## PRESENTATION de la E.P.A.S

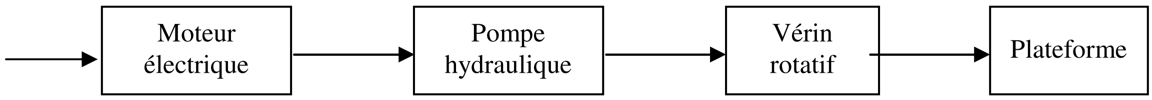
Une E.P.A.S. est une Echelle Pivotante Automatique à commande Séquentielle.
Ce système conçu et commercialisé par la société CAMIVA est monté sur le châssis d'un camion de pompiers et permet de déplacer une plate-forme pouvant recevoir deux personnes et un brancard le plus rapidement possible et en toute sécurité.

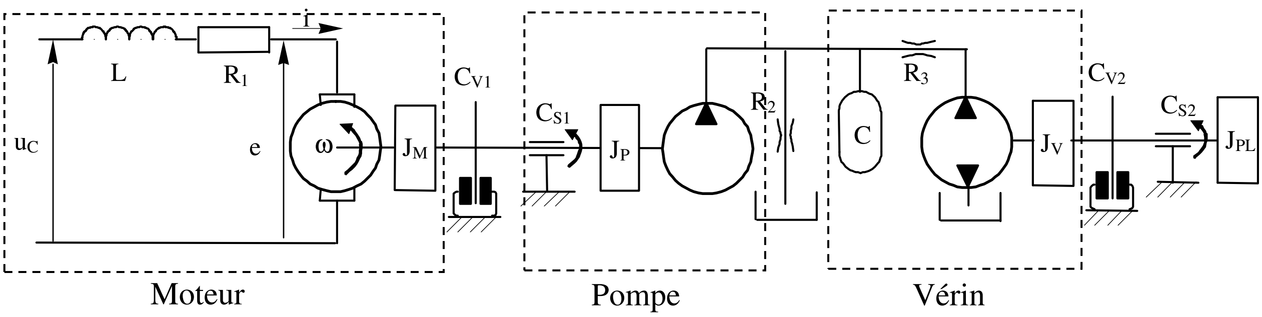
## ETUDE DE L'APLOMB DE LA PLATEFORME:

La plateforme est prévue pour recevoir deux personnes et un brancard soit une charge d'environ 270kg. Lors des mouvements de l'échelle, la plateforme doit rester horizontale.
L'échelle étant de longueur variable, l'utilisation de l'énergie hydraulique disponible au niveau du véhicule imposerait de raccorder la plateforme avec des canalisations de longueur variable entre des valeurs très éloignées et avec des pertes de charges importantes.
La solution retenue est donc une chaîne d'action comportant un moteur électrique à courant continu, une pompe hydraulique et deux vérins rotatifs installés directement au niveau de la plateforme.

Pour éviter que les mouvements de la plateforme dus aux flexions de l'échelle résultant de sollicitations dynamiques (entre autres, les mouvements des personnes embarquées) , ne sollicite inutilement le système, la consigne provient d'un capteur donnant l'angle entre l'échelle et l'horizontale. Un potentiomètre installé au niveau de la plateforme donne une image de l'angle qu'elle fait avec le parc échelle.

Modélisation et paramétrage de l'installation

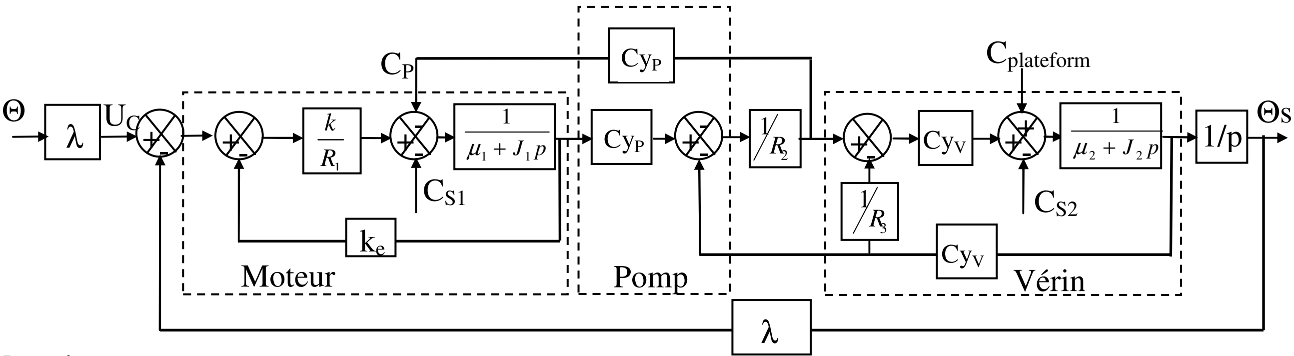



Hypothèses :

- on néglige l'inductance du moteur électrique ;
- on néglige la compressibilité du fluide et la déformation des contenants du fluide sous pression.

Schéma fonctionnel (schéma bloc) avec les hypothèses précédentes




**Notations :**

**$u_C$** : tension de commande.
**$R_1$** : résistance électrique de l'induit du moteur.
**e** : f.c.e.m. du moteur , **ω** sa vitesse de rotation.

**$k_e$ :** constante électrique du moteur : $e = k_e.\omega$
**$J_1$ :** moment d'inertie du moteur et de la pompe ramené sur l'arbre moteur.
**$J_2$ :** moment d'inertie du vérin et de la plateforme ramené sur l'axe du vérin.
**$\mu_1$** et **$\mu_2$** respectivement coefficient de frottement visqueux (**$C_{V1}$** et **$C_{V2}$**.
**$C_{S1}$** : couple de frottement sec de l'ensemble moteur+pompe ramené sur l'arbre moteur.
**$C_{S2}$**: couple de frottement sec de l'ensemble vérin+liaison nacelle/échelle ramené sur l'axe du vérin.
**$C_{plateforme}$** : moment de l'action mécanique de la plateforme sur l'échelle suivant l'axe de rotation de la plateforme / l'échelle
**$Cy_P$** , **$Cy_V$** respectivement cylindrée de la pompe et du vérin.
**$R_2$** coefficient de perte de charge des fuites internes du moteur.
**$R_3$** coefficient de perte de charge entre la pompe et le moteur.
**$\theta_C$** : angle que fait le parc échelle avec l'horizontale
**$\theta_S$** :angle que fait la plateforme avec le parc échelle.

**<u>Equations et hypothèses utilisées :</u>**

Le moteur est supposé électriquement parfait d'où:

- Couple délivré par le moteur $C_M = k.i$
- En régime permanent : $\boxed{\omega_m = \frac{u_c}{k}}$

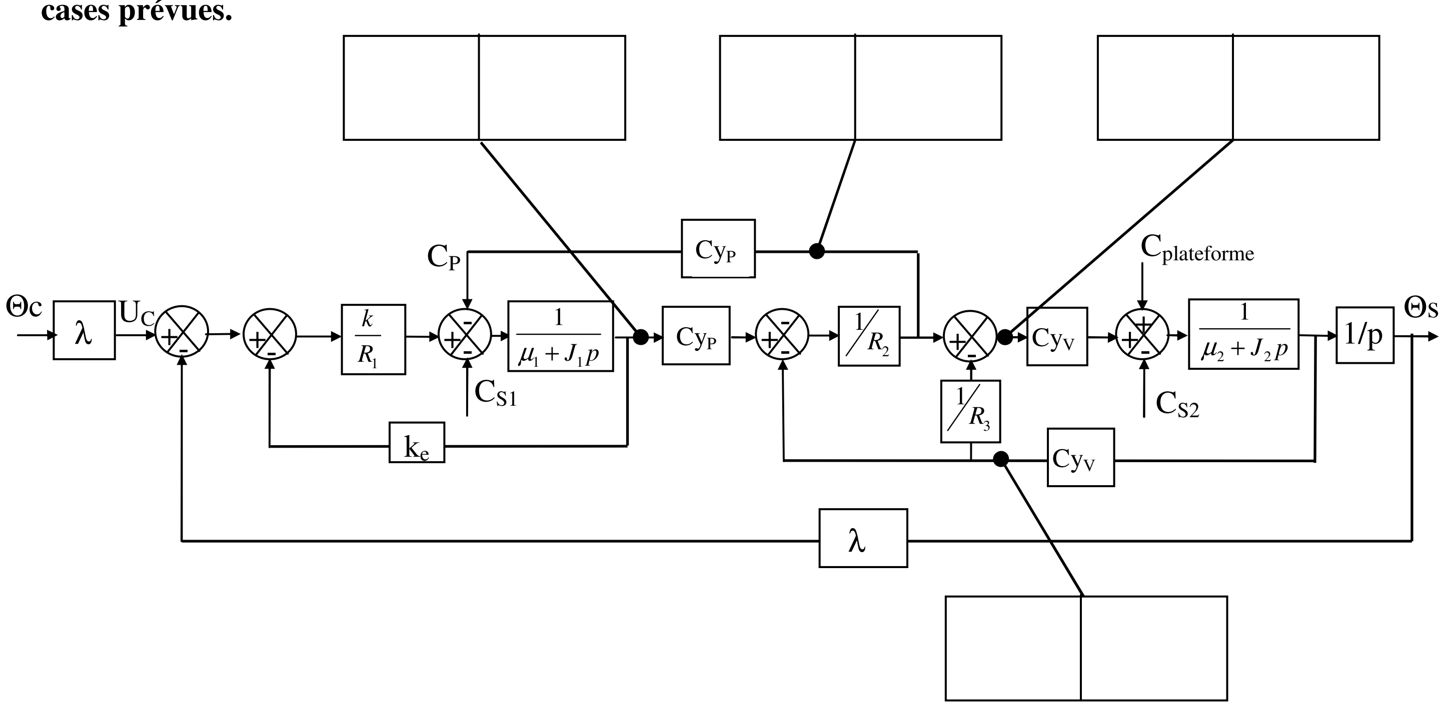
La pompe est supposée hydrauliquement parfaite d'où :

- Couple résistant de la pompe $C_P = Cy_P.(P_a-P_b)$
- Débit $Q_P = Cy_P.\omega_{pompe}$

Le vérin est supposé hydrauliquement parfait d'où :

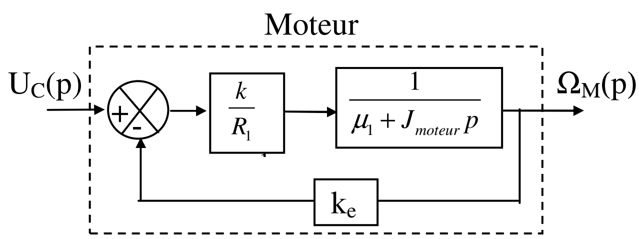
- Couple délivré par le vérin $C_V = Cy_V.(P_a-P_b)$
- Débit $Q_V = Cy_V.\omega_{vérin}$

***<u>Question 1 :</u>*** **Sur le schéma ci-dessous, indiquer la nature physique des grandeurs et leurs unités dans les cases prévues.**




En considérant uniquement le moteur :

- non relié à la pompe ;
- électriquement parfait ;
- en négligeant les frottements ($\mu_1$=0) ;



***Question 2 :***

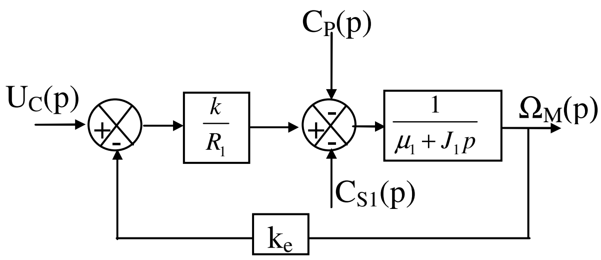
**-a- Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée du moteur ;**

**-b- Pour une entrée en échelon d'amplitude $u_c$, calculer la vitesse de rotation du moteur en régime permanent ;**

**- c- Exprimer la constante ke en fonction de k.**

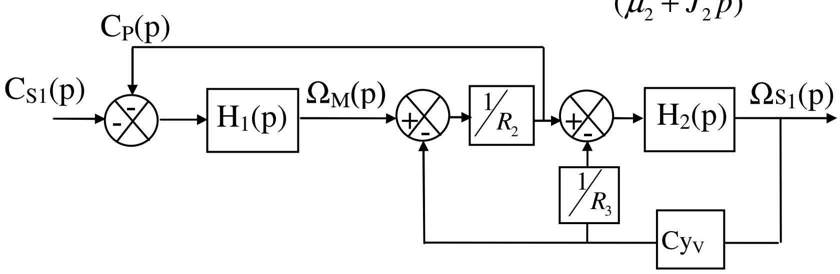
Le fonctionnement du système est perturbé par des frottements secs. Il est possible de modifier la tension de commande pour compenser leurs actions, et obtenir ainsi un système dont le comportement ne soit pas perturbé.

On considère que $U_C = 0$.




***Question 3 :*** **A partir de la figure ci-dessus, déterminer dans le cadre des hypothèses l'expression de la transmittance en boucle fermée : $H_1(p) = \dfrac{\Omega_M(p)}{C_{S1}(p) + C_P(p)}$**

On prend maintenant $C_{plateforme} = C_{S2} = 0$ , on pose $H_2(p) = \dfrac{Cy_V}{(\mu_2 + J_2 p)}$, ce qui conduit a considérer le schéma :




***Question 4 :*** **Déterminer, sans expliciter $H_1$ et $H_2$, l'expression de $F_1(p) = \dfrac{\Omega_{S1}(p)}{C_{S1}(p)}$.**

La difficulté à modéliser, de façon précise le système, a conduit le fabricant à réaliser une série d'essais sur le système réel afin de déterminer les caractéristiques d'un correcteur proportionnel intégral. La fonction de transfert identifiée présente les caractéristiques suivantes :

- on observe un retard de 0,2 s.
- on obtient la fonction (sans le retard) $G(p) = \dfrac{\Theta_S(p)}{\Theta_C(p)} = \dfrac{3,24}{p^2 + 3,24p + 3,24.a}$

Où $\theta_C$ est l'angle de consigne (angle que fait le parc échelle avec l'horizontale) et $\theta_S$ l'angle que fait la plateforme avec le parc échelle.

***Question 5 :*** **Donner, en fonction de a, les paramètres canoniques z, $\omega_n$ et $k_G$ de la fonction G(p) non retardée.**

...................................................................................................................................................

...................................................................................................................................................

...................................................................................................................................................

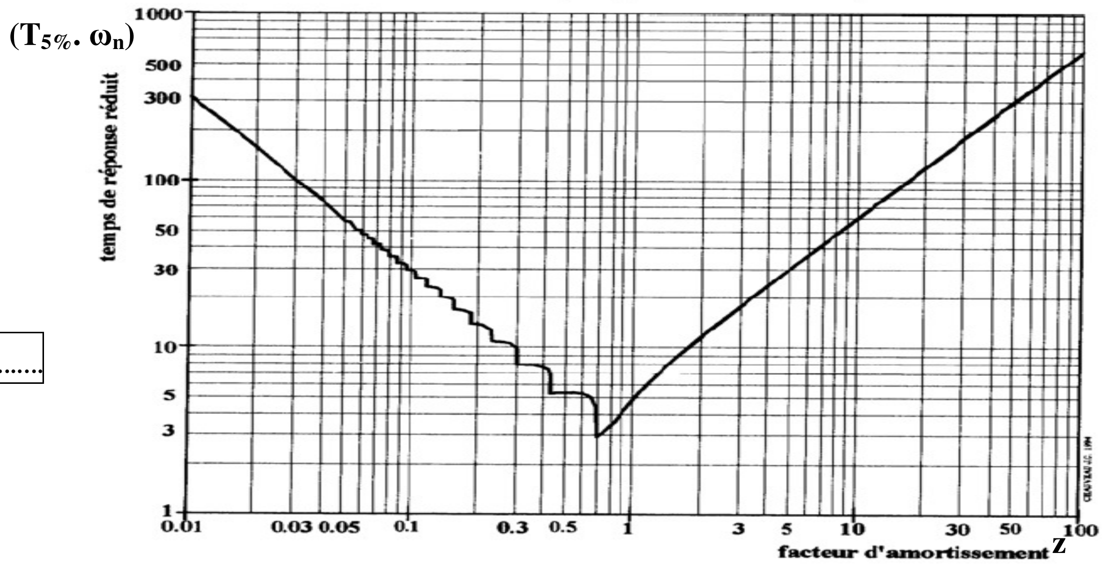
***Question 6 :*** **En négligeant le retard, calculer la valeur de a pour que le système soit rapide.**

...................................................................................................................................................

...................................................................................................................................................

***Question 7 :*** **Pour cette valeur de a, tout en négligeant le retard, tracer l'allure de la réponse indicielle du système pour $\Theta_{c(t)} = 5\ u_{(t)}$.**

***Question 8 :*** **par l'abaque fournie, déterminer le temps de réponse à 5% du système.**

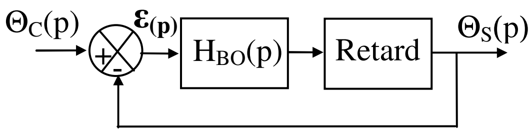



**$T_{5\%}$ = .......**

***Question 9 :*** **Que serait l'allure de cette réponse (Question 7) pour un retard de 0,2 secondes ? Déduire la nouvelle valeur de $T_{5\%}$.**

**$T_{5\%}$ = .......**

L'asservissement étant à retour unitaire, il peut être représenté par le schéma suivant :




***Question 10 :*** **<u>En négligeant le retard</u>** **(la fonction de transfert du retard sera alors égale à 1) :**

**-a- Donner l'expression de $\varepsilon_{(p)}$ en fonction de $\Theta_{c(p)}$ et $H_{BO(p)}$.**

**-b- Pour** $G(p) = \dfrac{\Theta_S(p)}{\Theta_C(p)} = \dfrac{3,24}{p^2 + 3,24p + 3,24}$ **, déterminer l'expression de $H_{BO}(p)$.**

**-c- Calculer l'écart statique $\varepsilon_s$ de ce système** ($\varepsilon_s = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon_{(t)}$ , pour une entrée échelon unitaire).

***Question 11 :*** **Donner, en fonction de $H_{BO}(p)$ (non explicitée), l'expression de la transmittance en <u>boucle fermée</u> $G_R(p)$ , avec un retard de 0,2 s**

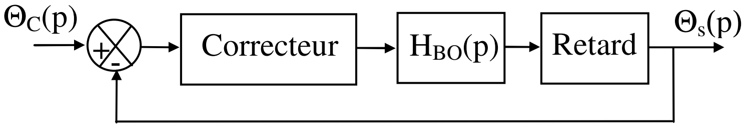
Pour simplifier les applications numériques on prend : $H_{BO}(p) = \dfrac{4}{p(p+4)}$.

Pendant le dressage de l'échelle le système est soumis à une entrée en rampe de pente 0,1 rd/s

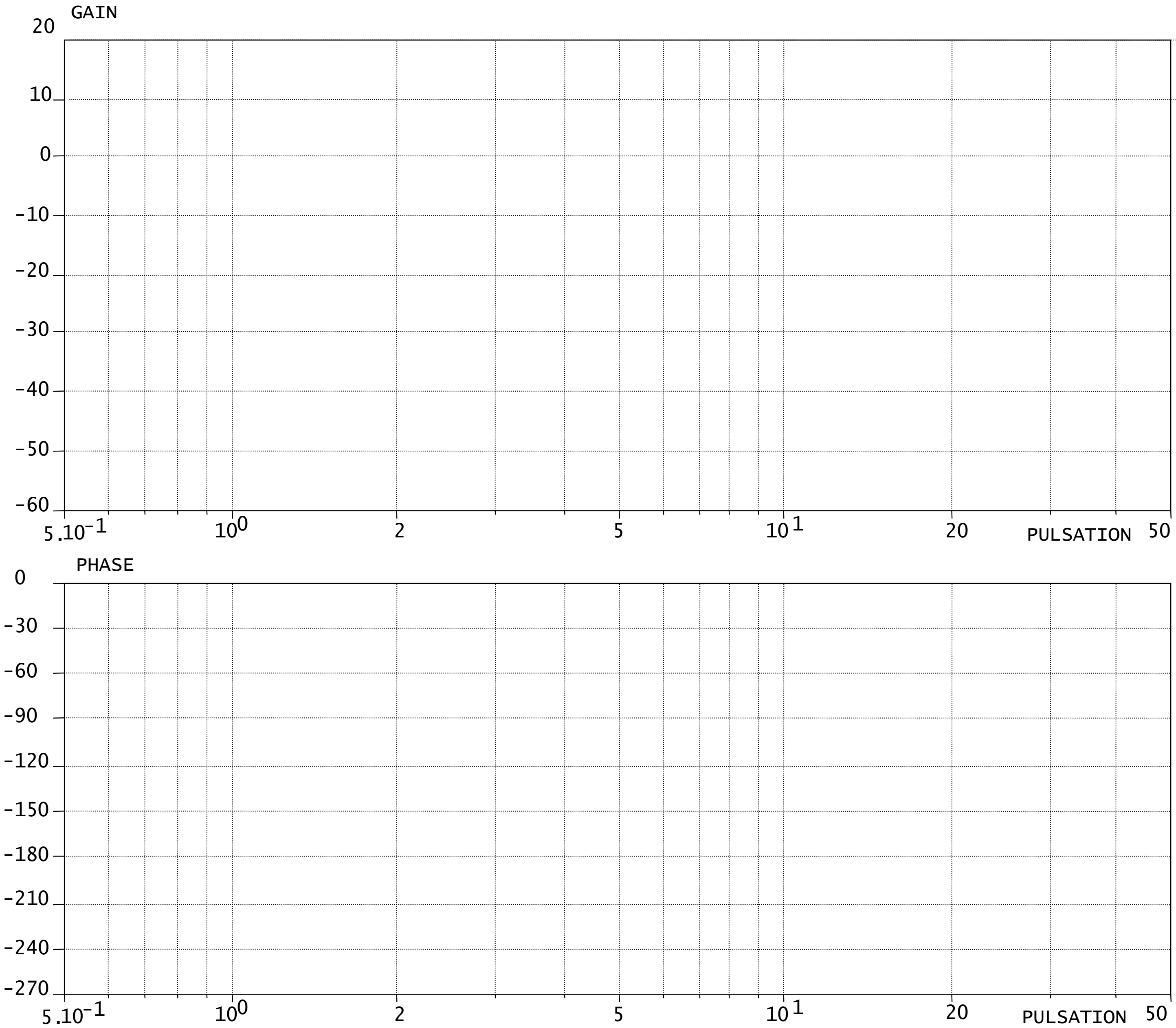
***Question 12 :*** **Donner la valeur de l'erreur de traînage $\varepsilon_V$ correspondant à cette entrée, en négligeant le retard** ($\varepsilon_V = \lim\limits_{t\to\infty} \varepsilon_{(t)}$).

On souhaite avoir un système précis, un correcteur proportionnel intégral est donc prévu.

Soit $C(p) = K_c \dfrac{1+T_c p}{T_c p}$, la fonction de transfert de ce correcteur.



***Question 13 :*** **Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques de $H_{BO}(p)$. Indiquer clairement les coordonnées des points intéressants et l'allure de la courbe réelle de phase.**




***Question 14*** **:** **<u>En négligeant le retard</u>**

**-a- Donner la fonction de transfert en boucle ouverte $F_{(p)}$ de cet asservissement.**

........................................................................................................................................................................................

........................................................................................................................................................................................

**-b- Tracer les diagrammes asymptotique de Bode et l'allure de la courbe réelle de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte $F_{(p)}$, pour : $k_c = 10$ et $T_c = 0,1$ (vous indiquerez les valeurs remarquables sans toutefois respecter d'échelle).**

<u>Méthode</u> : ........................................................................................................................................................................

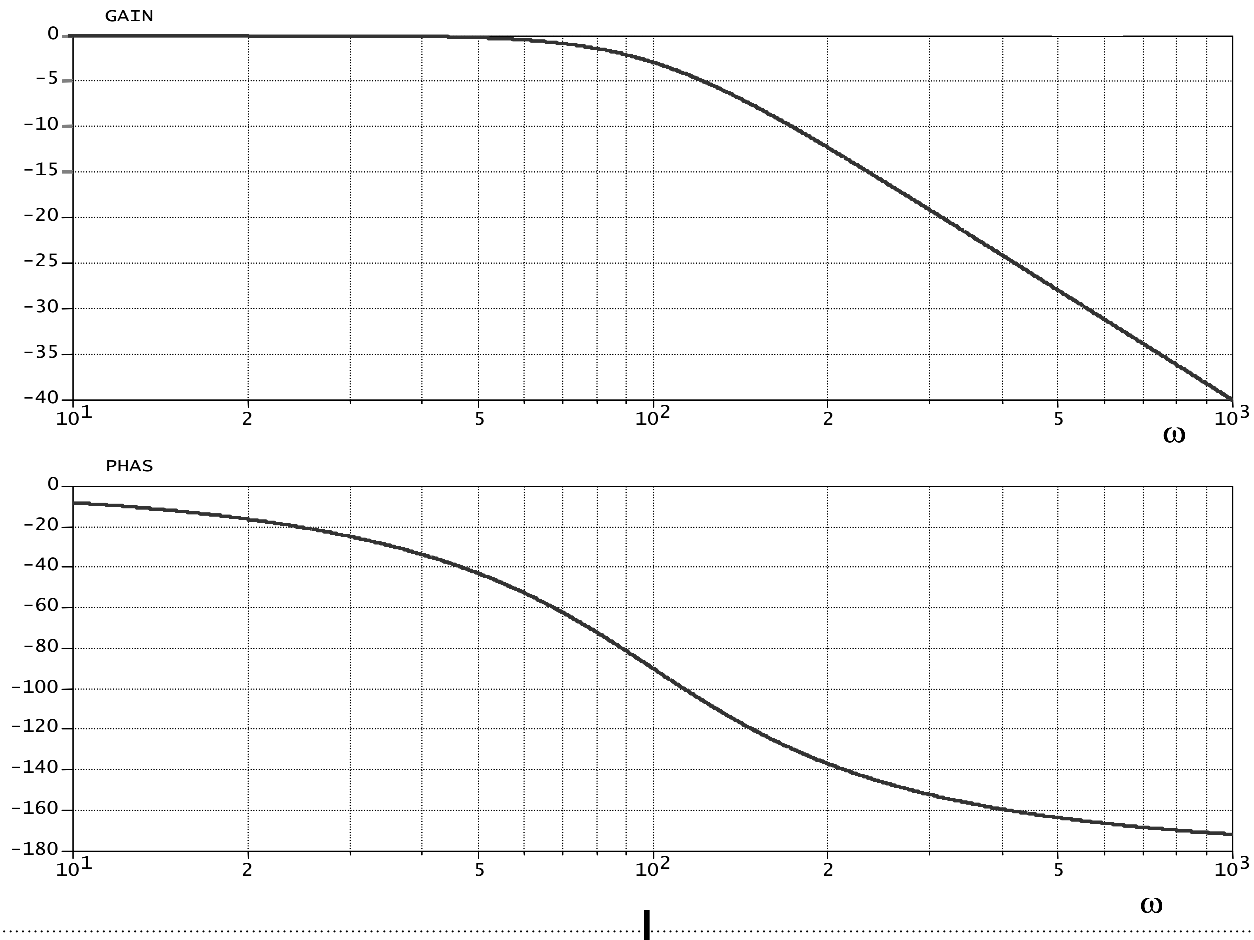
........................................................................................................................................................................................

........................................................................................................................................................................................

........................................................................................................................................................................................

Tracé :

***Question 15 :*** **Le concepteur a choisi de changer le type de correcteur. La figure ci-dessous, représente le diagramme de Bode de la nouvelle fonction de transfert en boucle fermée $G^*_{(p)}$ de l'asservissement. Identifier $G^*_{(P)}$.**




.......................................................................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................................................................

**Fin de l'énoncé.**