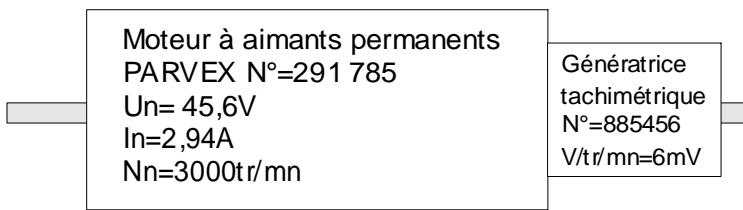


# TP1 : ASSERVISSEMENT EN VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU.

## PRISE EN MAIN DE MATLAB

### MODELISATION DU MOTEUR



- Résistance de l'induit  $R = 3,48 \Omega$
  - Inductance de l'induit  $L = 8,9 \text{ mH}$
  - Constante de FEM et de couple :  $K_m = 0,11 \text{ Wb/rad}$
  - Inertie de l'induit  $J_m = 4,42 \cdot 10^{-5} \text{ Kgm}^2$
  - Coefficient de moment de frottement sec négligé,
  - Coefficient de moment de frottement visqueux négligeable
- CHARGE**
- Coefficient de moment de frottement visqueux :  $f = 0,00111$
  - Inertie de la charge  $J_c = 10 \cdot 10^{-4} \text{ Kgm}^2$
  - Coefficient de frottement sec négligeable

- Equation mécanique moteur + charge :

$$T_M(t) - T_R(t) = J \frac{d\Omega}{dt} + f\Omega(t) \quad \text{avec } T_R = f\Omega$$

$$T_M(p) - T_R(p) = pJ\Omega + f\Omega$$

- Equation électrique:

$$U(t) = L \frac{di}{dt} + Ri(t) + K\Omega(t)$$

$$U = K\Omega + I(R + pL) \quad KI(p) = f\Omega + pJ\Omega$$

$$U(p) = Km.\Omega + \Omega \left( p \frac{J}{Km} + \frac{f}{Km} \right) (pL + R) = Km.\Omega \left[ 1 + \frac{f \cdot R}{Km^2} \left( p \frac{J}{f} + 1 \right) \left( p \frac{L}{R} + 1 \right) \right]$$

$$\frac{\Omega}{U}(p) = \frac{1}{Km} \frac{1}{1 + \frac{f \cdot R}{Km^2} (d_E p + 1) (d_M p + 1)} \quad (1) \quad \text{avec } d_E = \frac{L}{R} \quad d_M = \frac{J}{f}$$

- Lire la documentation concernant le logiciel Matlab dans le polycopié de cours page 27 et 28
- Créer un répertoire Matlab sur votre volume privé.  
Lancer Matlab. Dans la fenêtre de commande de Matlab, effectuer un changement de répertoire de travail : cd h:\Matlab. Créer un fichier de commande (File/new M-File) -> le bloc note s'ouvre.
- Configurer le bloc notes pour qu'il affiche le numéro de ligne courant (Afficher/barre d'état). Enregistrer le fichier sous parvex.m **ATTENTION CHOISIR LE TYPE tous les fichiers ET NON LE FORMAT TXT !!!**

Le titre de la fenêtre de Bloc-notes doit afficher *parvex.m* et non *parvex1.m.txt*. Si ce n'est pas le cas, effacer le fichier .txt et recommencer ! Compléter le fichier avec les éléments suivants /

```
%-----
% ASSERVISSEMENT EN VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU
% hold off;% suspend la superposition des courbes(Hold on superpose ...)
disp('ASSERVISSEMENT EN VITESSE D''UN MOTEUR A COURANT CONTINU');
clear; % initialise les variables à 0
%-----
% Caractéristiques du moteur
Un=45.6; Km=0.11; R=3.48; L=8.9e-3; wn=100*pi; Jm=4.42e-5;
% Caractéristiques de la GT
Kg=0.006*30/pi; f=0.00111;
% Caractéristiques de la charge
Jc=10e-4;
% Caractéristiques diverses
J=Jm+Jc; % inertie totale
Kh=4.56; % FT du hacheur
disp('Question 1');
%-----
% Q1. FT du moteur
Te=...;
Tm=...;
```

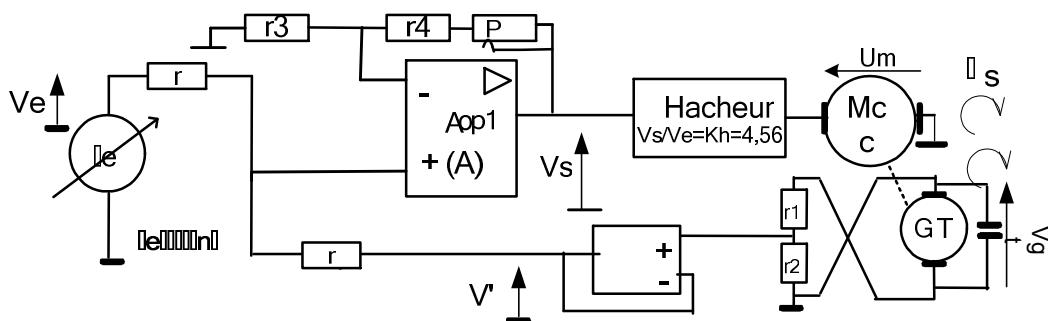
- Ecrire la relation dans Matlab permettant de calculer la FT du moteur (voir relation (1)).

$$\frac{\Omega}{U}(p) = \frac{N}{D} \quad \text{avec } D = Ap^2 + Bp + C. \text{ On déterminera avec Matlab N, A, B, C}$$

- Enregistrer le fichier, puis exécuter le fichier en fournissant son nom sur la ligne de commande de Matlab : **parvex**. Tracer la courbe de Bode de la FT du moteur en charge (entrée U sortie  $\Omega$ ).
- Calculer pour le régime établi, la variation vitesse relative entre la vitesse à vide et en charge  $\frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0}$  pour  $U=U_n$ . Soit  $d\Omega$  cette variation.

## ASSERVISSEMENT DE VITESSE DU MOTEUR

- Le moteur est commandé avec le montage suivant :



Lorsque  $\Omega_e = 100\pi$ , et  $\Omega_s = \Omega_n$  et  $v_{(+)} AOP1 = 0$ . On a d'autre part  $\frac{V_s}{V_e + V'} = 1 + \frac{P}{2.r3} = A1$

Faire le schéma opérationnel (entrée  $\Omega_e$ , sortie  $\Omega_s$ ).

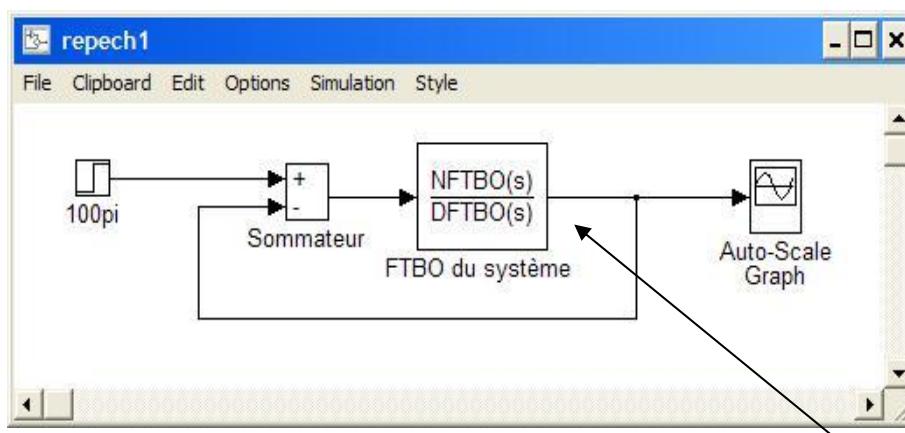
- Calculer, avec Matlab, la FTBO ( $\frac{NFTBO}{DFTBO}$ ) pour  $P=0$ .

- Tracer les courbes de Bode pour cette FTBO

- Dans la fenêtre Matlab Command Windows lancer *lib*.

Dans la fenêtre *lib* créer un fichier (File new) *RepEch1.m*, l'enregistrer (File Save As).

Composer le schéma opérationnel de l'asservissement, puis sauvegarder le (File/save).



**REMARQUE IMPORTANTE : dans le schéma ci-dessus la fonction de transfert en chaîne directe (FTCD) est la FTBO et parce que le retour est unitaire (FTCD = FTBO/1)**

Paramétrier la simulation :

- Régler la durée de la simulation à environ 1 seconde.
- Régler le *step time* (temps avant l'échelon) du générateur d'échelon à 0 seconde.
- Régler la tolérance de calcul à  $10^{-5}$ .
- Régler les échelles de l'oscilloscope.
- Régler un échelon  $\Omega_c = 100\pi$ .

Relever sur les courbes l'erreur statique  $(\Omega_c - \Omega_s)/\Omega_c$  avec  $\Omega_c$  consigne d'entrée,  $\Omega_s$  vitesse de l'arbre moteur. Vérifier par calcul (calculer la FTBF, puis l'erreur statique).

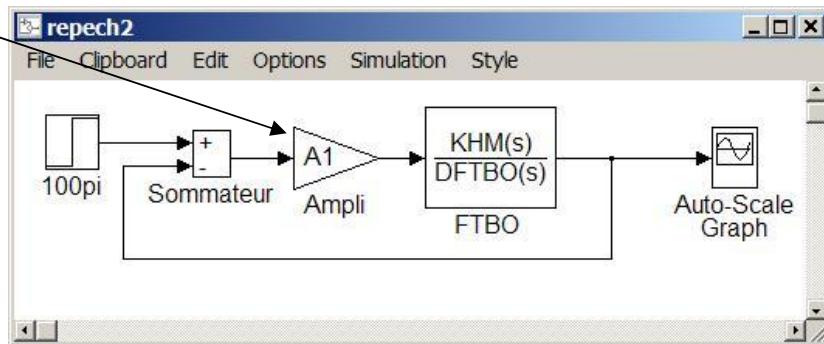
**N'oublier pas d'enregistrer vos fichiers**

## TP2 : ASSERVISSEMENT EN VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU.

### CORRECTION DU SYSTEME

#### CORRECTION PROPORTIONNELLE (SUITE TP1)

1. Pour  $A_1=1$ , quel est le gain statique du système.
2. Reprendre le fichier parvex.m, séparer  $A_1$  de la FTBO =>  $FTBO = \frac{A_1 * KHM}{DFTBO}$  avec  $KHM = \frac{K1.Kh}{Km}$
3. Tracer le diagramme de Bode pour  $A_1=1$ , déterminer la marge de gain pour une marge de phase de  $45^\circ$ .
4. Dans la fenêtre de commande de Matlab, ouvrir le fichier RepEch .m et réenregistrer le sous le nom RepEch2 .m. Modifier le schéma opérationnel de l'asservissement de façon à faire apparaître le correcteur proportionnel, puis sauvegarder le (File/save).



5. Dans la fenêtre de commande de Matlab lancer *parvex*, Régler la durée de la simulation à environ 1 secondes, puis appliquer un échelon  $\Omega_C=100\pi$ . Vous devez obtenir le même résultat qu'à la question 7 du TP1. Régler  $A_1$  à la valeur déterminée en 3. Vérifier en traçant le diagramme de Bode et ajuster  $A_1$  en conséquence.
6. Reprendre la simulation en réglant la durée de la simulation à environ 0,1 secondes. Donner le type de réponse. Déterminer le dépassement (en %) et le temps de réponse à 5%.

#### CORRECTION PAR AVANCE DE PHASE

On ajoute en série avec l'amplificateur AOP1 figure 1, le montage correcteur par avance de phase ci-contre

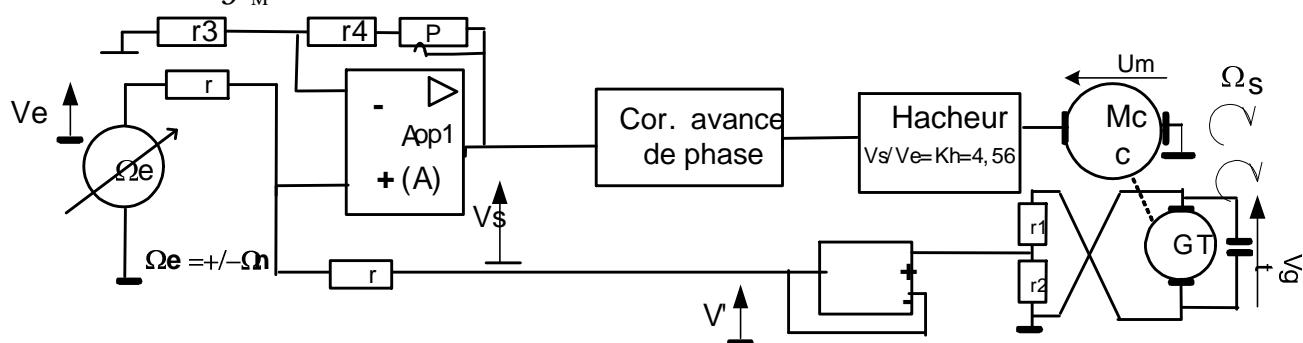
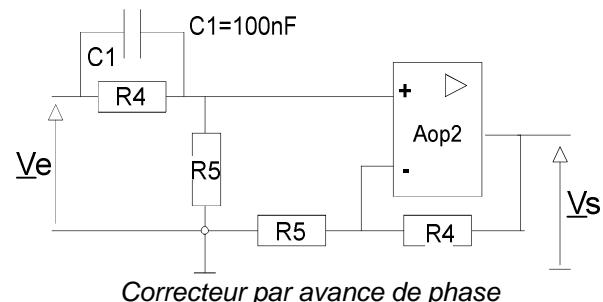
La FT du correcteur est :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1 + d_3 p}{1 + \frac{d_3 p}{k}} ; \quad d_3 = R4.C1 = \frac{1}{W_0} \quad k = 1 + \frac{R4}{R5}$$

$$W_M = \frac{\sqrt{k}}{d_3} \quad \text{pulsation centrale de correcteur}$$

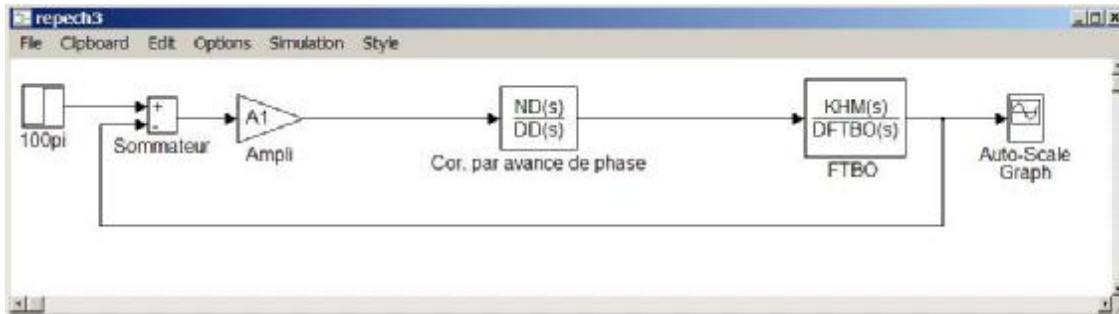
$$j_M = \arcsin \frac{k-1}{k+1} \quad (\text{phase centrale})$$

$$\text{avec } k = \frac{1 + \sin j_M}{1 - \sin j_M}$$



7. Déterminer  $j_M$  et  $k$  de façon à avoir une marge de phase d'environ  $100^\circ$  sur le système corrigé. Compléter le fichier parvex.m afin de tracer le diagramme de Bode du correcteur (numérateur ND, dénominateur DD).

8. Compléter le fichier parvex.m afin de tracer la FTBO (Bode) du système corrigé (faire le produit du numérateur et du dénominateur de la FTBO avec le numérateur et le dénominateur du correcteur à la l'aide de la fonction conv : NFTBOD =conv(A1\*KHM, ND), DFTBOD =conv(DFTBO, DD) ..  
Ajuster éventuellement  $\omega_0$  pour avoir la marge de phase souhaitée.  
9. Sauvegarder le fichier RepEch2.m, puis enregistrer le sous le nom RepEch3.m.  
Composer le schéma opérationnel de l'asservissement comportant le correcteur, puis sauvegarder le.



Appliquer un échelon  $\Omega_C=100\pi$ , même durée de simulation. Ajuster éventuellement l'amplification et  $w_0$  de façon à rester dans le tube à 5%.

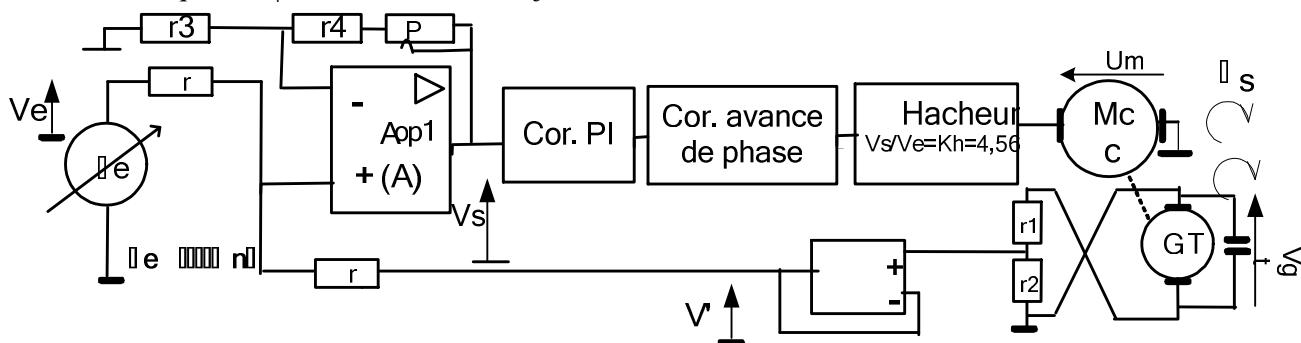
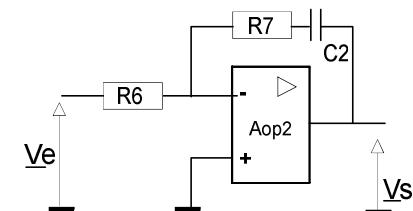
Vérifier l'absence de dépassement et mesurer le temps de réponse sur le chronogramme.

## CORRECTION PI

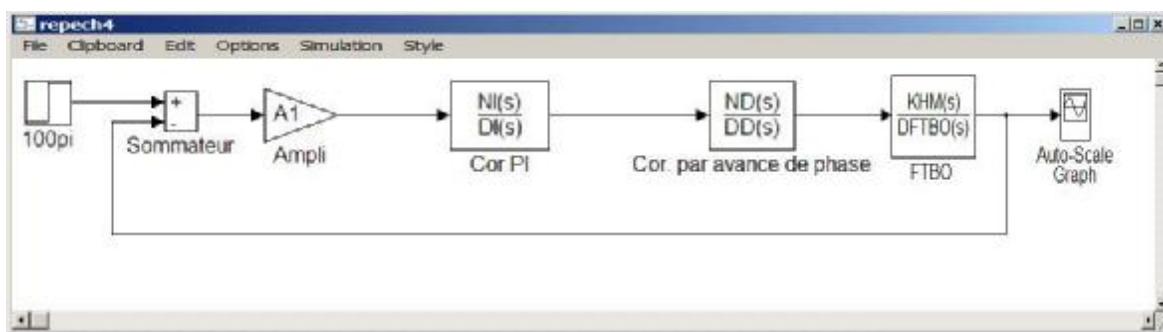
10. On ajoute en série avec l'amplificateur AOP1 le montage ci-contre permettant de réaliser un correcteur PI :

Démontrer que la FT du correcteur est de la forme  $A \frac{1 + jd_4 w}{jd_4 w}$

A est l'amplification statique, fixer A à 1. R6=10K, déterminer R7 et C2 sachant que  $1/d_4$  à environ 1 rd/s. On justifiera cette valeur.



Compléter le fichier parvex.m afin de tracer afin de tracer le diagramme de Bode du correcteur (numérateur NI, dénominateur DI), puis compléter le fichier parvex.m. pour tracer le diagramme de Bode de la FTBO du système corrigé complet : numérateur NFTBODI, dénominateur DFTBODI (utiliser conv pour calculer la nouvelle FTBO).



11. Sauvegarder le fichier RepEch3 .m, puis enregistrer le sous le nom RepEch4 .m. Modifier RepEch4 .m de façon à faire apparaître le correcteur PI puis sauvegarder le.

Appliquer un échelon  $\Omega_C=100\pi$ .

Mettre en évidence l'absence d'erreur statique en modifiant la valeur de A directement dans le simulateur (fixer A1 à 10) (augmenter la durée de la simulation à 10 secondes).