A partir d'un TP de C.CORBIER. TP n°2 issu du BTS 1998.

ETUDE EXPERIMENTALE D'UN SYSTEME BOUCLE

ASSERVISSEMENT DE VITESSE D'UNE MACHINE A COURANT CONTINU

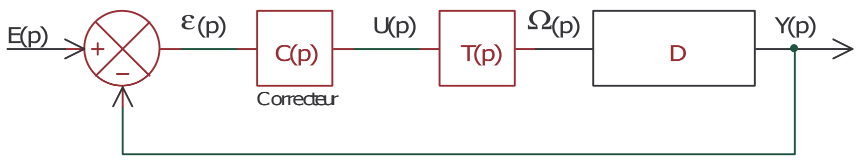
Objectif :

Faire une étude expérimentale d'un système bouclé afin de mettre en évidence :

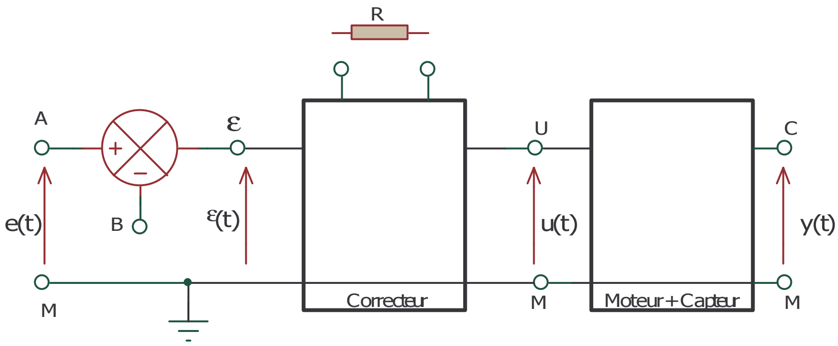
- Les notions de stabilité et de précision.
- La marge de phase, les erreurs de position et de traînage avec et sans correcteur.

Présentation de la maquette

Un capteur de pulsation (de rotation) a pour fonction de transfert D. Le moteur et le capteur sont associés à un soustracteur et à un correcteur afin de réaliser le montage ci-dessous.



Maquette de simulation



La maquette est alimentée par une alimentation symétrique (+15V, 0, -15V)

La machine à courant continu fonctionne en moteur

Modélisation du moteur

On se propose de déterminer la fonction de transfert du moteur : $T(p)=\dfrac{\Omega(p)}{U(p)}$

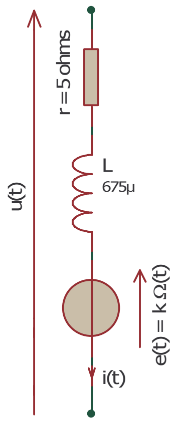
Le modèle électrique du moteur, donc de l'induit comporte :

- La résistance de l'induit : $r = 5\ \Omega$
- L'inductance de la bobine de l'induit : $L = 675\ \mu H$
- La f.c.e.m $e(t) = k\Omega(t)$ où $k = 0{,}085$ Nm/A

Le modèle mathématique est donné par : $J\dfrac{d\Omega(t)}{dt}=ki(t)$

On rappelle que pour le moteur :

- J est le moment d'inertie
- k est la constante de vitesse et de couple
- τm est la constante de temps mécanique
- τe est la constante de temps électrique



Modèle du Moteur

On considère que le moteur est surdimensionné, pour cette raison, le couple électromagnétique est très supérieur au couple résistant.

Ce moteur est alimenté sous une tension u(t) et traversé par un courant i(t).

Montrer que la fonction de transfert T(p) se met sous la forme :

$$T(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{\frac{1}{k}}{1 + \tau_m p + \tau_m \tau_e p^2} \text{ sachant que } \tau_m = \frac{r\,J}{k^2} \text{ et } \tau_e = \frac{L}{r}$$

Que devient cette fonction de transfert si $\tau_e << \tau_m$? Si tel est le cas le moteur peut-il être assimilé à un système du 1er ordre ?

<u>ÉTUDE DU SYSTÈME NON CORRIGÉ</u> C(p)= 1

Dans ce cas la fonction de transfert du correcteur est C(p)= 1, pour réaliser cette condition on brancher une résistance R = 1 kΩ sur le correcteur.

1. <u>Étude de la stabilité</u>

La maquette devra fonctionner en **<u>boucle ouverte</u>**, pour cela :

- Relier la borne A à un GBF en mode sinusoïdal [(e(t) est une tension sinusoïdale)]
- Relier la borne B à la terre

Afin de comparer les évolutions simultanées de e(t) et de la sortie y(t), on observe e(t) et y(t) à l'oscilloscope. En raison de la présence d'une composante continue, on se place sur les entrées de l'oscilloscope en mode de couplage CA.

1.1. Relever la fréquence F_{CO} pour laquelle les amplitudes des composantes sinusoïdales de e(t) et y(t) sont égales. Que valent alors le module (en V/V) et le gain (en dB) de $\underline{H}_{BO} = \frac{Y(p = j\omega)}{E(p = j\omega)}$ à cette fréquence ?

1.2. Relever alors le déphasage entre ces les 2 composantes sinusoïdales.

1.3. En déduire la marge de phase. Cette marge de phase est-elle suffisante pour assurer la stabilité ? Pourquoi ?

2. <u>Étude de la précision</u>

La maquette devra fonctionner en **<u>boucle fermée</u>**, pour cela :

- Relier la borne B à la borne C
- Laisser connecter la borne A au GBF [(e(t) est une tension en créneaux)]

On observe toujours e(t) sur CH1 et y(t) sur CH2 à l'oscilloscope Afin de comparer les évolutions simultanées de la consigne e(t) et de la sortie y(t).

On pourra visualiser l'évolution de l'erreur ε(t) par le menu « MATH » [CH1-CH2]

Pour effectuer les mesures placer les entrées de l'oscilloscope en mode de couplage CC.

2.1. <u>Réponse indicielle à vide</u> (Pas de charge !)

e(t) est un signal carré positif, de rapport cyclique 0,5 et d'amplitude 1 V (échelon unité). La fréquence F du signal doit être compatible avec l'observation du régime permanent de y(t). Préciser la valeur de cette fréquence.

2.1.1. Observer les oscillogrammes de e(t) et y(t). Mesurer, $tr_{5\%}$,le temps de réponse à 5%. Justifier votre mesure en décrivant votre méthode.

2.1.2. Observer le signal d'erreur. En déduire la valeur de cette erreur en régime permanent ε_{PV} (Erreur de position à vide).

2.2. Réponse indicielle en charge (R_L = 100 Ω)

Pour matérialiser la charge mécanique qui agit sur l'arbre du moteur, on connecte entre les bornes C et M, une résistance de charge R_L = 100 Ω.

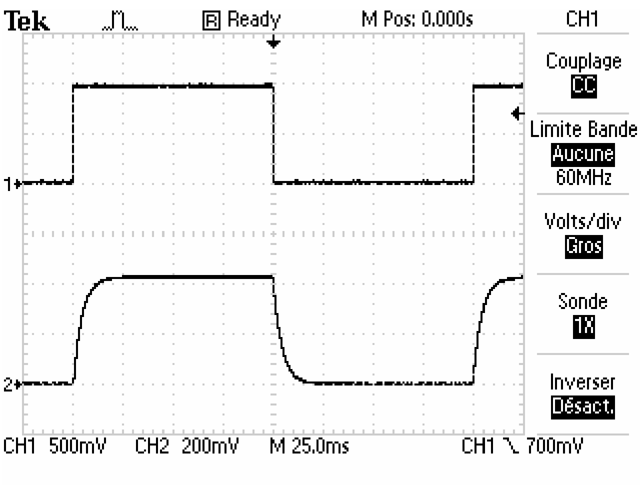
L'oscillogramme ci-contre représente la réponse de ce montage à un échelon unité.

En déduire la fréquence à laquelle ont été prises les mesures.

Déterminer le temps de réponse à 5%.

Calculer l'erreur en régime permanent en charge ε_{PC}.

Calculer $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{PC} - \varepsilon_{PV}$



2.3. Réponse à une rampe à vide (Pas de charge !)

e(t) est un signal triangulaire, de tension de crête égale à 500 mV et de fréquence 50 Hz.

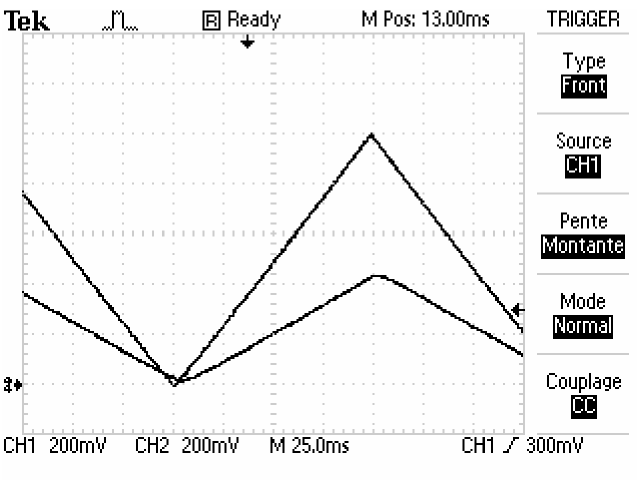
2.3.1. Observer les oscillogrammes de e(t) et y(t).

2.4. Réponse à une rampe en charge (R_L = 100 Ω)

L'oscillogramme ci-contre représente la réponse de ce montage lorsque l'entrée est une tension triangulaire.

En déduire la fréquence à laquelle ont été prises les mesures.

Faire apparaître sur l'oscillogramme l'erreur de traînage.



2.5. Conclusion

En exploitant vos observations et mesures ainsi que les oscillogrammes fournis, conclure sur la précision du système non corrigé lorsque l'entrée est un échelon puis une rampe.

ÉTUDE DU SYSTÈME CORRIGÉ AVEC UN CORRECTEUR PROPORTIONNEL

Pour réaliser un correcteur dont la fonction de transfert C(p) = A = 20, on branche une résistance R = 20 kΩ sur le correcteur.

3. Étude de la stabilité

La maquette devra fonctionner en **boucle ouverte**, pour cela :

- Relier la borne A à un GBF en mode sinusoïdal [(e(t) est une tension sinusoïdale)]
- Relier la borne B à la terre

Afin de comparer les évolutions simultanées de e(t) et de la sortie y(t), on observe e(t) et y(t) à l'oscilloscope. En raison de la présence d'une composante continue, on se place sur les entrées de l'oscilloscope en mode de couplage CA.

3.1. Relever la fréquence F_{CO} pour laquelle les amplitudes des composantes sinusoïdales de e(t) et y(t) sont égales. Que valent alors le module (en V/V) et le gain (en dB) de $\underline{H}_{BO} = \dfrac{Y(p = j\omega)}{E(p = j\omega)}$ à cette fréquence ?

3.2. Relever alors le déphasage entre ces les 2 composantes sinusoïdales.

3.3. En déduire la marge de phase. Cette marge de phase est-elle suffisante pour assurer la stabilité ? Pourquoi ?

4. Étude de la précision

La maquette devra fonctionner en **boucle fermée**, pour cela :

- Relier la borne B à la borne C
- Laisser connecter la borne A au GBF [(e(t) est une tension en créneaux)]

On observe toujours e(t) sur CH1 et y(t) sur CH2 à l'oscilloscope Afin de comparer les évolutions simultanées de la consigne e(t) et de la sortie y(t).

On pourra visualiser l'évolution de l'erreur ε(t) par le menu « MATH » [CH1-CH2]

Pour effectuer les mesures placer les entrées de l'oscilloscope en mode de couplage CC.

4.1. Réponse indicielle à vide (Pas de charge !)

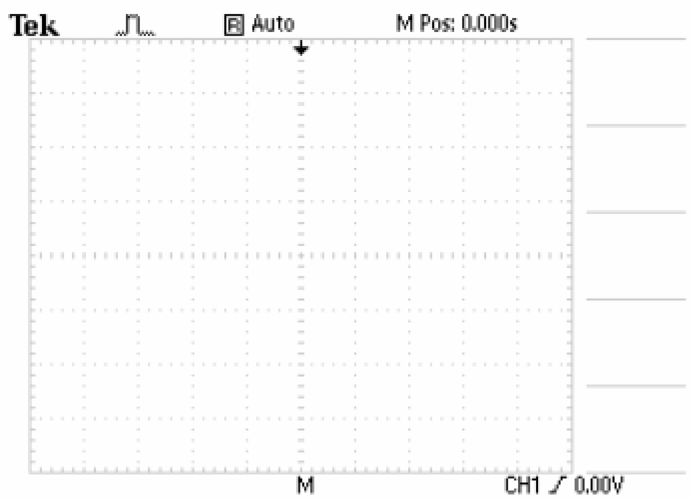
e(t) est un signal carré positif, de rapport cyclique 0,5 et d'amplitude 1 V (échelon unité). La fréquence F du signal doit être compatible avec l'observation du régime permanent de y(t). Péciser la valeur de cette fréquence.

Relever sur l'oscillogramme ci-contre e(t) et la réponse y(t).

Compléter les renseignements concernant les réglages de l'oscilloscope.

Mesurer, $tr_{5\%}$,le temps de réponse à 5%. Justifier votre mesure en décrivant votre méthode.

Observer le signal d'erreur. En déduire la valeur de cette erreur en régime permanent ε_{PV} (Erreur de position à vide).



4.2. Réponse indicielle en charge (R_L = 100 Ω)

On conserve le même signal d'entrée que précédemment.

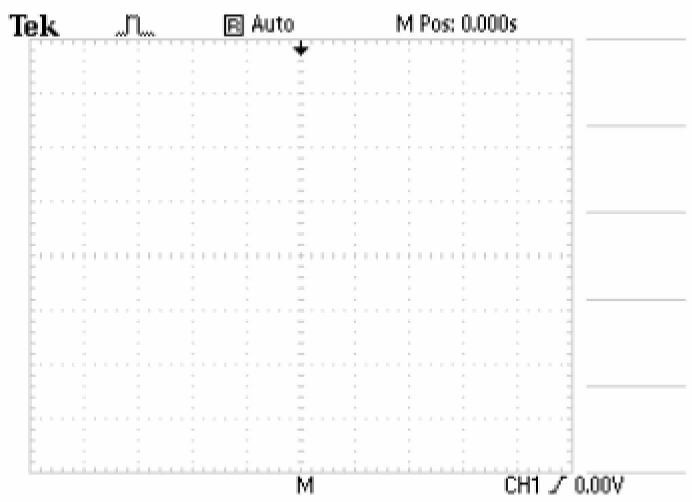
Relever sur l'oscillogramme ci-contre e(t) et la réponse y(t).

Compléter les renseignements concernant les réglages de l'oscilloscope.

Mesurer, $tr_{5\%}$, le temps de réponse à 5%.

Observer le signal d'erreur. En déduire ε_{PC} la valeur de l'erreur de position en charge en régime permanent.

Calculer $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{PC} - \varepsilon_{PV}$



4.3. Réponse à une rampe à vide (Pas de charge !)

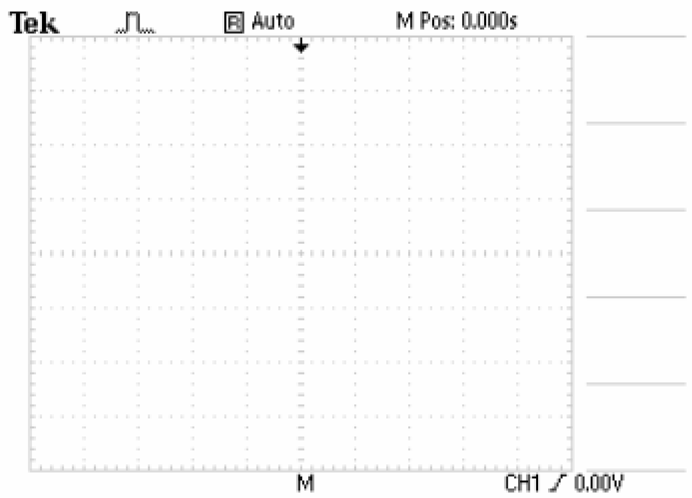
e(t) est un signal triangulaire, de tension de crête égale à 500 mV et de fréquence 50 Hz. Observer les oscillogrammes de e(t) et y(t).

4.4. Réponse à une rampe en charge (R_L = 100 Ω)

Relever sur l'oscillogramme ci-contre e(t) et la réponse y(t) de ce montage lorsque l'entrée est une tension triangulaire.

Compléter les renseignements concernant les réglages de l'oscilloscope.

Faire apparaître sur l'oscillogramme l'erreur de traînage.



4.5. Conclusion

Comparer les résultats obtenus dans cette partie à ceux obtenus dans l'étude de précision du système non corrigé. En déduire les apports de ce correcteur en matière de précision.

Schéma structurel de la carte de TP