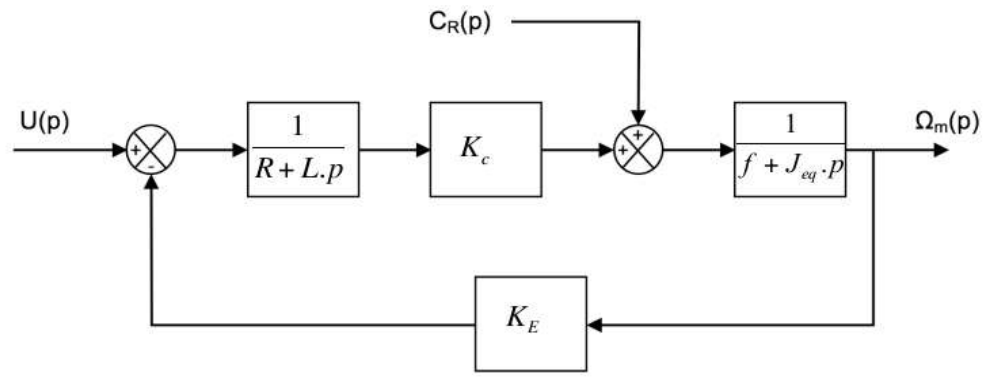
corrigé robot de rivetage pour l'aéronautique (E3A PSI 2015) :

(les questions dans le TD sont renumérotées. Ici, les numéros du sujet complet. Retirer 25 !

Question 30 : schéma bloc du moteur à courant continu



Question 31 : fonction de transfert $H_M(p)$

$$H_M(p) = \frac{\frac{1}{R+L.p}.K_c.\frac{1}{f+J_{eq}.p}}{1+\frac{1}{R+L.p}.K_c.\frac{1}{f+J_{eq}.p}.K_E} = \frac{K_c}{K_c.K_E + R.f + (R.J_{eq} + L.f).p + L.J_{eq}.p^2}$$

$$H_M(p) = \frac{\frac{K_c}{K_c.K_E + R.f}}{1+\frac{(R.J_{eq} + L.f)}{K_c.K_E + R.f}.p + \frac{L.J_{eq}}{K_c.K_E + R.f}p^2}$$

Question 32 : forme simplifiée de $H_M(p)$

En reprenant l'expression de la question 31 on fait les applications numériques et on garde que le terme prépondérant.

$K_C.K_E = 1{,}69(USI)$

$R.f = 6.10^{-3}(USI)$ donc ce terme est négligeable

$R.J_{eq} = 21.10^{-3}(USI)$

$L.f = 1{,}8.10^{-5}(USI)$ donc ce terme est négligeable

On a donc : $H_M(p) = \frac{K_c}{K_c.K_E + R.J_{eq}.p + L.J_{eq}.p^2}$

Question 33 : écriture de $H_M(p)$

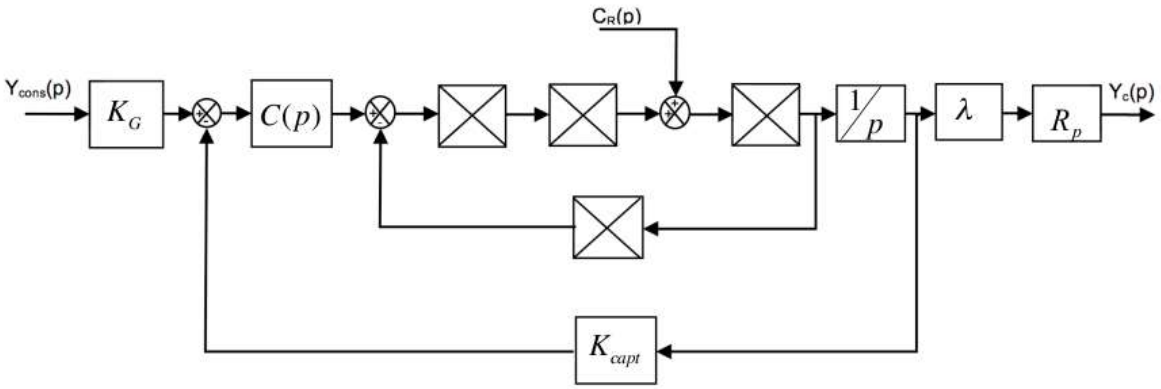
L'écriture proposée est valable si les racines sont réelles.
On vérifie donc que le discriminant est positif.

$\Delta = (R.J_{eq})^2 - 4 \cdot K_c \cdot K_E \cdot L \cdot J_{eq} = 114 \cdot 10^{-6}\,(USI)$

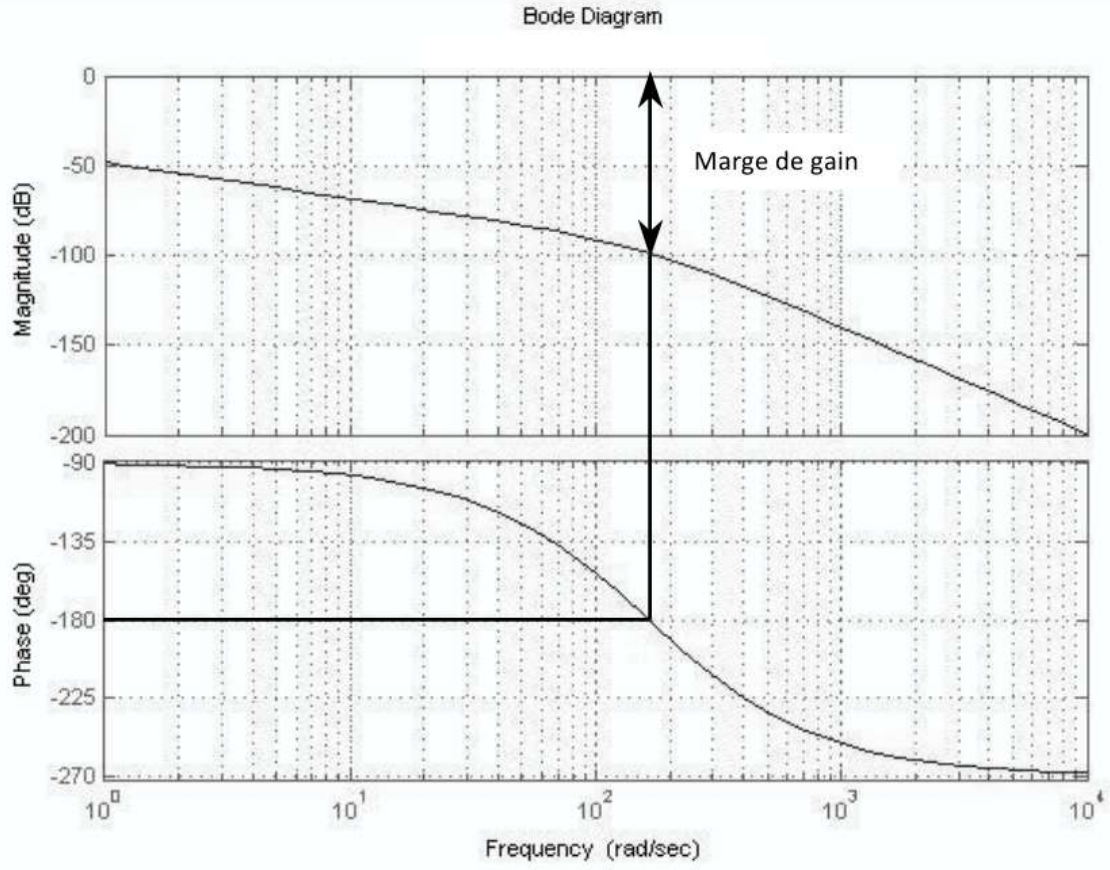
Question 34 : valeur de K_G

$K_G = \dfrac{K_{capt}}{\lambda . R_P} = 5{,}6.10^{-1} V.m^{-1}$ il faut prendre en compte la boucle de retour et la transformation de mouvement.

Question 35 : schéma bloc de l'asservissement de l'axe



Question 36 : stabilité du système



Conclusion vis-à-vis de la stabilité : On a une marge de gain de 100dB, le système est stable si C(p) est inférieur à 10^5

Question 37 : exigence fonctionnelle liée à la précision et proposition du correcteur C(p) = 1

Pour avoir une consigne de vitesse constante, il faut imposer une consigne de position en rampe. Or la FTBO est de classe 1 ce qui n'est pas suffisant pour avoir une erreur nulle.

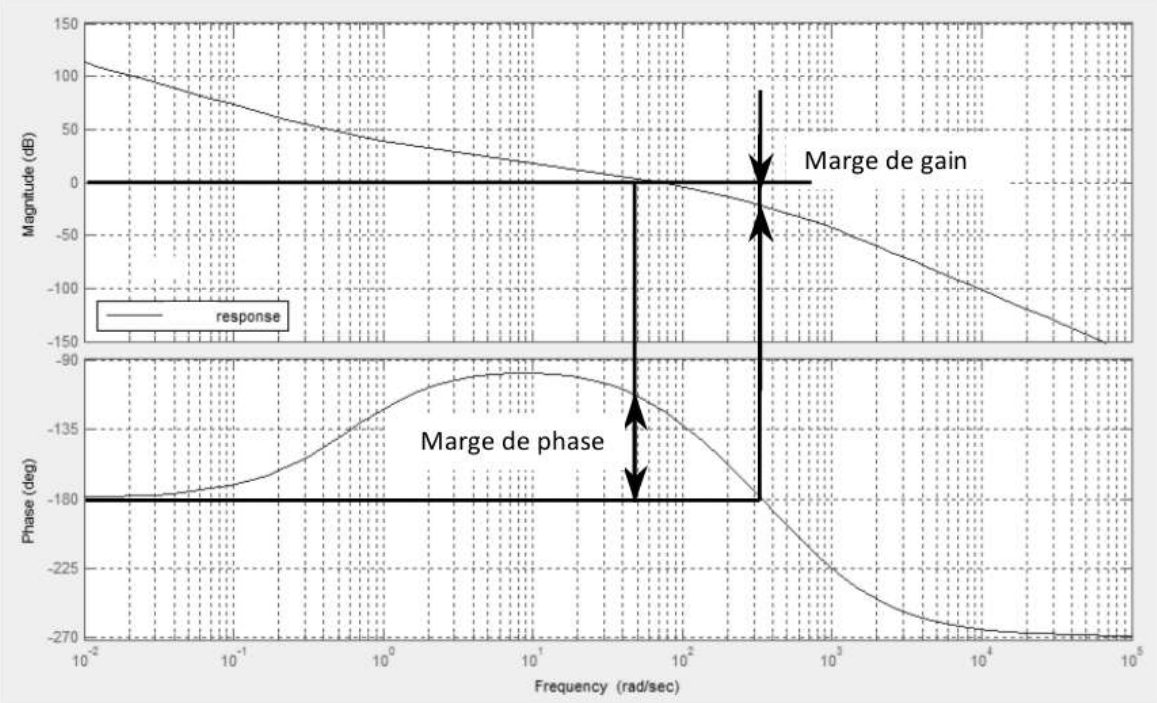
Donc si C(p) = 1, l'exigence fonctionnelle liée à la précision n'est pas respectée.

Il faut dans ce cas une FTBO de classe 2. Le correcteur doit alors contenir un intégrateur. Par exemple $C(p) = \frac{K}{p}$.

Question 38 : exigence fonctionnelle liée à la précision pour le correcteur PID

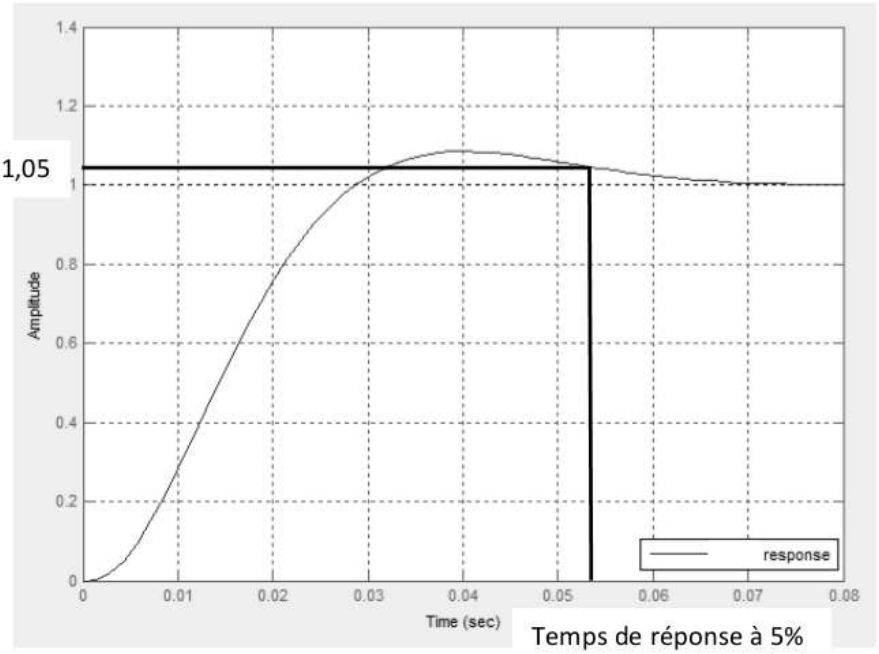
La FTBO est de classe 2 donc l'erreur est nulle.

Question 39 : exigence fonctionnelle liée à la stabilité



On a une marge de phase de 60° et une marge de gain de 20dB, ce qui respecte le cahier des charges

Question 40 : conformité du cahier des charges



Conformité de la commande vis-à-vis du cahier des charges :

- Précision : l'exigence fonctionnelle liée à la précision est respectée : $\varepsilon_s = 0$.
- Rapidité : l'exigence fonctionnelle liée à la rapidité est respectée : $Tr_{5\%} < 0{,}1$ s.

Questions 41 et 42 : lignes 8 à 13 puis lignes 16 et 17

```
1  # Lecture du fichier de mesure chariot
2  fic=open("chariot.txt","r")              # Ouverture du fichier en lecture
3  texte=fic.readlines()                    # Lecture de l'ensemble des lignes
4  fic.close()                              # Fermeture du fichier
5
6  # Lecture du tableau de données
7  texte[4:33]                              # Sélection des lignes du fichier
8  T,X=[],[]                                # Initialisation des variables T et X
9  for i in range(4,33) :
10     ligne=texte[i].rstrip("\n")          # Suppression du retour à la ligne
11     ligne=ligne.split(",")               # Découpage au niveau des virgules
12     T.append(float(ligne[0]))            # Ajout au tableau T
13     X.append(float(ligne[1]))            # Ajout au tableau X
14
15 # Tracé de la courbe de déplacement
16  import matplotlib.pyplot as plt
17 plt.plot(T,X)
19 plt.legend(loc='upper left')
20 plt.title(texte[0])                      # Récupération ligne 1 pour le titre
21 plt.ylabel(texte[1])                     # Récupération ligne 2 pour le titre de l'axe y
22 plt.xlabel(texte[2])                     # Récupération ligne 3 pour le titre de l'axe x
23 plt.grid(True)                          # Affichage du quadrillage
24 plt.show()                              # Affichage du graphique
```

Question 43 et 44 : lignes 28 à 32 puis lignes 36 à 39

```
24 # plt.show()                    # Mise en commentaire de l'affichage précédent
25
27 # Calcul de la vitesse instantanée à partir des mesures
28 V=[]              # Initialisation de la liste V
29 for i in range(len(X)-1) :
30    V.append(abs(X[i+1] - X[i])/(T[i+1]-T[i]))  #V=dx/dt
31
32
33 # Suppression des valeurs extrêmes
34 de lT[0]
35 del T[27]
36 plt.plot(T,V,'--')
37 plt.legend(loc='upperleft')        # Insertion légende et placement dans le graphique
38 plt.show()
39
```

Question 45 : justification de l'allure du tracé et amélioration

La courbe de position n'est pas parfaitement linéaire, il faut calculer les variations de X pour s'en rendre compte. La vitesse, calculée à partir de la position, en pâtit.

Pour améliorer le tracé, on pourrait ne pas utiliser la vitesse instantanée avec 2 points, mais prendre 3 ou 4 points (pour obtenir un lissage type moyenne mobile)

Question 46 : conclusion sur exigences fonctionnelles

L'exigence fonctionnelle de temps de sélection est vérifiée, le déplacement à lieu en moins d'une seconde.
Cependant l'exigence d'erreur de position n'est pas vérifiée car il faudrait atteindre une position comprise entre -0,9005m et -0,8995m ; or la valeur finale est de -0,93m. Mais ce n'est visible que dans le fichier de points, qui n'était pas joint. Le voici :

ANNEXE 8 : fichier des mesures

Le fichier texte est nommé « mesure_chariot.txt », il comporte 33 lignes :

Mesures axe chariot
Position chariot
t en s
T,X
0,1.02
0.033,1.02
0.066,1.02
0.099,1.02
0.133,1.01
0.166,0.935
0.199,0.86
0.233,0.7549
0.266,0.6422
0.299,0.503
0.333,0.39
0.366,0.29
0.399,0.1877
0.433,0.063
0.466,-0.0337
0.499,-0.1577
0.533,-0.2779
0.566,-0.3830
0.599,-0.5145
0.633,-0.623
0.666,-0.7098
0.699,-0.80
0.733,-0.886
0.766,-0.9239
0.799,-0.93
0.833,-0.93
0.866,-0.93
0.899,-0.93
0.933,-0.93