

TP4 : ASNL Méthode du 1er harmonique

1/ Introduction.

L'objectif de cette manipulation est d'étudier un asservissement de position d'un moteur. Normalement le système est linéaire mais nous le rendons non linéaire grâce à l'ajout d'un relais. Le TP comprend 3 étapes :

- Réglages du relais afin d'introduire une non linéarité de type hystérésis au système.
- Réalisation de l'asservissement de la position du moteur en utilisant le relais précédemment réglé. Étude de la non-linéarité du système en faisant varier le gain afin de tracer le lieu critique.
- Linéarisation du système suivant deux méthodes par balayage et par retour tachymètre.

2/ Descriptif du système.

La boucle d'asservissement Figure 1 est constitué des éléments suivants :

- Un gain PE permettant de convertir une consigne de position en consigne de tension.
- Un relais à hystérésis.
- Un gain K1.
- Le moteur est composé d'une fonction de transfert du premier ordre et d'un régulateur.
- Une intégrale permettant de convertir une vitesse en position.
- Un gain PS permettant de convertir la position en tension.
- Un retour tachymétrique (utilisé uniquement dans la dernière partie pour linéariser le système).

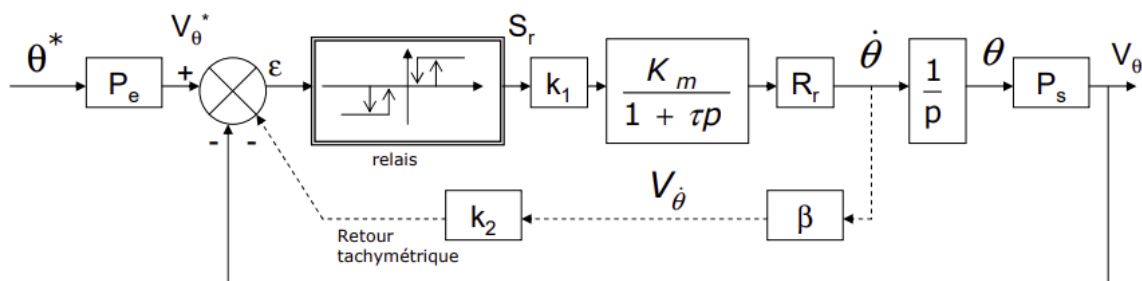


FIGURE 1 – Boucle d'asservissement du moteur

3/ Étude des auto-oscillations. Tracé du lieu critique.

- Réglage du relais :

Dans cette partie, nous avons réglé le relais de sorte d'avoir $H = 1 \text{ V}$ et $M = 14.5 \text{ V}$ le tout centré autour de 0. Les paramètres sont illustrés figure 2. Pour cela nous avons connecté à l'entrée du relais un GBF et à la sortie un oscilloscope. Nous avons ajusté les paramètres en utilisant les boutons du relais.

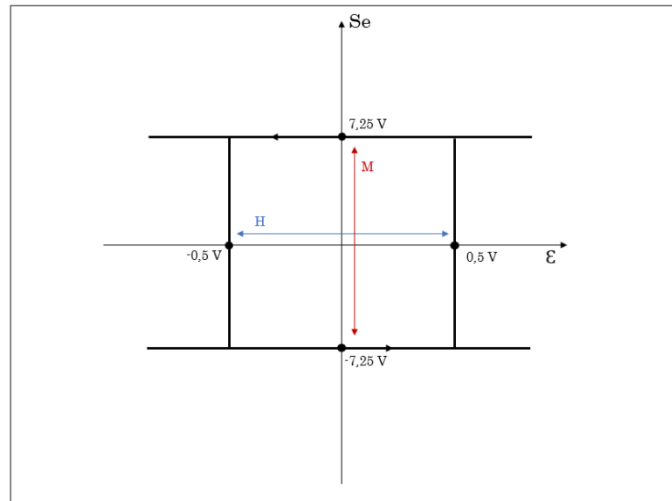


FIGURE 2 – Réglage du relais

- Etude théorique sur MATLAB :

Nous avons tracé le plan de Nyquist du système pour $K1 = 0.5$ (Annexe 1)

La courbe en bleu représente la partie linéaire donné par la forme $k1.L(j\omega)$. La courbe en noir gras représente la partie non linéaire donné par la forme suivante :

$$\frac{-1}{N(Xl)} = \frac{-\pi Xl}{4M} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{2Xl}\right)^2} - j \frac{\pi h}{8M}$$

La partie réelle tend vers $-\infty$ et la partie imaginaire est constante vers la valeur suivante :

$$-\frac{\pi h}{8M} = -0.05417$$

En faisant l'intersection graphique entre la partie linéaire et non linéaire, nous pouvons identifier le point critique qui provoque l'oscillation de notre système pour

une valeur de K1 donné. Nous avons répété cette méthode pour les valeurs de K1 suivantes : 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3. (voir annexe 2)

Connaissant la partie réelle des points critiques (ce qu'on a mesuré annexe 2), nous avons pu calculer l'amplitude et la fréquence théorique associé à chaque valeur de K1 suivant les formules suivantes :

$$Xl^2 = \left(Zreel^2 + \frac{\pi^2}{13271} \right) * \frac{823}{\pi^2} \quad \text{et} \quad w^2 = \frac{-1,60 - K1 - Zreel}{Zreel * 0,0458}$$

K1	Partie réelle	Amplitude (v)	Pulsation (rad/s)
0.7	-0.1423	1.32	12.25
0.6	-0.134	1.25	11.60
0.5	-0.1257	1.17	10.82
0.4	-0.1152	1.08	9.97
0.3	-0.1032	0.97	8.93

FIGURE 3 – Valeur théorique

• Etude pratique :

Notre relais étant réglé précédemment, nous avons réalisé le montage présenté figure 1 (sans le retour tachymétrique). Lorsque nous avons finalisé le montage, nous avons observé que le système oscillait, ce qui nous a permis de vérifier la présence de la non-linéarité attendue du relais. Grâce à l'oscilloscope mesurant la sortie Vθ, nous avons mesuré l'amplitude et la fréquence des oscillations du moteur (figure 4).

K1	Amplitude (v)	Fréquence (hz)	Pulsation (rad/s)
0.7	1.51	2.5	15.71
0.6	1.39	2.4	15.08
0.5	1.25	2.27	14.26
0.4	1.11	2.11	13.26
0.3	0.98	1.93	12.3

FIGURE 4 – *Relevé expérimental*

Nous pouvons constater des petites différences entre la théorie et la pratique (l'ordre de grandeur reste le même). Cela est certainement dû au fait que les paramètres de notre moteur sont un peu différents de ceux qui nous ont été fournis. En tout cas, dans les deux cas, lorsque K1 augmente nous pouvons constater une augmentation d'amplitude et de la pulsation, ce qui est cohérent.

Pour tracer le lieu critique avec nos valeurs expérimentales, nous avons réalisé le processus inverse que celui en théorie. Nous avons utilisé l'amplitude afin de connaître la valeur de la partie réelle du point critique en utilisant la formule suivante :

$$Z_{reel} = -\frac{\pi Xl}{4M} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{2Xl}\right)^2}$$

En faisant l'intersection graphique entre la partie réelle du point critique et la partie linéaire de notre système nous retrouvons un point se situant sur la droite non linéaire de notre système.

En répétant cette opération pour nos différentes valeurs de K1 et en reliant les différents points trouvés, nous pouvons ainsi identifier le point critique du relais (annexe 3).

4/ Amélioration des performances de l'asservissement.

- Linéarisation par balayage :

Dans un premier temps, nous avons réglé le GBF pour avoir une sortie sinusoïdale fréquence 50 Hz et d'amplitude 0.2 V. Le système étant en auto-oscillation, nous avons ajouté un signal d'erreur sur une autre entrée du relais.

Nous avons augmenté progressivement l'amplitude et nous avons observé que les auto-oscillations disparaissent au bout d'une amplitude de 4.1 pp.

Tout de même, pour une amplitude relativement importante, la perturbation va augmenter la fréquence du signal en sortie du relais.

Le système pouvant être considéré comme un passe-bas d'ordre 2 (moteur d'ordre 1 + intégrateur), la fréquence est filtrée et donc on obtient une tension quasi continue en sortie ce qui correspond à une position quasi stable du moteur.

En conclusion, on a réussi à linéariser le système et à supprimer les auto-oscillations en ajoutant une perturbation au système.

- Correction par boucle secondaire tachymétrique :

Dans cette partie, on va ajouter au système une boucle secondaire entre la sortie du moteur et l'entrée du système avec un gain k_2 .

Tout d'abord, lorsqu'on prends $k_2=0$, on retrouve une amplitude égale à 1.19 V.

On augmente k_2 progressivement, on remarque que la fréquence augmente et l'amplitude diminue. On veut chercher expérimentalement la valeur de k_2 pour que l'amplitude soit divisée par 2, on trouve $k_2 = 0.48$.

Pour pouvoir vérifier cela sur matlab, on calcul la fonction de transfert de la partie linéaire en boucle ouverte, on trouve :

$$Gbo(s) = \left(\frac{k_1.Km.Rr.Ps}{\Omega.s^2 + s} \right) * \left(\frac{Ps + k_2.\beta.s}{Ps} \right)$$

On obtient la fonction de transfert sur matlab et on trace le nyquist. (annexe 4)

On cherche graphiquement l'intersection du nyquist avec le point

$$-\frac{\pi h}{8M} = -0.05417 \text{ qu'on a trouvé précédemment.}$$

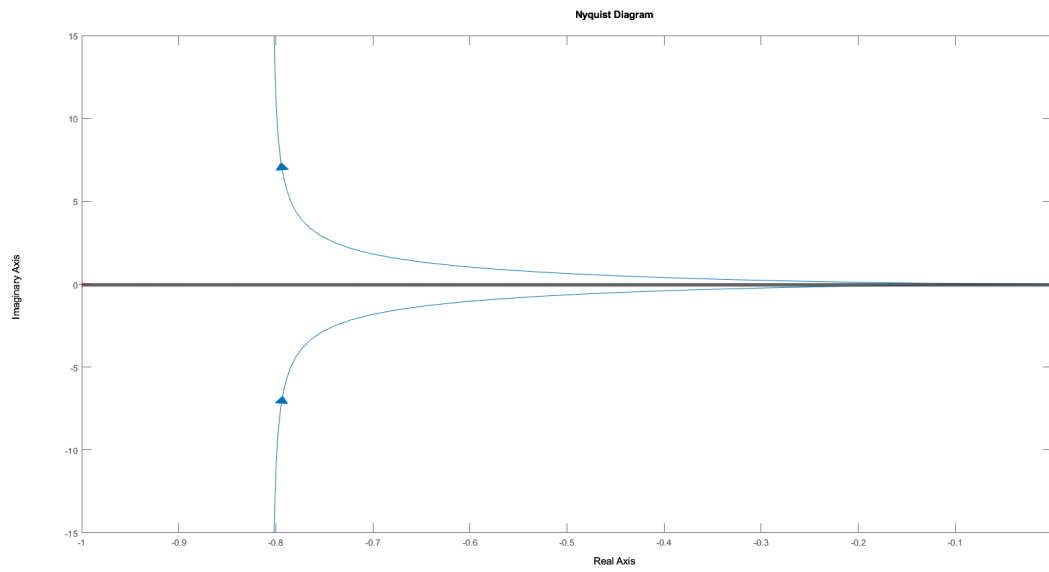
L'abscisse correspondant à ce point vaut -0.0604295 , d'où on peut remonter à l'amplitude des oscillations : $Xl = 0.61$.

$$\text{L'amplitude a donc bien été divisée par 2 : } \frac{1.19}{2} = Xl = 0.61$$

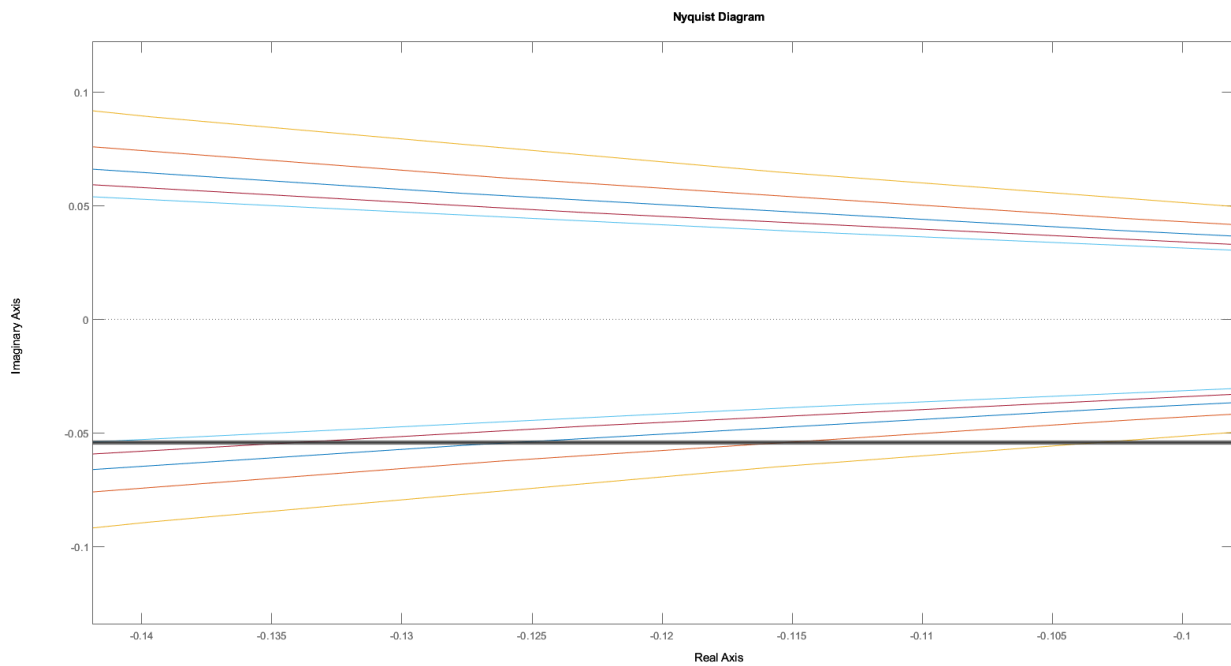
5/ Conclusion.

Lors de ce TP, on a pu appliquer plusieurs notions théoriques vues en cours d'ASNL au premier semestre, notamment la méthode d'analyse du premier harmonique sur un système non linéaire. Ce TP nous a permis de faire la comparaison entre les résultats théoriques et les résultats expérimentaux, notamment l'amplitude et la pulsation des auto-oscillations. Et ceci, à l'aide de la commande *nyquist* sur Matlab. On a découvert aussi des méthodes pour annuler l'effet de la non-linéarité, ainsi que l'influence d'un potentiomètre sur l'oscillation d'un système.

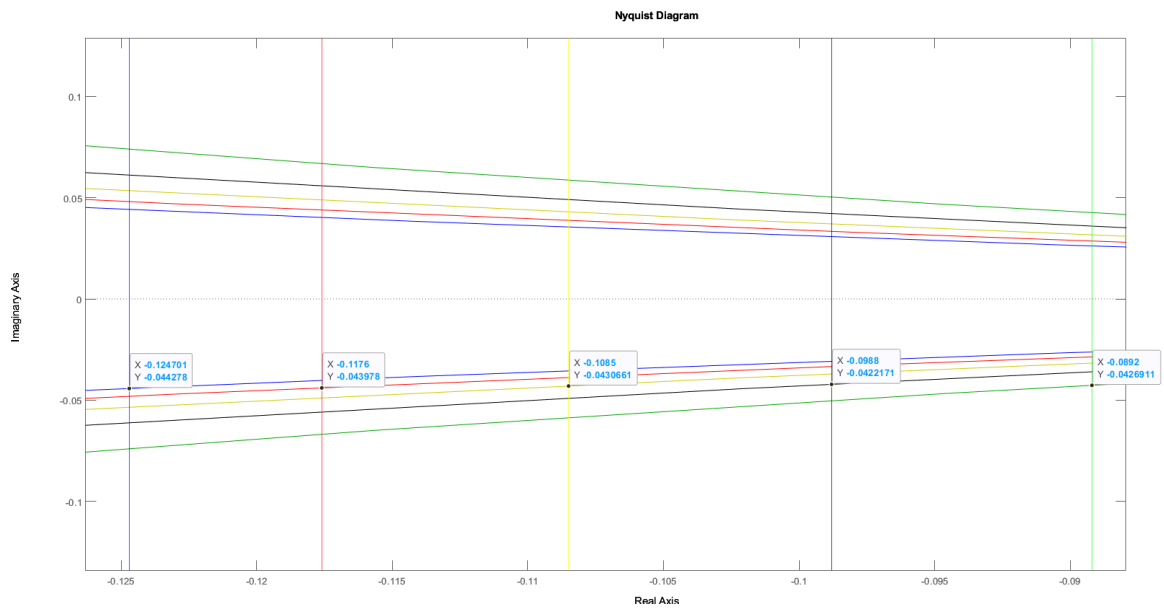
ANNEXES



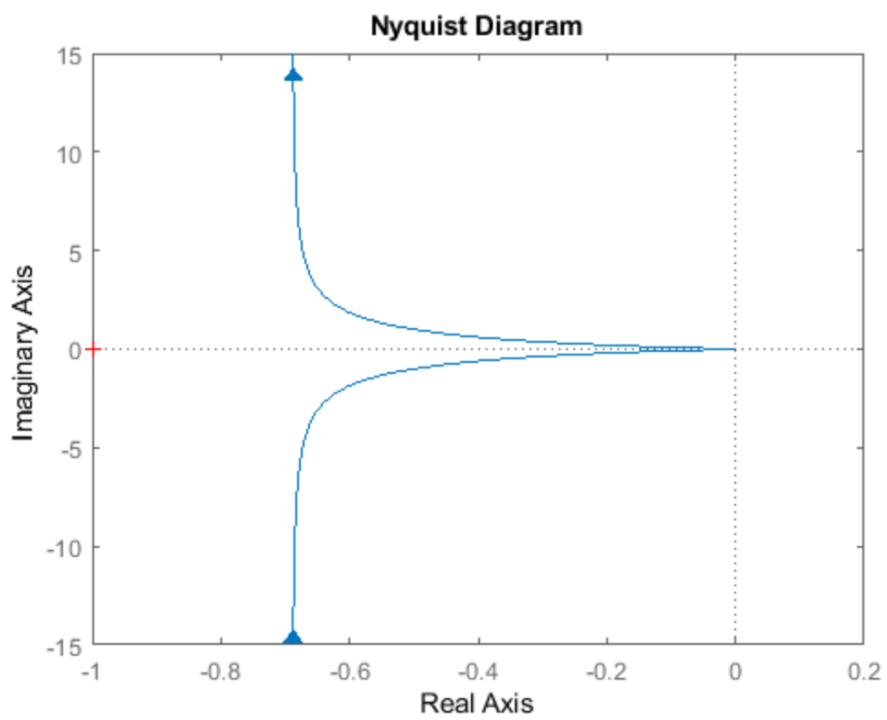
Annexe 1 – Plan de Nyquist $K1 = 0.5$



Annexe 2 – Identification des points critiques



Annexe 3 – Lieu critique du relais



Annexe 4 – Tracé nyquist avec boucle secondaire tachymétrique