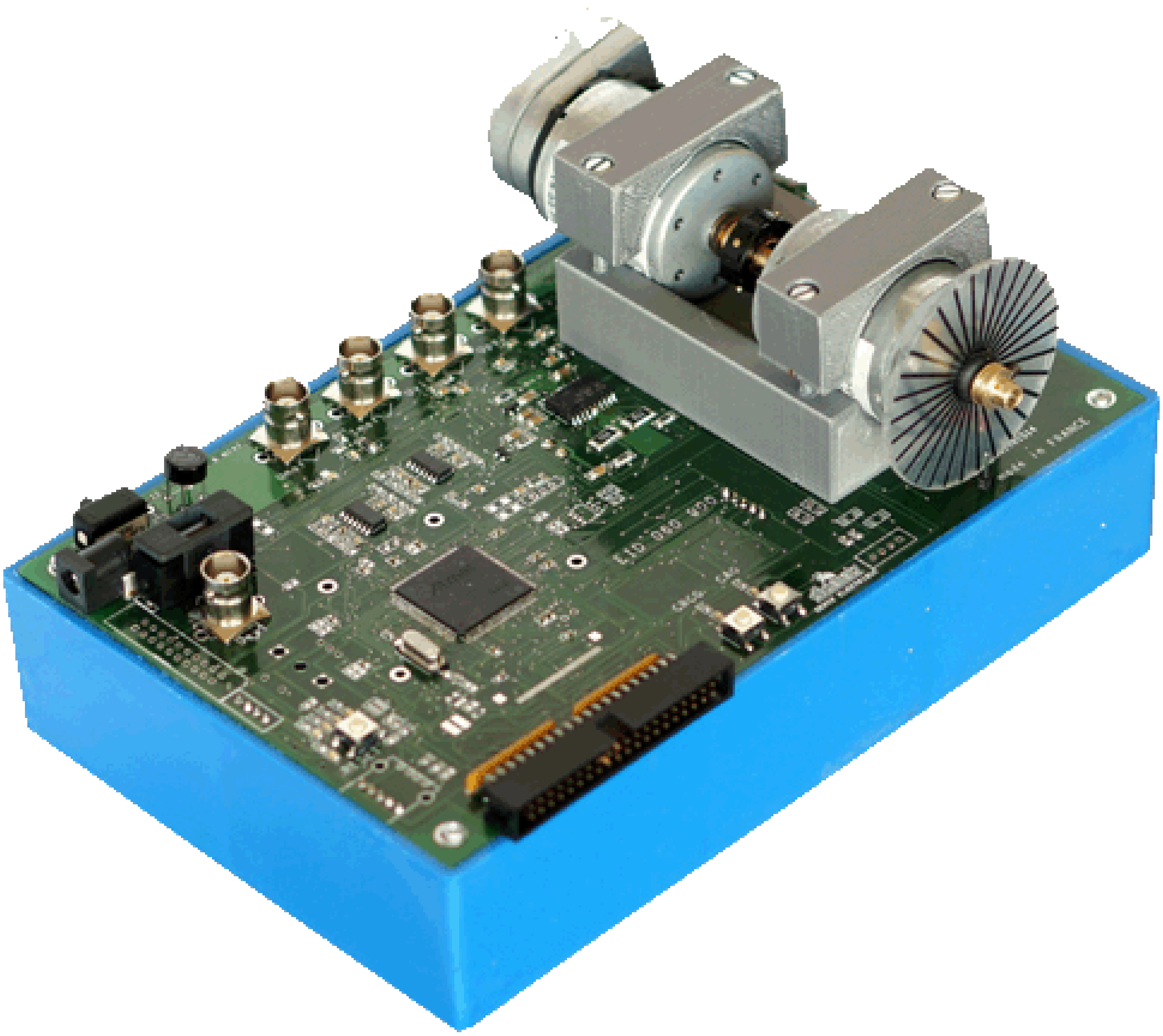
TP D'AUTOMATIQUE ASSERVISSEMENT ANGULAIRE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU



Partie 1 : Correction proportionnelle

Etude du système : Vous avez à votre disposition un ensemble comprenant une plateforme (pour réaliser vos câblages de circuits électriques) ainsi qu'un moteur lié mécaniquement à un réducteur de rapport N. La sortie du réducteur est couplée à un disque faisant office de charge et à un Potentiomètre qui fournit une tension proportionnelle à la position du disque. Le schéma-bloc du système asservi (à réaliser) est donné dans la figure suivante.

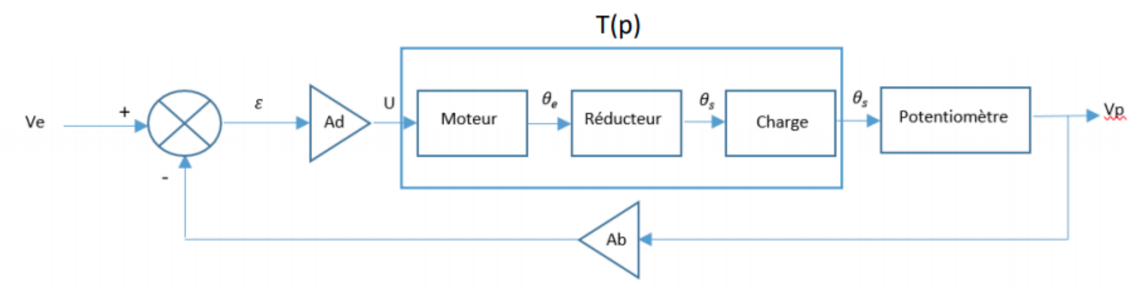


Figure1 : Schéma-bloc du système asservi

Equation du moteur a courant continu

$L\frac{di}{dt} = u - Ri - K_m\omega$	Equations électriques
$J_t\frac{d\omega}{dt} = T_m - T_d$	Equations mécaniques, $\omega = d\theta/dt$
$V_{fem} = K_m\omega$	Force électromotrice (tension en volt)
$T_m = K_m\, i$	coupe électromotrice du moteur
$T_d = f\,\omega$	couple de charge,

avec :

- K_m : constante de couple ou constante électromagnétique caractéristique du moteur,
- f : coefficient de frottement visqueux,
- R : résistance interne du moteur,
- L : inductance des enroulements,
- J_m : inertie du moteur, J_d : inertie du disque

A. Etude théorique :

> Si on néglige l'inductance (L = 0), exprimer la fonction de transfert du moteur.

U(P)=R I(P) + LP I(P) + E

E=Km* Ω(P)

U(P)=I(P) * (R + LP) + Km Ω(P)

Jt*P Ω(P)=KmI-F Ω(P)

Kmi= Ω(P)*(Jt*P + f)

$$\mathrm{jt.p}.\Omega = km.\frac{1}{R}\,(U - km.\Omega) - f\Omega$$

$$\mathrm{jt.p}.\Omega + f\Omega + \frac{km^2}{R}\,.\Omega = \frac{km}{R}\,U$$

$$\Omega.\,(\mathrm{jt.p} + f + \frac{km^2}{R}) = \frac{km}{R}\,U$$

Avec :

$\Omega = p.\theta$

$$\frac{\theta}{U} = \frac{1}{p}.\frac{km}{R}.\frac{1}{jt.p + f + \frac{km^2}{R}}$$

> Modifier les équations ci-dessus pour prendre en compte le rapport de réduction *N*.

$$\frac{\theta.N}{U} = \frac{km\frac{1}{km^2}}{(R.jt.p^2 + fRp + km^2.p)\frac{1}{km^2}}$$

$$\frac{\theta.N}{U} = \frac{\frac{1}{km + \frac{f.R}{km}}}{\left(p + \frac{R.jt}{km^2 + f.R}p^2\right)}$$

$$\frac{\theta}{U} = \frac{\frac{1}{km + \frac{f.R}{km}} \cdot \frac{1}{N}}{p\left(1 + \frac{R.jt}{km^2 + f.R}p\right)}$$

> Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte de l'ensemble moteur-réducteur-disque.

FTBO=Ap.Ad.k.T(p)

Avec le rapport de réduction 1/N

FTBO= $\frac{1}{N} * \frac{\frac{km}{Rf+Km^2}}{\frac{R*Jt*p^2}{Rf+Km^2}+P} = \frac{km}{N(Rf+Km^2)} * \frac{1}{\mathrm{p}(1+\frac{R*Jt*p}{Rf+Km^2})}$

On a bien mis sous la forme :

$$T(p) = \frac{\theta_s(p)}{U(p)} = \frac{A}{p(1+\tau p)}$$

Par identification on a :

A=$\frac{km}{N(Rf+Km^2)}$ et tau=$\frac{R*Jt}{Rf+Km^2}$

B. Identification expérimentale : On souhaite identifier la fonction de transfert du système asservi complet par un essai expérimental.

a) Quelle est la valeur du gain K du potentiomètre (on suppose que le potentiomètre est alimenté à ±15V).

La valeur du gain est de 4,77 rad.v

Pour le calcul, on fait un produit en croix :

2pi   30

1   K=

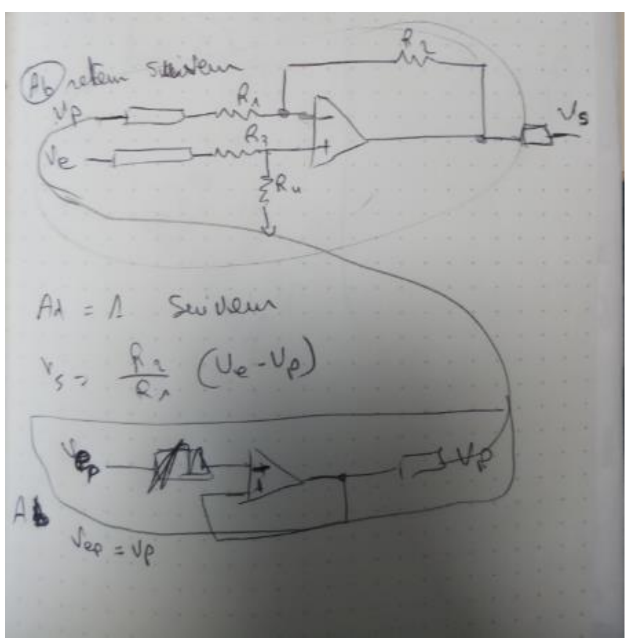
(30*1)/2pi=4,77 v soit 5 volt.

b) Donner les expressions de la fonction de transfert en boucle ouverte $FTBO$ et de la fonction de transfert en en boucle fermée $FTBF$ du système en fonction de K (gain du potentiomètre), T(p) (fonction de transfert du couple motoréducteur et charge), Ad et Ab.

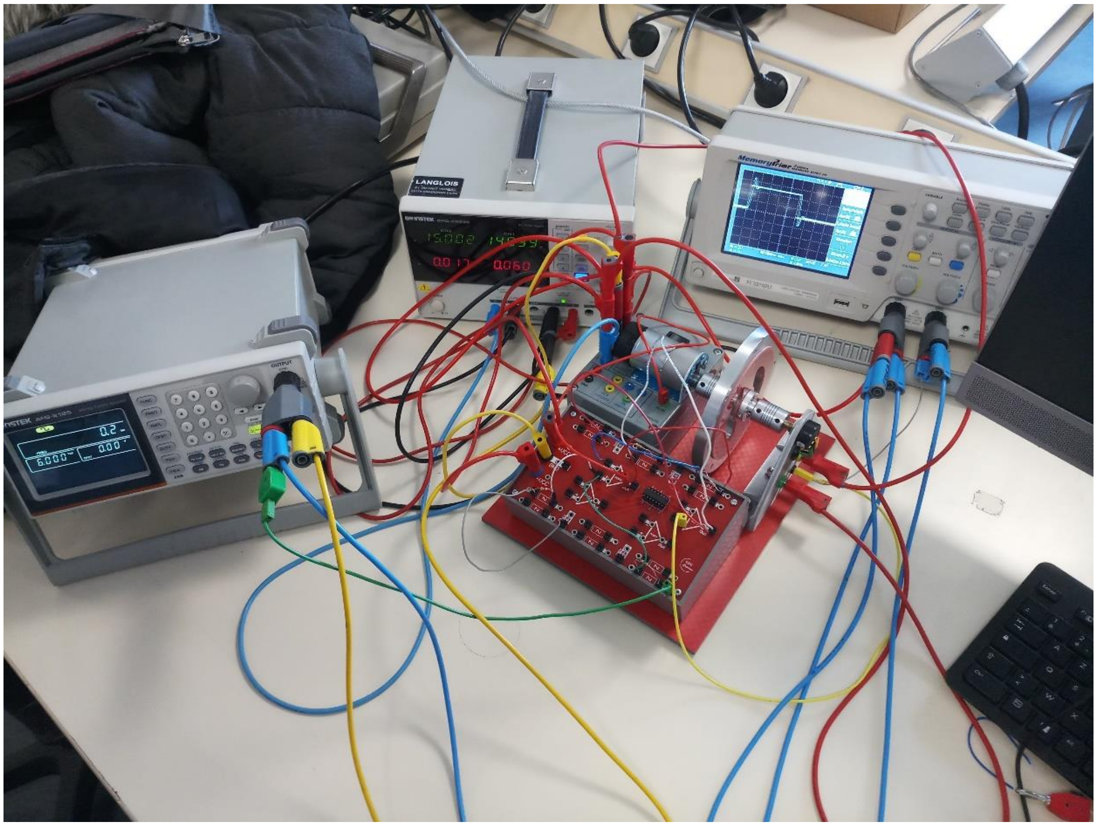
FTBF=H(S)

FTBF=$\frac{FTBO}{1+FTBO}$

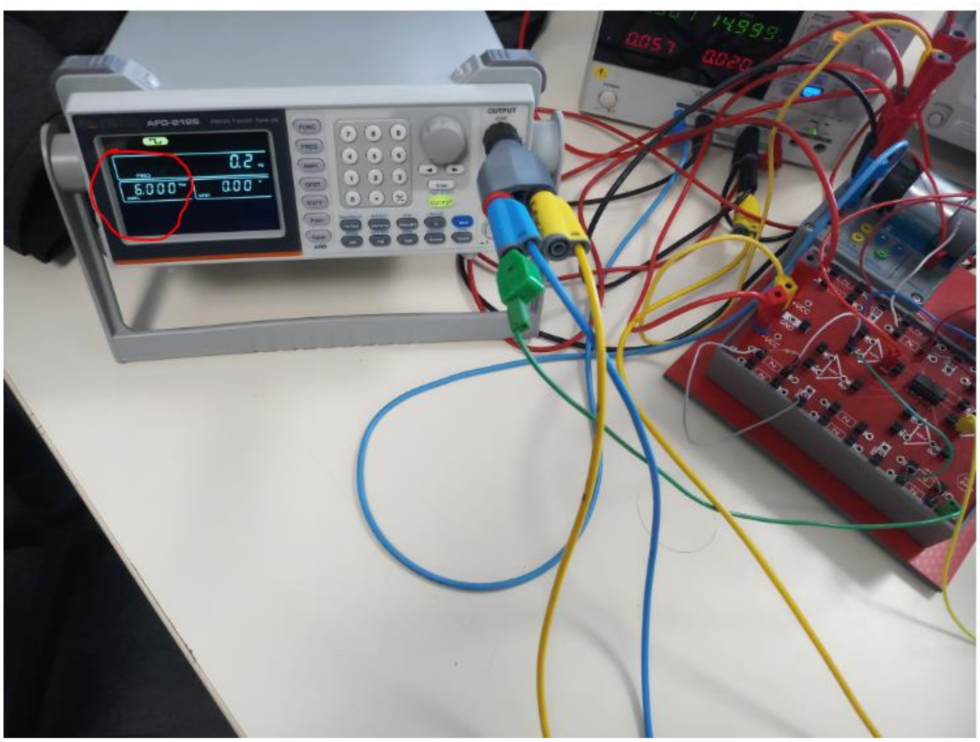
C) schéma du montage :



d) Réalisation du câblage



e) application d'un échelon 6Vpp.



f) La forme canonique pour ce système du second ordre oscillant est :

$$F_{TBF}(p) = \frac{G}{1+2m\frac{p}{\omega_0}+\frac{p^2}{\omega_0{}^2}}$$

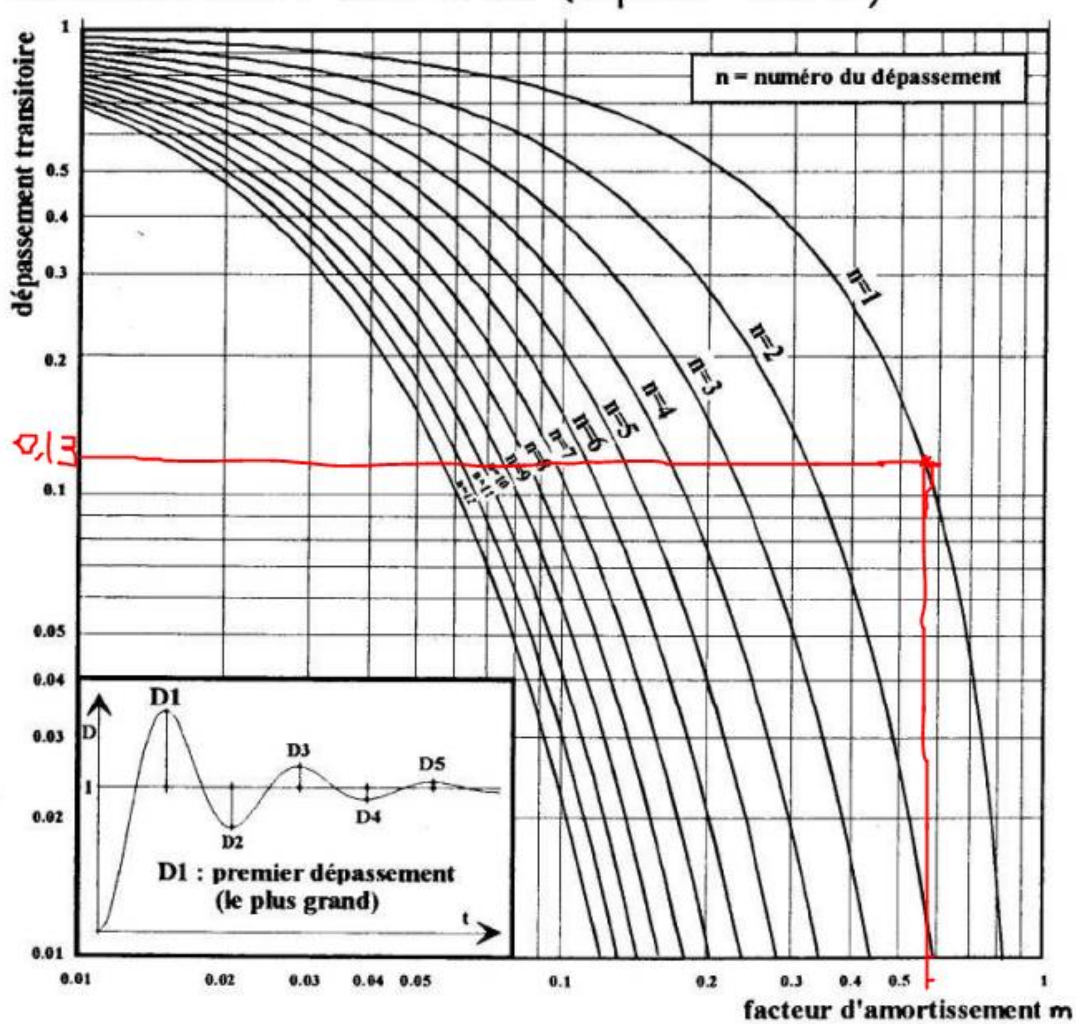
avec m : coefficient d'amortissement compris en 0 et 1

> Mesurer le premier dépassement de la sortie par rapport à l'entrée, et en déduire la valeur du coefficient d'amortissement m.

Calcul du premier depassement :

$$\frac{6{,}8-6}{6} = 0{,}13$$

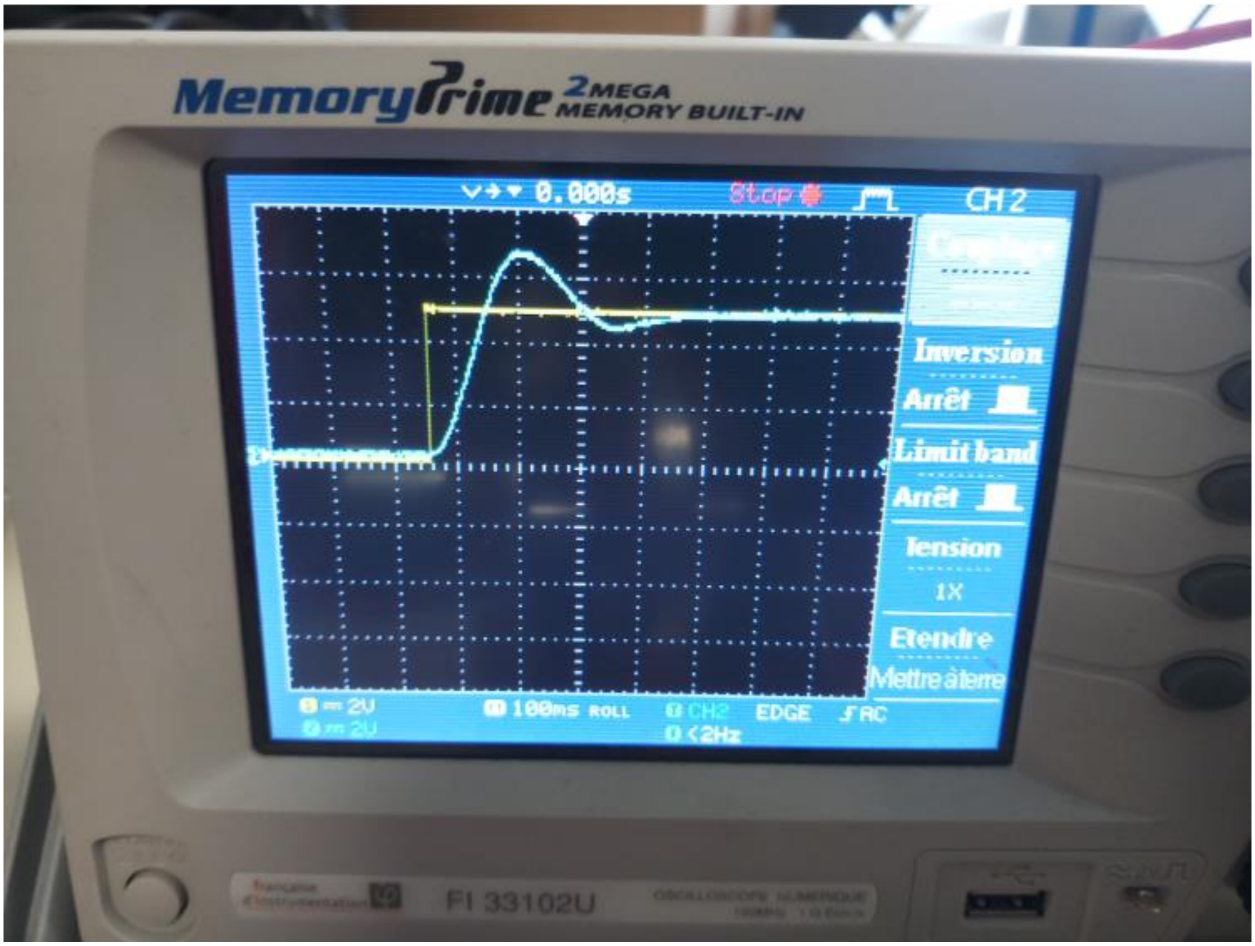
ABAQUE DES DEPASSEMENTS TRANSITOIRES (Réponse Indicielle)



Avec l’abaque le coefficient d’amortissement vaut 0,56.

Donc m=0,56

Capture du graphe pour les calculs :



g) mesure de la pseudo-période et calcul de la pulsation propre :

On mesure la pseudo-période à partir du graphe prélever pendant la partie expérimentale (graphe au-dessus).

D'après le graphe on a 120 millisecondes pour une période

Calcul de la pseudo-période :

wo=2*pi/T*square(1-m^2)=2*3,14/0,24*square(1-0,56^2))=31,59 rad/s

on trouve 31,59 rad/s.

h). Fonction de transfert en boucle fermée FTBF sous sa forme canonique

Ftbf= $\frac{G}{1+\frac{2mp}{wo}+(\frac{\mathrm{P}}{wo})\hat{}2}$

Ftbf= $\frac{1}{1+\frac{2*0{,}56p}{32}+(\frac{\mathrm{P}}{32})\hat{}2}$

D'apres le schéma on a la fonction de transfert suivante :

Ftbf= $\frac{ad*t(p)*k}{1+ad*t(p)*k*ab}$

Avec t=$\frac{A}{P(1+Tp)}$

$$ftbf=\frac{ad*t(p)*k}{\frac{ad*t(p)*k*ab}{\frac{1}{ad*t(p)*k*ab}+\frac{ad*ab*k*t(p)}{ad*t(p)*k*ab}}}$$

$$ftbf = \frac{1}{\frac{ab}{\frac{1}{ad * t(p) * k * ab} + 1}}$$

Par identification on a A=1/ab

$$\frac{1}{ad * t(p) * k * ab} = \frac{2 * 0{,}56p}{32} + \left(\frac{\mathrm{P}}{32}\right)^2$$

$$\frac{1}{t(p)} = k * 2(\frac{2 * 0{,}56p}{32} + \left(\frac{\mathrm{P}}{32}\right)^2)$$

Avec K=4,77 rad/s

$$\frac{1}{t(p)} = 4{,}77 * 2(\frac{2 * 0{,}56p}{32} + \left(\frac{\mathrm{P}}{32}\right)^2)$$

$$\frac{1}{t(p)} = 9{,}54(\frac{1{,}12p}{32} + \left(\frac{\mathrm{P}}{32}\right)^2)$$

$$\frac{1}{t(p)} = \frac{10{,}68p}{32} + \left(\frac{9{,}54\mathrm{P}}{32}\right)^2$$

$$\frac{1}{t(p)} = P * 0{,}33 + (P * 0{,}29)^2$$

$$t(p) = \frac{1}{P * 0{,}33 + 0{,}0841 * p\hat{}2}$$

$$t(p) = \frac{1}{p + 0{,}042 * p\hat{}2}$$

$$t(p) = \frac{3{,}03}{p + 0{,}042 * p\hat{}2}$$

$$t(p) = \frac{3{,}03}{p(1 + 0{,}042p)}$$

Par identification on a A=3,03 et tau=0,042

Comme on a t(p), on calcul la fonction de transfert en boucle ouverte pour déterminer le numérateur

T(p)*ad*k= 3,03 * 2* 4,77= 28,81

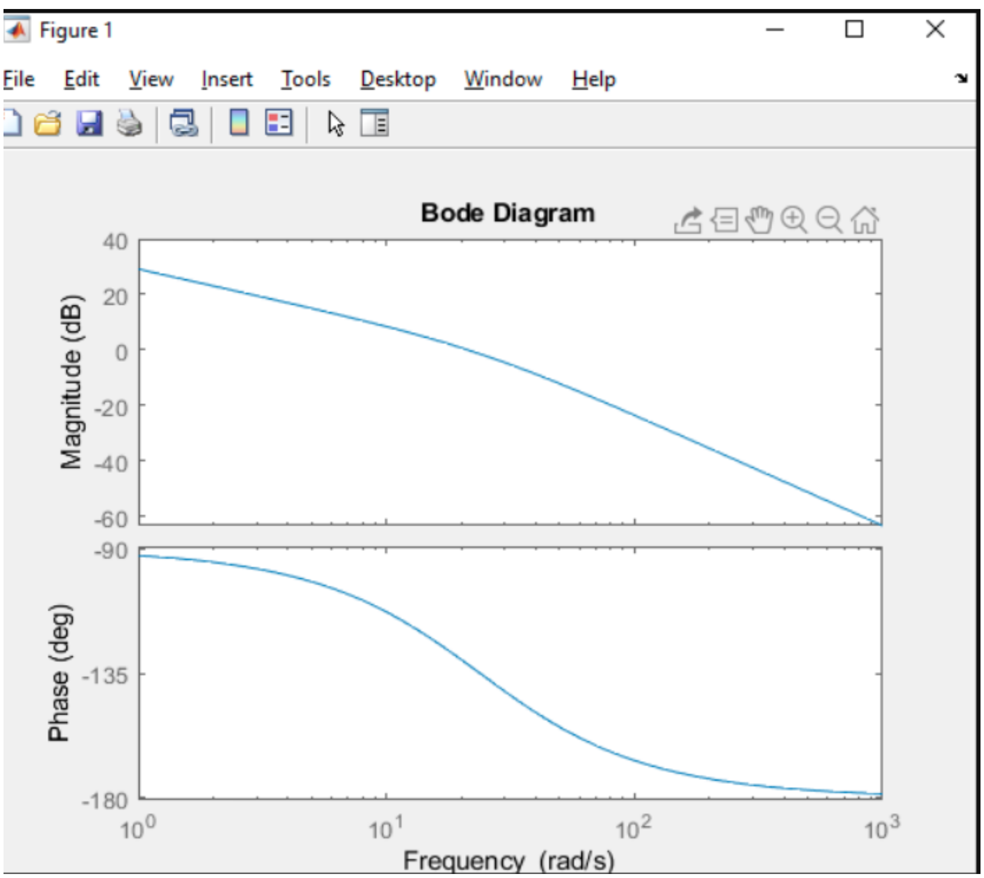
C. Simulations sur les outils de C.A.0

a) Créer la fonction de transfert en boucle ouverte FTBO à l'aide de MATLAB

```
num = 28.62
den=[0.042 1 0]
```

b) Tracer le diagramme de Bode de la FTBO

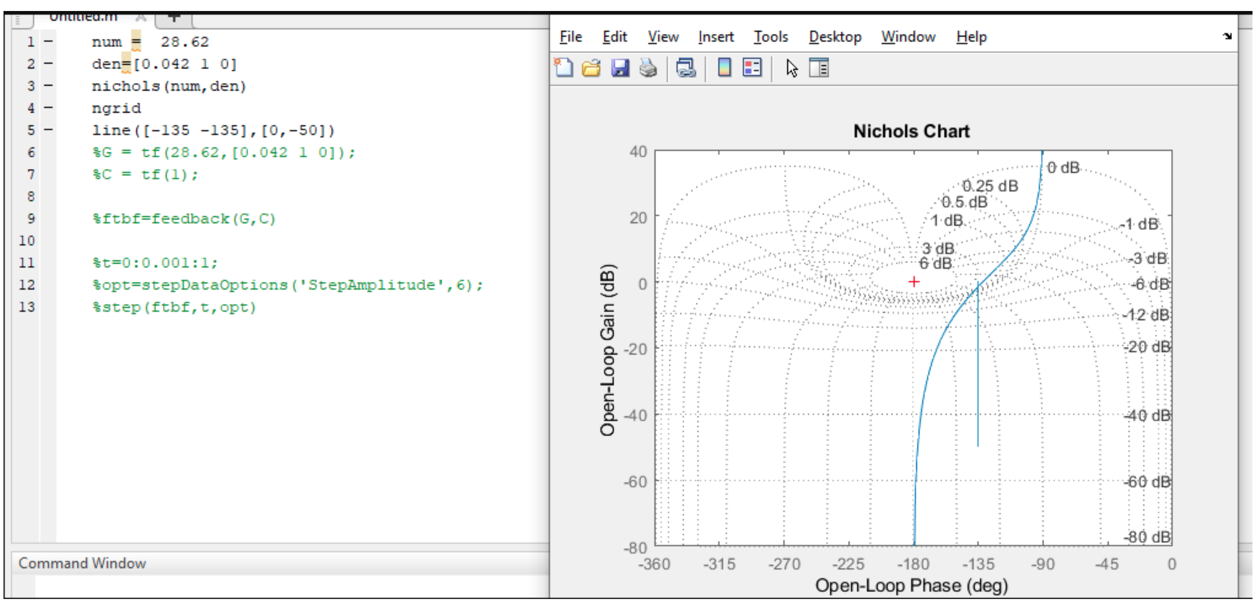
voici le diagramme de bode.

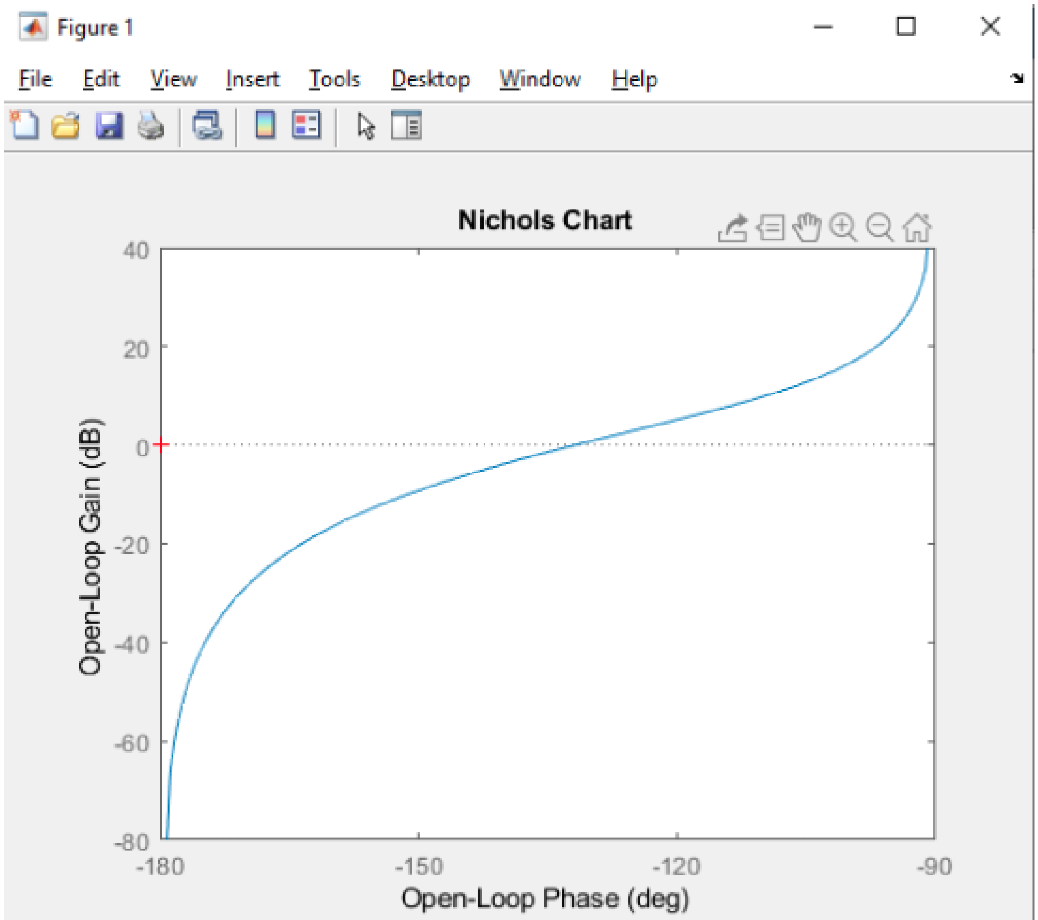


c. A l’aide de la commande « margin », déterminer la stabilité du système en boucle fermée

```
Gm =

   Inf

Pm =

   48.1562

Wcg =

   Inf

Wcp =

   21.3209
```

d. Tracer le diagramme de Black-Nichols de la FTBO. Etudier la stabilité de la FTBF.





Le système est stable en boucle fermée, la courbe est à droite du point critique (0db, 180°)

e. A l’aide de la fonction « feedback » calculer la FTBF. On applique un échelon de tension de 6V à l’entrée du système en boucle fermée. Quelle est la valeur finale de la sortie (calcul théorique) ?

En utilisant la formule suivante :

Théorème : Soit f une fonction causale telle que $\lim_{t\to+\infty} f(t)$ existe. Alors

$$\lim_{p\to 0} pF(p) = \lim_{t\to+\infty} f(t).$$

```
ftbf =

          28.62
  ---------------------
  0.042 s^2 + s + 28.62

Continuous-time transfer function.
```

$\mathrm{H(p)} = \dfrac{s(p)}{E(p)}$

S(p)=H(p)*E(p)=$\frac{6}{p} * E(p)$

Lim p F(p)=lim f(t)

Lim p F(p)= $\dfrac{28{,}62}{0{,}042\ p^2 +\ p +28{,}62} *$p*6/P

Lim p F(p)= $\dfrac{28{,}62}{0{,}042\ p^2 +\ p +28{,}62}$*6

Lim p F(p)= $(\dfrac{28{,}62}{0{,}042 * 0^2 +\ 0 +28{,}62})$*6

Lim p F(p)= $\frac{28{,}62}{28{,}62}$*6

Lim p F(p)= 6

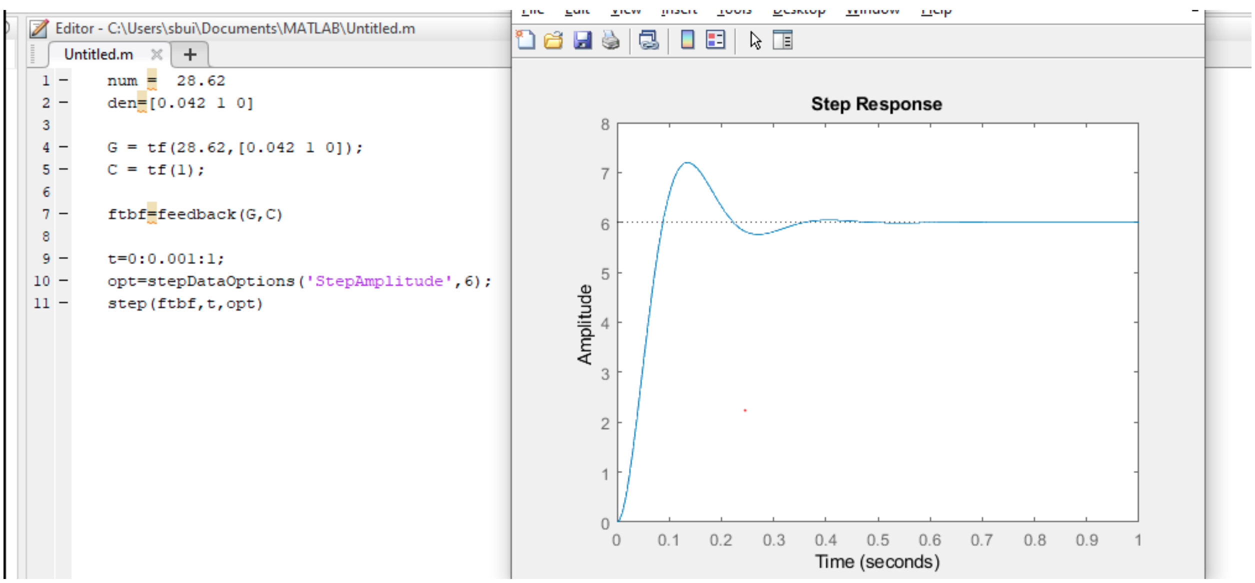
On trouve 6 pour le calcul de la valeur finale.

f. Calculez l'erreur de position théorique.

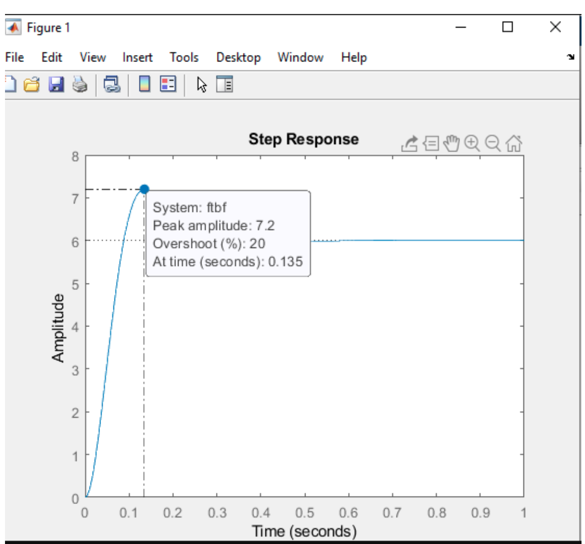
Calcul de l’erreur théorique en se basant sur le graphe obtenu pendant la phase ‘d’expérimentation.

Ksi= 6-6=0

g. Afficher la réponse du système à un échelon de 6V, et comparer avec les résultats théoriques.



h. Mesurer tr5%, le temps de monter (tm) et le premier dépassement D1%.



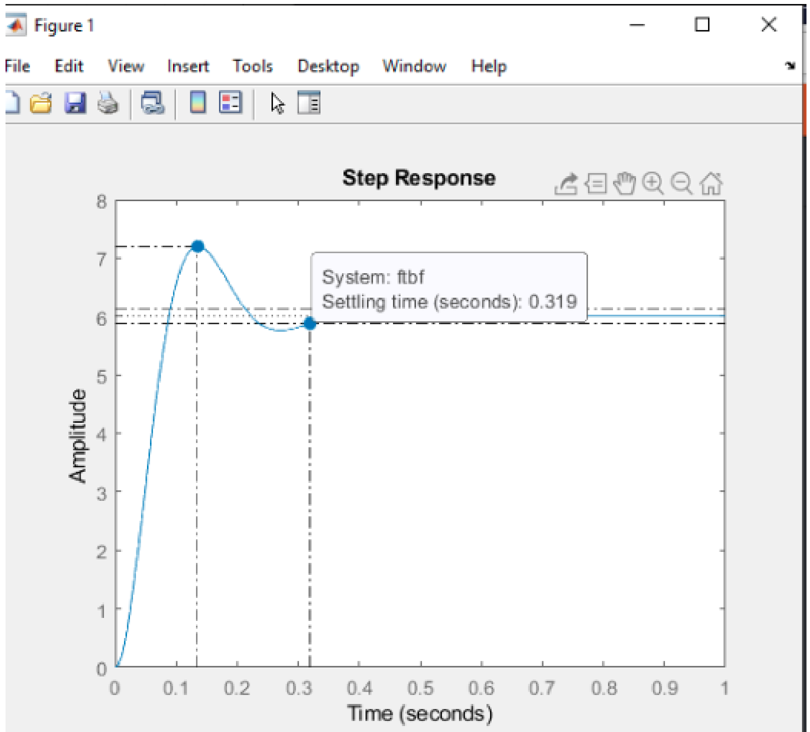


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Step Response
System: ftbf
Settling time (seconds): 0.319
Amplitude
Time (seconds)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

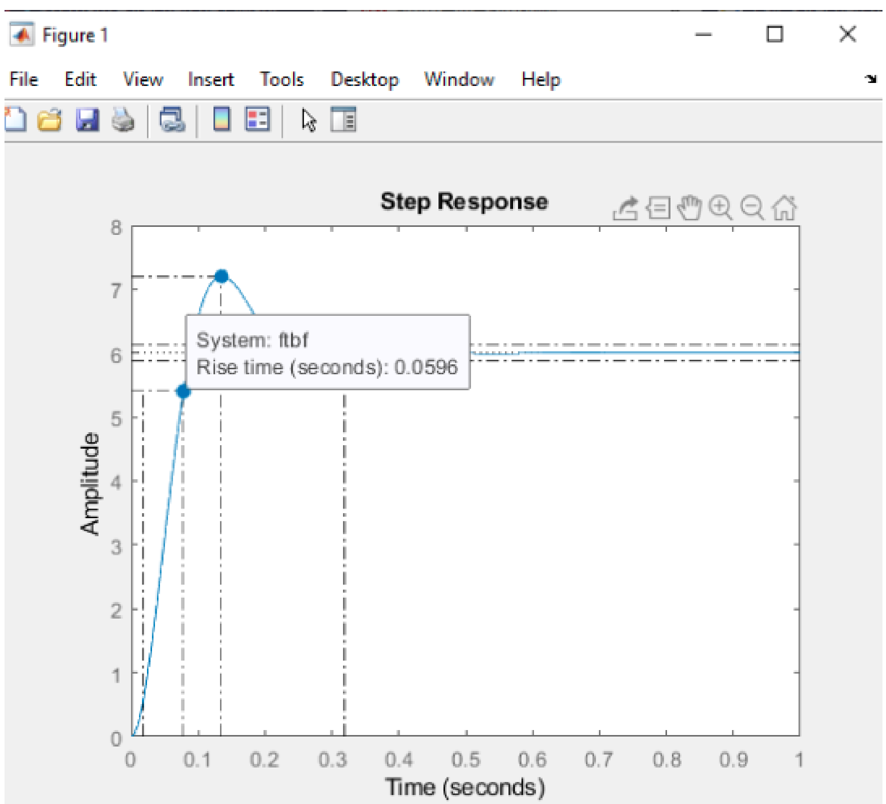


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Step Response
System: ftbf
Rise time (seconds): 0.0596
Amplitude
Time (seconds)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

Etude avec différentes valeurs de Ad et Ab :

To/ad*ab*A*k=1,2*10^-3

Ad	Ab	Tr 5
3	1	0,37
4	1	0,48
5	1	0,675

On observe quand Ad augmente la valeur de Tr5% augmente également.

Partie 2 : Correcteur à avance de phase

A) Etude théorique : On souhaite améliorer le temps de réponse à 5% du dispositif tout en conservant une bonne stabilité, à l'aide d'un correcteur à avance de phase (annexe 2). Ce correcteur a pour fonction de transfert : $C(p)$ = 1 + aTp 1 + Tp , a > 1

> Se documenter sur le correcteur à avance de phase. Donner les avantages de ce type de correcteurs par rapport au correcteur PD.

Les avantages de ce type de correcteurs sont les suivantes :

- Permet d'améliorer les marges de stabilité (effet stabilisant)

- Permet d'améliorer la bande passante du système et d'augmenter la rapidité.

- Il est en général associer a un correcteur PI qui assure la précision.

> Donner le schéma-bloc du système corrigé à l'aide du correcteur à avance de phase.

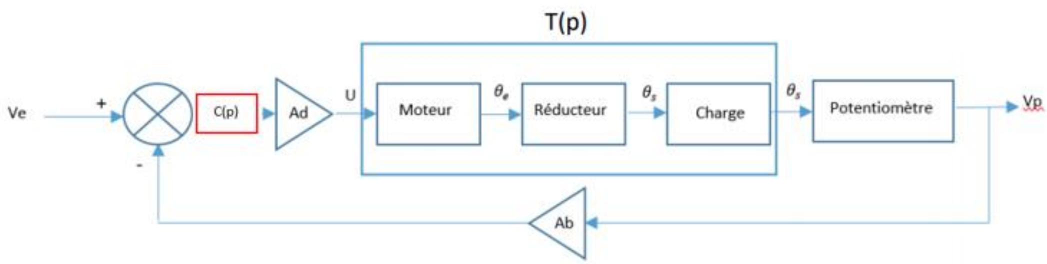


Figure1 : Schéma-bloc du système asservi corrigé

> Ecrire la FTBO du système corrigé.

$$C(p) = \frac{ad * a * K}{P + Tp^2}$$

$$C(p) = \frac{(1 + atp)}{(1 + Tp)} * \frac{ad * a * K}{(P + Tp^2)}$$

$$C(p) = \frac{(1 + atp) * ad * a * K}{p(1 + Tp^2)}$$

$$C(p) = \frac{(1 + atp) * ad * a * K}{p + Tp^2 + Tp^2 + T^2p^3}$$

> Pour Ad=2, on souhaite obtenir une marge de phase de 45°. Déterminer les paramètres du correcteur : a, T.

$$\sin(45-23) = \frac{1-a}{1+a} = 0{,}37 = 0{,}37 * (1+a) = 1-a$$

> Pour Ad=2, on souhaite obtenir une marge de phase de 45°. Déterminer les paramètresdu correcteur : a, T.

0,37*(1+a)= 1-a

0,37+0,37a = 1-a

1,37a=0,37

a= 0,27 Et T=

on a eu du mal a trouver le parametre T.