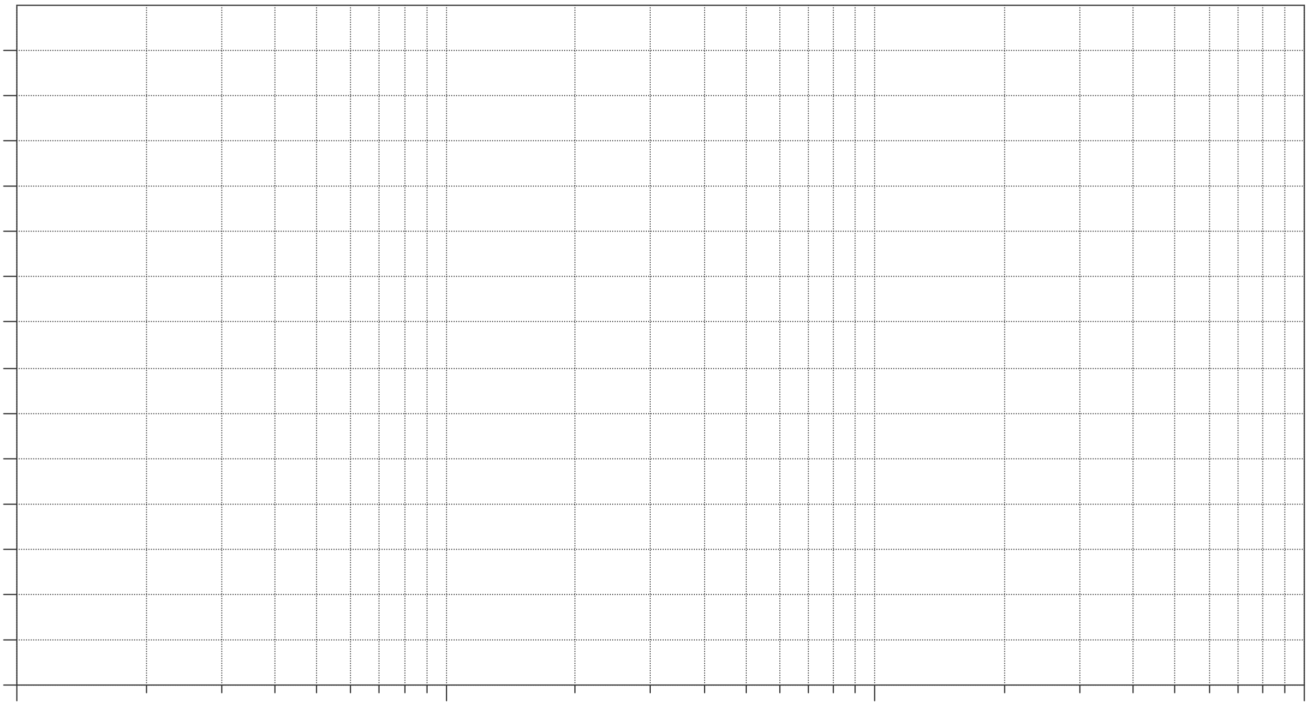
Q3 : En utilisant les tables de transformée de Laplace (fournies en annexe page 4), exprimer l'évolution de la grandeur de sortie S(t) au cours du temps. Calculer S(t=0) et tracer l'allure de cette réponse.

Annexe : Transformée de Laplace

U(t) : échelon unité	f(t)	F(p)	f(t)	F(p)
 U(t)=0 si t<0 U(t)=1 si t≥0	$K.U(t)$	$\frac{K}{p}$	$e^{-at}.U(t)$	$\frac{1}{p+a}$

Document réponse

Exercice n°2



Exercice n°3