

# Compte-rendu du TP4 d'automatique

## Etude d'un asservissement de position à relais

### 1. Introduction

Dans cette manipulation nous allons étudier un moteur à courant continu et un relais (élément non linéaire) en série. Nous allons d'abord dégager les caractéristiques du relais. Ensuite, nous chercherons à mettre en place une régulation du système.

### 2. Étude des auto-oscillations.

Dans cette partie, nous souhaitons étudier le système en auto-oscillations. Pour commencer, nous reprenons la représentation de notre modèle et l'ensemble de ses éléments par la figure 1. Ici nous nous pencherons sur le circuit sans le retour tachymétrique.

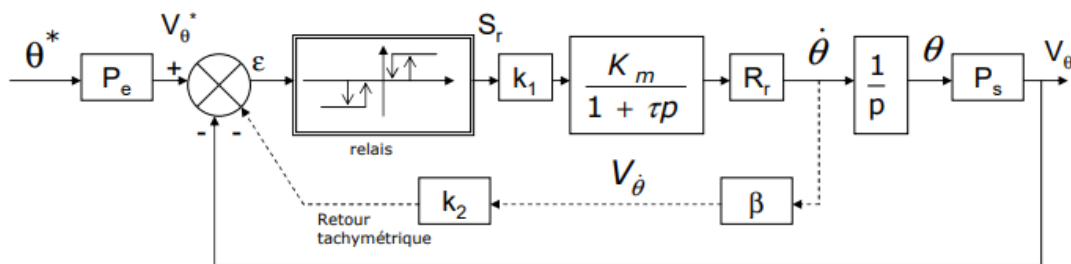


Figure 1 : Montage des différents éléments.

- Préparation

Pour réaliser l'étude théorique, nous avons utilisé l'outil Matlab. On regarde l'auto-oscillation d'amplitude  $X_0$  et la pulsation de pompage au niveau du point d'intersection du lieu critique  $-\frac{1}{N(X)}$  avec le lieu linéaire  $k_1 \cdot L(j\omega)$ . A noter que nous trouvons la formule du lieu dans le cours de ASNL :

$$N(A) = \frac{4M}{H\pi} \left( \sqrt{1 - \frac{a^2}{H^2}} - j\frac{a}{H} \right)$$

Dans notre script (Annexe 1), nous avons modélisé le système par la fonction de transfert suivante :  $G(p) = \frac{k_1 K_m R_r P}{p + \tau p^2}$  puis nous avons tracé le Nyquist ainsi que le lieu critique sur l'annexe 2 et avons trouvé pour  $k_1 = 0.5$ , une amplitude de  $X_0 = 1.89$  et une pulsation de pompage  $\omega = 8.45$ .

- Simulations

En suivant le modèle de la préparation, nous avons tracé le lieu linéaire du système pour différentes valeurs de  $k_1$  ainsi que le lieu critique afin de pouvoir faire une comparaison avec les expérimentations réalisées ensuite (Annexes 2 à 4).

$k_1$	$X_0(V)$	$\omega(rad/s)$
0.3	1.56	6.78
0.4	1.76	7.65
0.5	1.93	8.32
0.6	2.07	8.99
0.7	2.19	9.5

Figure 2 : Résultats des simulations des lieux d'auto-oscillation du système.

Sur les résultats ci-dessus, on identifie clairement la non linéarité du système avec le lieu critique.

- Expérimentation

Pour trouver les auto-oscillations du système, nous avons commencé par chercher les caractéristiques du relais. Pour ce faire, nous avons mis un signal sinusoïdal (50 Hz, 5 Vpp) en entrée du relais et nous avons branché sa sortie et le signal à un oscilloscope. En mettant l'oscilloscope en mode XY, nous avons pu observer la non linéarité du relais (en mode persistant). Nous avons donc réglé ses caractéristiques avec les valeurs suivantes : le seuil (dead band) à zéro, l'hystérésis H à 1 V sur le module relais simulé. La sortie M est à  $\pm 7.25V$ . On retrouve donc l'allure du relais sur l'annexe 5.

Une fois le relais calibré, on l'insère dans la boucle du système ce qui va caractériser les auto-oscillations du moteur. On va récupérer les amplitudes et fréquences (qui nous donneront les pulsations) qui donnent lieu à une auto-oscillation pour différentes valeurs du gain  $k_1$ .

$k_1$	$2X_0(V)$	$f(Hz)$	$\omega(rad/s)$
0.3	4.4	0.91	5.71
0.4	4.9	1.03	6.47
0.5	5.0	1.13	7.09
0.6	5.4	1.20	7.54
0.7	5.9	1.28	8.04

Figure 3 : Résultats expérimentaux des lieux d'auto-oscillation du système.

En comparant les résultats des simulations avec ceux des expérimentations, on voit que nous avons le même ordre de grandeur. Nous avons bien calibré les auto-oscillations du système.

### 3. Linéarisation par balayage

Nous voulons à présent améliorer les performances de l'asservissement. Nous réglons le système avec un atténuateur  $k_1 = 0.5$  et l'hystérésis du relais  $H = 1V$ . Avec ces paramètres, le système est en auto-oscillation.

Nous avons ensuite ajouté un signal sinusoïdal (une perturbation) grâce à un GBF tel que  $f = 50 \text{ Hz}$  et  $V_{pp} = 0.2 \text{ V}$ . Puis nous avons progressivement augmenté l'amplitude de ce signal et nous avons observé.

Au fur et à mesure que nous augmentons l'amplitude de l'erreur, la fréquence d'auto-oscillation diminue. Lorsque l'on arrive à  $2 V_{pp}$  le moteur se bloque (il n'oscille plus), cela est dû au fait que le facteur  $k_1$  est de 0.5, l'erreur est de  $1 V_{pp}$  au niveau du relais et donc le relais ne peut pas décider s'il doit délivrer un état haut ou un état bas. C'est pour cela que le moteur s'arrête.

Nous avons donc réussi à linéariser le relais. Le fait d'ajouter une perturbation de la forme d'un sinus sinusoïdal en entrée est donc une technique pour linéariser un système présentant un relais ou autre non-linéarité.

### 4. Correction par boucle secondaire tachymétrique

Nous effectuons maintenant un retour tachymétrique. C'est-à-dire que remplaçons maintenant la tension sinusoïdale précédente par la tension délivrée par la dynamo tachymétrique préalablement atténuée par un potentiomètre. Nous aurons donc le système représenté par les pointillés sur la figure 1.

Pour les caractéristiques  $k_1 = 0.5$  et  $H = 1V$ , nous rappelons que la valeur de l'amplitude pic à pic de l'auto-oscillation est  $2X_0 = 5$ .

Nous cherchons maintenant à trouver la valeur de  $k_2$  tel que l'amplitude de l'auto-oscillation soit divisée par deux donc :  $V_{pp} \text{ voulu} = \frac{V_{pp} \text{ précédent}}{2} = 2.5 \text{ V}$ . Expérimentalement, on trouve que  $k_2 \simeq 0.7$ .

Nous avons ensuite vérifié les résultats trouvés grâce à l'outil Matlab. Pour cela, nous avons écrit la nouvelle fonction de transfert du système :

$$G1(p) = \frac{k_1 \cdot K_m \cdot R_r \cdot P_s}{p + \tau p^2} \frac{P_s + k_2 \beta p}{P_s}$$

Nous avons tracé cette nouvelle fonction dans le plan de Nyquist ainsi que le lieu critique sur l'annexe 6. En regardant l'intersection de ces courbes, on trouve que  $X_0 = 1.26$  ce qui est à peu près égal à la valeur pic à pic voulu divisée par 2. Nous avons choisi la bonne valeur de  $k_2$ .

Grâce au retour tachymétrique, nous sommes parvenus à diviser par 2 l'amplitude de l'erreur.

## 5. Conclusion

Dans ce TP, nous avons approfondi expérimentalement la méthode du premier harmonique vu dans le cours d'ANSL. Nous avons découvert de nouvelles méthodes d'automatique notamment la linéarisation par balayage qui nous a permis de linéariser notre système en ajoutant une perturbation en entrée.

# Annexes

```
% Constantes
kl = 0.5;
Km = 42.8;
Rr = 1/9;
Ps = 1.58;
tau = 0.214;

a = 0.5;
M = 3.625;
A=[0:0.01:100];
NA = [];

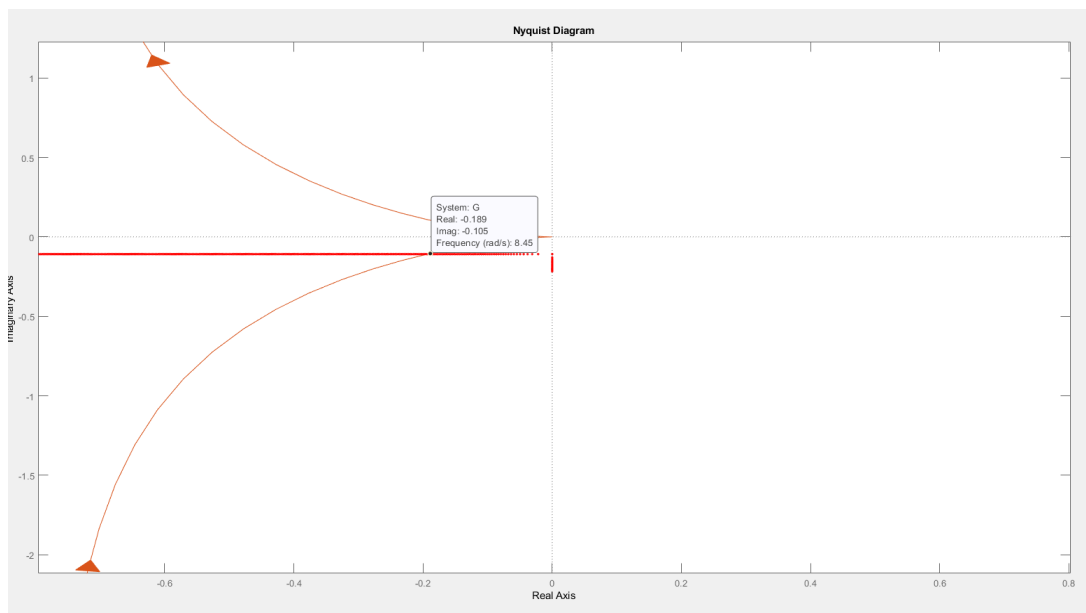
% Fonctions
G = tf(kl*Km*Rr*Ps,[tau,1,0])

N = @(A) 4*M/(A*pi)*(sqrt(1-(a^2)/(A^2))-i*(a/A))

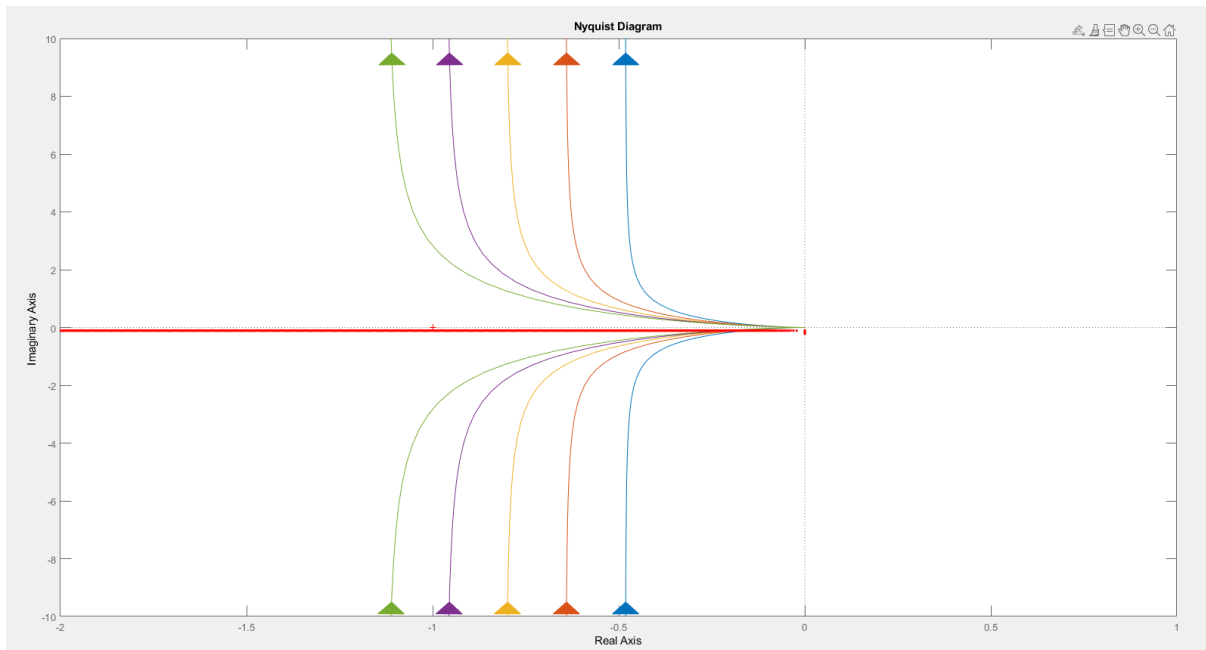
for n = 1:length(A)
    NA = [NA -1/N(A(n))];
end

% Representation
nyquist(G);
hold on
plot(NA, '.', 'Color','red')
xlim([-5 5])
ylim([-10 10])
```

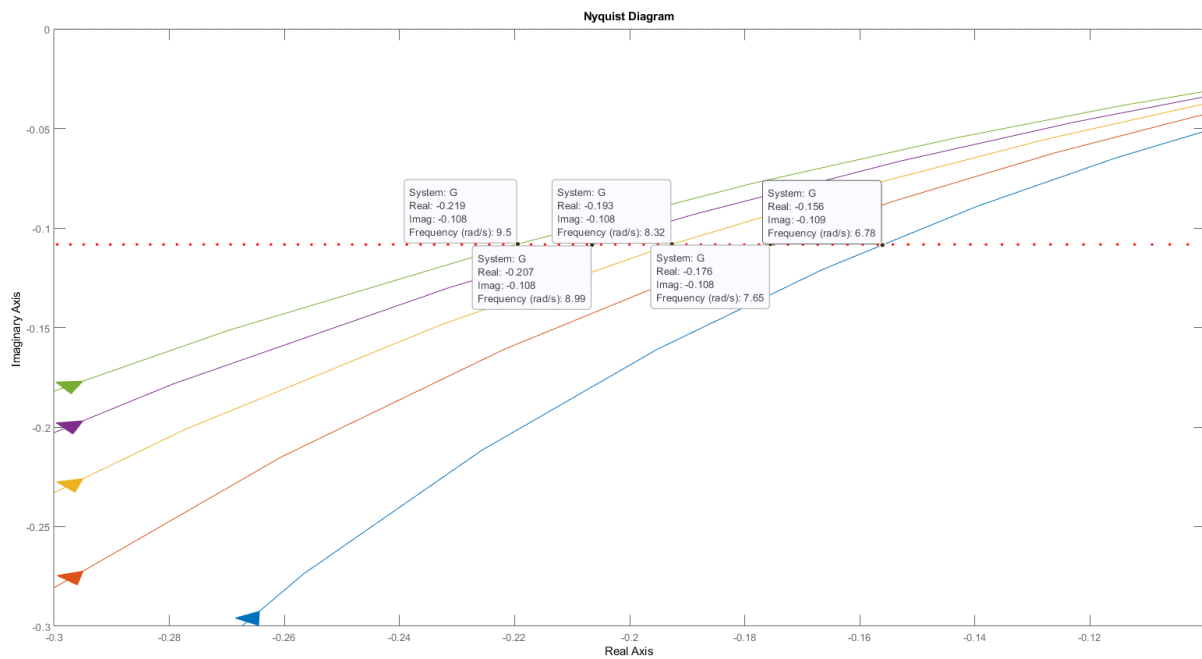
Annexe 1 : Script Matlab pour la représentation dans le plan de Nyquist.



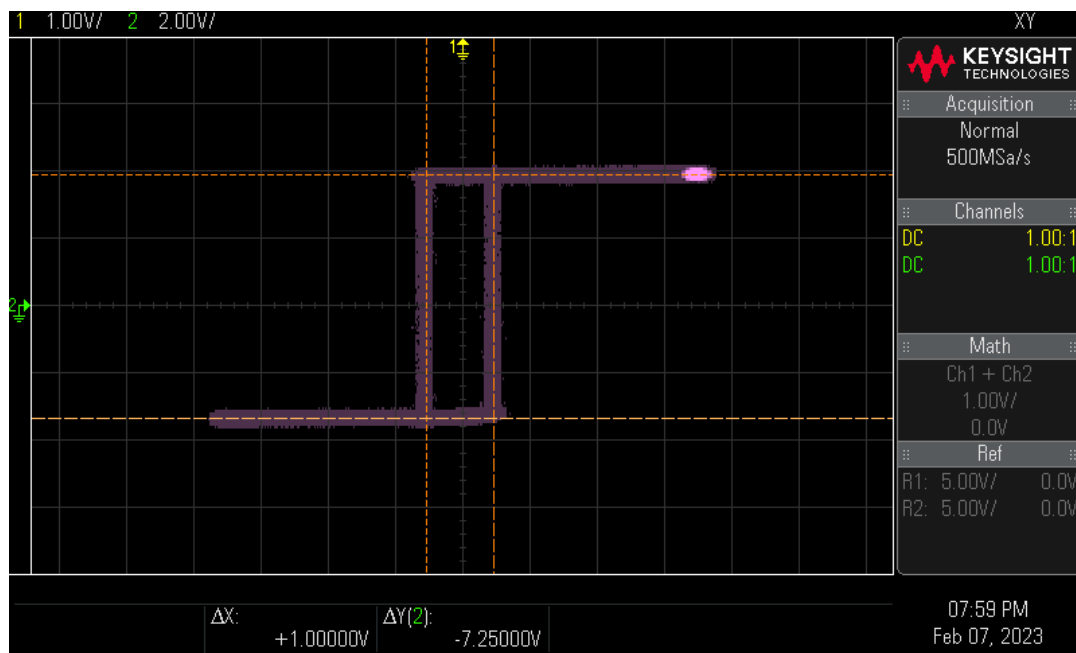
Annexe 2 : Représentation de  $C(XI) = -1/N(XI)$  et de la fonction  $G(p)$  pour  $k_1 = 0.5$  dans le plan de Nyquist.



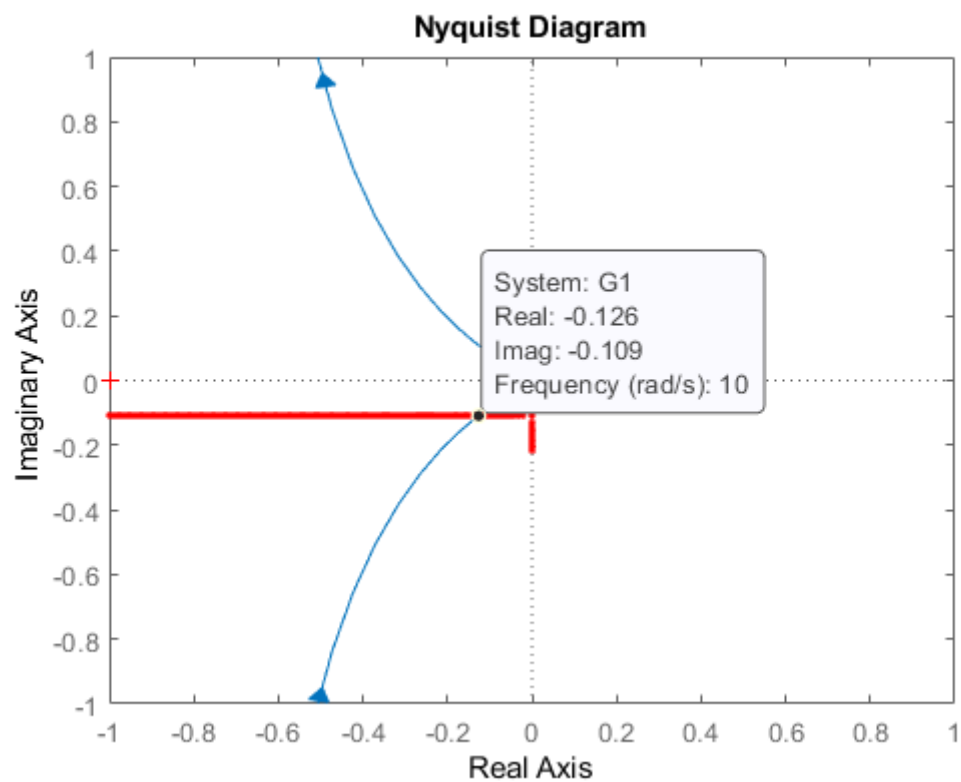
Annexe 3 : Représentation de  $C(XI) = -1/N(XI)$  et de la fonction  $G(p)$  pour  $k_1 = \{0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7\}$  dans le plan de Nyquist.



Annexe 4 : Zoom de l'annexe 4.



Annexe 5 : Allure du relais pour une hystérésis à 1V.



Annexe 6 : Représentation de  $C(XI) = -1/N(XI)$  et de la fonction  $G1(p)$  pour  $k_1 = 0.5$  et  $k_2 = 0.7$  dans le plan de Nyquist.