

M3102 - AUTOMATIQUE

Travaux pratiques 2021 - 2022

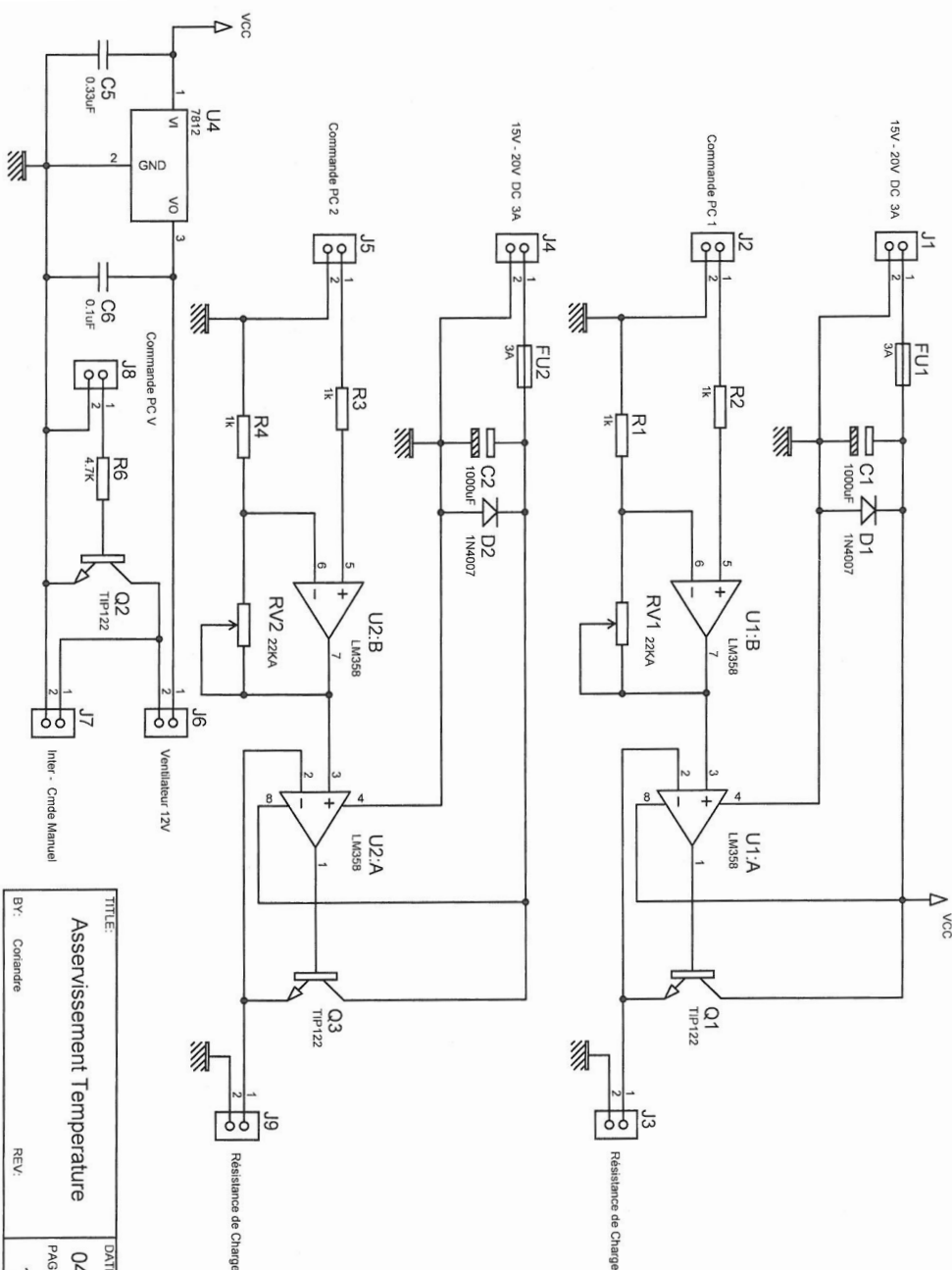


Table des matières

Introduction	3
I Asservissement de position angulaire	4
II Asservissement de vitesse	6
III Asservissement de position rectiligne	8
IV Asservissement de température Proportionnel et Intégral	10

INTRODUCTION

Chaque groupe TP est séparé en trois *équipes de travail*. Chaque équipe travaillera sur deux maquettes : une plaque chaude et une parmi les trois suivantes.

- Régulation de position angulaire (platines 5131 et 5120 de la salle de TP).
- Régulation de vitesse angulaire (platines 5130 et 5120 de la salle de TP).
- Asservissement de position rectiligne (maquette TERGAL).

Pour chacune des maquettes, des spécifications ou cahiers des charges sont proposés. Chaque équipe de travail aura en charge de réaliser un (ou plusieurs asservissement) réalisant le ou les cahiers des charges. Il y a en tout 5 séances de TP d'une durée de 3 heures chacune. Les 4 premières sont réservées au travail sur les maquettes.

La cinquième séance sera l'occasion d'une évaluation du travail fourni et des résultats obtenu. Chaque équipe devra présenter ce qui aura été accompli. Un rapport de TP sera aussi à rendre. Chacun est évalué sur le travail effectivement fourni.

TP I

ASSERVISSEMENT DE POSITION ANGULAIRE

Cette régulation sera réalisée en pratique avec les platines 5131 et 5120 de la salle de TP.

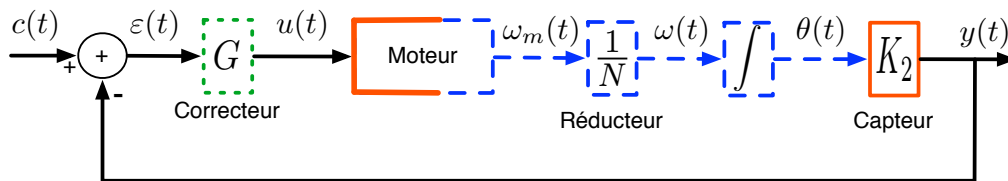


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement angulaire.

Liste des variables, exprimées dans le domaine de Laplace:

- tension en entrée du moteur : $u(t) \xrightarrow{TL} U(s)$;
- vitesse de rotation de l'axe du moteur : $\omega_m(t) \xrightarrow{TL} \Omega_m(s)$;
- vitesse de rotation après le réducteur : $\omega(t) \xrightarrow{TL} \Omega(s)$;
- position angulaire du disque : $\theta(t) \xrightarrow{TL} T(s)$;
- mesure de la position angulaire (sortie du système) : $y(t) \xrightarrow{TL} Y(s)$;
- signal de consigne : $c(t) \xrightarrow{TL} C(s)$;
- signal d'erreur : $\varepsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$.

Cahiers des charges

- Etablir un modèle de la dynamique de ce procédé.
- Utiliser un correcteur par action proportionnelle pour que le système bouclé présente un comportement dynamique équivalent à celui d'un deuxième ordre ayant pour coefficient d'amortissement $\zeta = 0.7$.
- Utiliser un correcteur par action proportionnelle pour que la marge de phase du système bouclé soit égale à 45° .
- Utiliser un correcteur à action proportionnelle pour que la réponse du système à un échelon de consigne présente une pseudo-période égale à une valeur que vous aurez préalablement choisie.
- Faire osciller le système bouclé entre les positions 90 et 180 degrés.
- (assez difficile). Réaliser une identification de la dynamique à l'aide d'une boucle fermée (utiliser un gain proportionnel).

Remarques

- Pensez à relier les masses des deux maquettes.

- Prenez bien soin d'alimenter le capteur de position **à la source de courant négatif**, en effet le capteur comprend un *inverseur* de courant, en faisant cela le signal de sortie sera positif.
- Attention, la manipulation des données oscilloscope peut prendre pas mal de temps.

TP II

ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Cette régulation sera réalisée en pratique avec les platines 5130 et 5120 de la salle de TP.

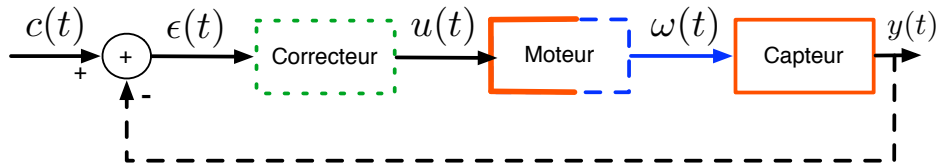


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement de vitesse.

Liste des variables :

- tension en entrée du moteur : $u(t) \xrightarrow{TL} U(s)$;
- vitesse de rotation de l'axe du moteur : $\omega(t) \xrightarrow{TL} \Omega(s)$;
- signal de sortie (vitesse de rotation de l'axe du moteur captée) : $y(t) \xrightarrow{TL} Y(s)$;
- signal de consigne : $c(t) \xrightarrow{TL} C(s)$;
- signal d'erreur : $\epsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$.

Cahiers des charges

- Etablir un modèle de la dynamique de ce procédé.
- Utiliser un correcteur par action proportionnelle pour que l'erreur à l'échelon du système bouclé soit égale à 20%.
- Utiliser un correcteur par action Intégrale (réglage 1) pour que le système en boucle fermée ait une pseudo-période égale au double de la constante de temps du système.
- Utiliser un correcteur par action Intégrale (réglage 2) pour que le système en boucle fermée présente un deuxième dépassement égal à 5%.
- (assez difficile). Utiliser un correcteur par action Proportionnelle et Intégrale pour réaliser les deux contraintes ci-dessous.
 - a. le système en boucle fermée a une pseudo-période égale au double de la constante de temps du système;
 - b. le système en boucle fermée présente un deuxième dépassement égal à 5%.

Indications : identifier le système en boucle fermée avec la fonction de transfert

$$\frac{\bar{K}\omega_0^2(\beta s + 1)}{s^2 + 2\alpha\omega_0 s + \omega_0^2}$$

La réponse de ce type de fonction de transfert est oscillante avec une pseudo-période de valeur $T_p = \frac{2\pi}{\omega_0\sqrt{1-\alpha^2}}$.

Exprimer T_i , un des gains du correcteur, en fonction des autres paramètres, T_p est fixé par le cahier des charges et G est le seul paramètre encore inconnu.

Ensuite à l'aide d'une simulation, en utilisant la formule de T_i et en faisant varier la valeur de G , obtenir un deuxième dépassement, D_2 égal à 5%.

Remarques

- Pensez à relier les masses des deux maquettes.
- Filtrer la sortie du système avec un filtre du premier ordre de constante de temps égale à environ 0.002s .

TP III

ASSERVISSEMENT DE POSITION RECTILIGNE

La mise en place de cette régulation sera réalisée en pratique sur une maquette pédagogique de table traçante TERGANNE.

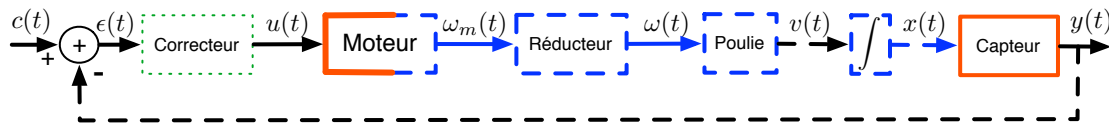


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement de position linéaire.

Liste des variables :

- tension en entrée du moteur : $u(t) \xrightarrow{TL} U(s)$;
- vitesse de rotation de l'axe du moteur : $\omega_m(t) \xrightarrow{TL} \Omega_m(s)$;
- vitesse de rotation après réduction : $\omega(t) \xrightarrow{TL} \Omega(s)$;
- vitesse linéaire après la poulie : $v(t) \xrightarrow{TL} V(s)$;
- position linéaire (sortie "physique" du système) : $x(t) \xrightarrow{TL} X(s)$;
- position linéaire captée (sortie du système) : $y(t) \xrightarrow{TL} Y(s)$;
- signal de consigne : $c(t) \xrightarrow{TL} C(s)$;
- signal d'erreur : $\epsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$.

Cahiers des charges

- Etablir un modèle de la dynamique de ce procédé.
- Utiliser un correcteur par action proportionnelle pour que le système en boucle fermée présente une erreur à la rampe de pente unité égale à 0.01.
- Utiliser un correcteur par avance de phase pour que marge de phase du système bouclé soit égale à 55° .

Remarque

- Le capteur de vitesse de la maquette **ne fonctionne pas**.
- Vérifier que la masse sur le côté de la maquette est bien connectée.
- Le gain proportionnel de la maquette est en deux parties : un multiplicateur (10 ou 100) suivi d'un gain réglable (entre 0 et 1). Commencer par fixer le multiplicateur à la valeur 10.
- Dans la maquette, le correcteur par avance de phase est implémenté sous la forme d'un circuit passif schématisé à la Figure 2 ci-dessous. La fonction de transfert correspondant à ce circuit est :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1}{a} \left(\frac{1 + a.T.s}{1 + T.s} \right)$$

où $a = \frac{R_1+R_2}{R_2}$ et $T = \frac{R_2 R_1 C_1}{R_1+R_2}$.

La valeur de C_1 sera fixée, il faudra déterminer les valeurs de R_1 , R_2 à partir des valeurs de C_1 , a et T .

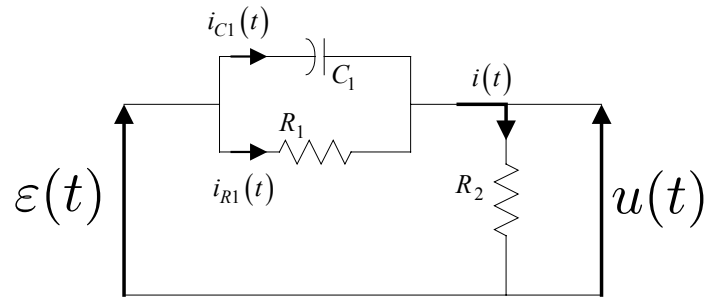


FIG. 2 –

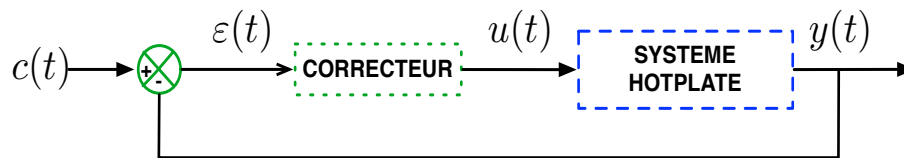
- Attention au piège ! Le circuit passif apporte un gain de $\frac{1}{a}$ qu'il faudra compenser.

TP IV

ASSERVISSEMENT DE TEMPÉRATURE PROPORTIONNEL ET INTÉGRAL

Cette régulation sera réalisée en pratique à l'aide d'une maquette de régulation de température *faite maison*. Le mode d'emploi est disponible sur moodle. **Ne lisez que les 4 premières sections pour commencer.**

La boucle de régulation de ce TP se présente de manière assez simple, comme schématisé dans la figure ci-dessous.



Liste des variables :

- signal d'entrée du procédé (sans dimension) : $u(t) \xrightarrow{TL} U(s)$;
- mesure de la température (sortie du système) : $y(t) \xrightarrow{TL} Y(s)$;
- signal de consigne : $c(t) \xrightarrow{TL} C(s)$;
- signal d'erreur : $\varepsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$.

Cahiers des charges

- Etablir un modèle de la dynamique de ce procédé : identification par la méthode de Broïda.
- Etablir un modèle de la dynamique de ce procédé : identification par la méthode de Strejc.
- En simulation, tester différents réglages pour une régulation PID et choisir la meilleure (réglage par essai-erreur, réglage automatique de Matlab, méthode de la réglabilité)
- Réaliser une régulation de la maquette en utilisant le réglage sélectionné.

Remarques

- Le procédé étant lent (le temps de montée est de 20 minutes), les réglages seront d'abord effectués en simulation sur un modèle du procédé, puis appliqués au système réel.
- Comme nous ne pouvons pas espérer contrôler le système autour de la température ambiante, nous allons nous placer **autour d'un point de fonctionnement**. Il s'agit d'un couple (u, y) où u est une valeur de contrôle constante, et y la température à laquelle le système se stabilise lorsqu'on lui applique une commande égale à u .

Pour ce faire, nous allons appliquer au système un échelon d'amplitude $u^* = 127$ (on se place au milieu de la plage de contrôle) et le laisser se stabiliser. Le couple formé par l'amplitude du contrôle et la température à laquelle le système sera stabilisé constituera le point de fonctionnement. Par exemple, dans Figure 1, le point de fonctionnement est environ $(127, 56)$.

Dans un second temps, un second échelon permettra l'identification du système *autour du point de fonctionnement*. Ceci signifie que l'on considérera, pour identifier le système, *les variations* du contrôle et de la sortie par rapport au *point de fonctionnement*.

La figure 1 présente un exemple d'une expérience de ce type ainsi que la réponse associée.

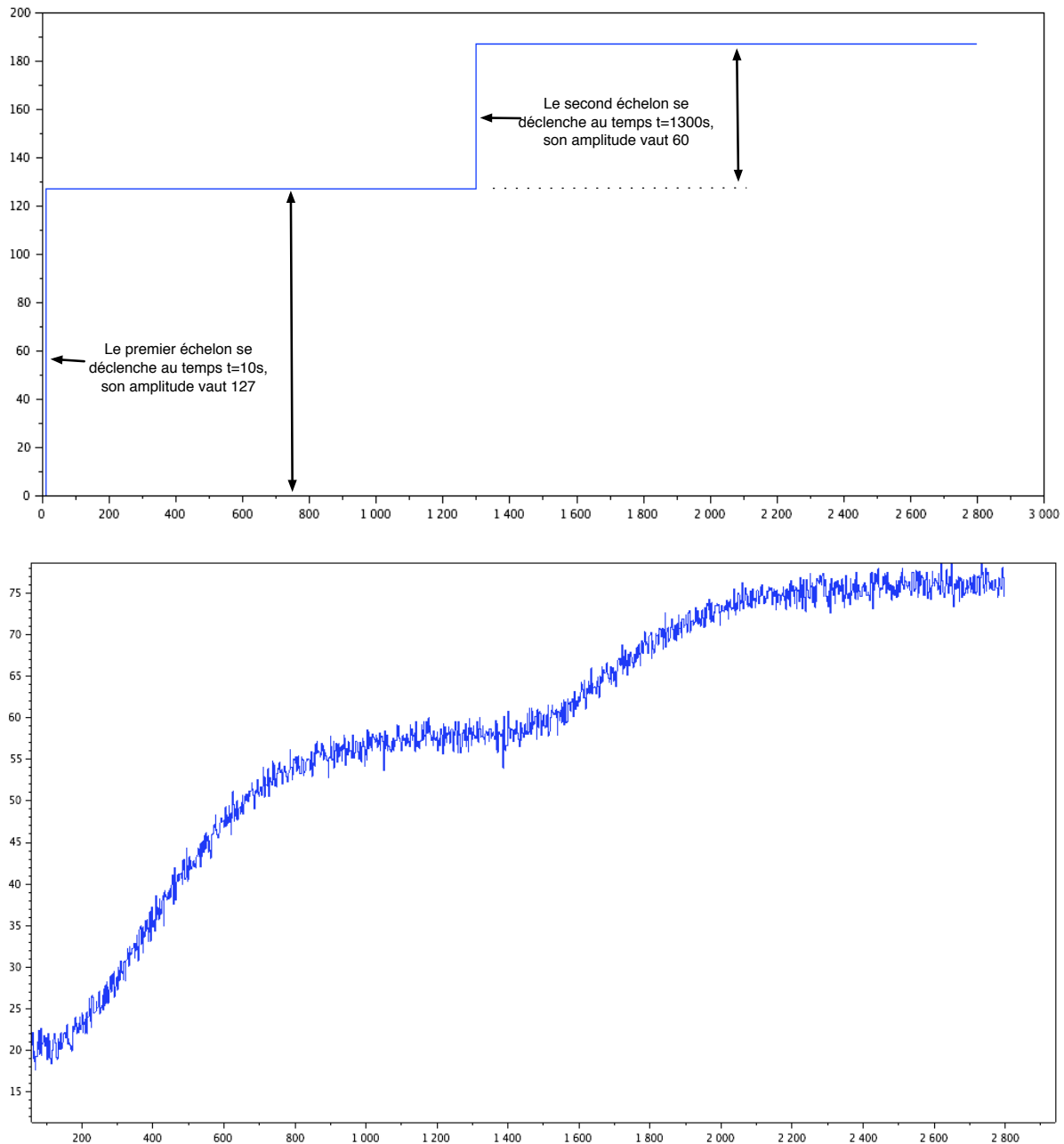


FIG. 1 – La température initiale est égale à 20° (N'hésitez pas à utiliser ce graphe pour vous entraîner).