

# M3102 - AUTOMATIQUE

## Manuel de travaux pratiques

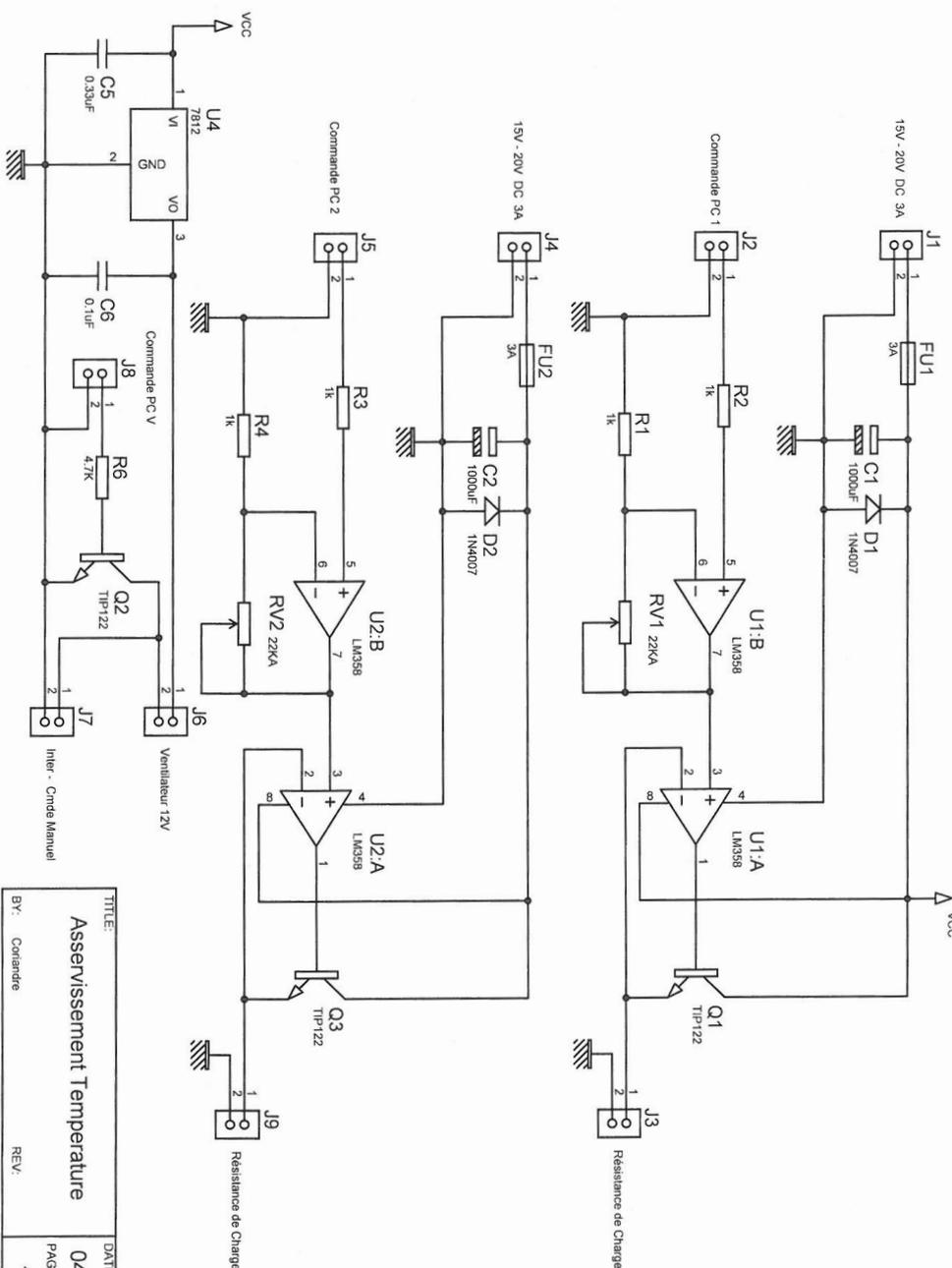
2015-2016

Enseignants

Nicolas Boizot

Eric Busvelle

Francesca Chittaro



TITLE:	Asservissement Temperature	DATE:	04/02/12
BY:	Colandre	PAGE:	1/1
REV:			

# Table des matières

Introduction	3
I Asservissement de position angulaire	4
1 Préparation	4
2 Manipulation.	6
II Asservissement de vitesse	7
1 Préparation	7
2 Manipulation.	8
III Asservissement de position rectiligne	10
1 Préparation	10
2 Manipulation.	13
IV Asservissement de température Proportionnel et Intégral	14
1 Préparation	14
2 Manipulation.	15
V Asservissement Proportionnel, Intégral et dérivé d'une Plaque chauffante	18
1 Préparation	18
2 Manipulation.	19
ANNEXES	21

---

---

# INTRODUCTION

## Principe

Chaque sujet de TP se présente en deux parties : une partie préparation et une partie manipulation. La préparation est à faire **avant le TP**. Bien faite, elle vous facilitera grandement le travail le jour du TP.

Les questions de la partie préparation sont notées Px où x est le numéro de la question. Les questions de la partie manipulation sont notées Qx où x est le numéro de la question.

Chaque TP fera l'objet d'un rapport qui sera à rendre la semaine suivante.

## Consignes pour le rapport de TP

Il s'agit d'un rapport portant sur le travail effectué en salle de TP.

**Ce qu'il faut faire :** Ecrire un texte structuré qui répond aux questions de la partie manipulation. Les TPs suivent tous la même structure : description succincte du système que l'on cherche à contrôler, choix d'un modèle, identification de ses paramètres, mise au point d'un correcteur, présentation des résultats. C'est lors de ces deux dernières étapes que les calculs de la partie préparation entrent en compte. Votre rapport pourra aussi comprendre vos commentaires ou conclusions si vous voulez en formuler.

**Ce qu'il ne faut pas faire :** Il ne faut surtout pas faire une liste des questions de la partie préparation suivies de leurs réponses. Les questions de préparation sont là pour vous permettre de faire le TP dans les temps.

## Règles du jeu

### Règle des 3 zéros

- Si vous vous présentez en TP sans préparation, vous avez zéro au TP.

Il s'agit d'une règle assez stricte, et chaque binôme est invité à bien s'organiser pour éviter toute situation délicate du style : *“mon binôme détient la préparation et il est tombé malade du jour au lendemain”*, *“j'ai fait la préparation, mais je l'ai oubliée”*, *“la maison a brûlé”*, etc.

Même sans préparation, vous pourrez toujours essayer de faire le TP mais *pour le sport*.

- Pour chaque TP, vous aurez une semaine pour rendre le rapport (détails déterminés en TP avec votre enseignant). Si vous ne rendez pas dans les temps, vous avez zéro au TP.
- Si 3 de vos TPs sont notés 0, votre note de TP d'automatique sera de 0.

### Règle de calcul de la note de TP d'automatique

C'est la moyenne des 4 meilleures notes parmi les 5.

### Règle du TP bien fait

Si vous terminez votre TP en avance, vous êtes libre de partir.

### Rappel

Scilab 5.4.1 est installé en salle de TP (trouvable au magasin ou sur le site [www.scilab.org](http://www.scilab.org), section *downloads*). Si vous utilisez toute autre version, ce sera en connaissance de cause.

---

---

# TP I

---

---

## ASSERVISSEMENT DE POSITION ANGULAIRE

Le but de ce TP est l'étude et la mise au point d'une régulation de position angulaire à l'aide d'un correcteur à action proportionnelle. Cette régulation sera réalisée en pratique avec les platines 5131 et 5120 de la salle de TP (voir documentation en annexe).

### 1 Préparation

#### 1.1 Etude, modélisation et identification du système

La boucle de contrôle en position angulaire est modélisée par le schéma fonctionnel donné en figure 1.

Le système que l'on veut contrôler est composé d'un moteur à courant continu dont l'axe de rotation est rattaché à un disque par le biais d'un réducteur, le signal de sortie est donné par un capteur de position angulaire. Le contrôleur est une action proportionnelle, un gain réglable joue ce rôle.

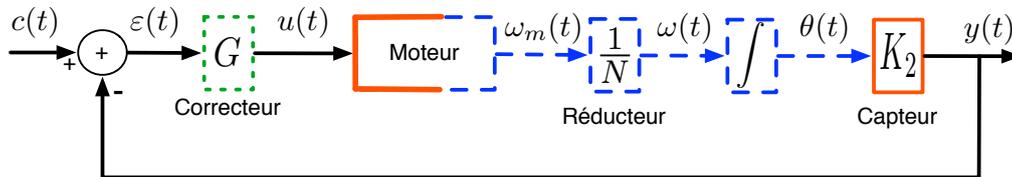


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement angulaire.

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 :  $\varepsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$ .

#### Modélisation.

- P1 - Proposer des unités cohérentes pour chacune de ces 7 variables.
- P2 - On suppose que le moteur se comporte comme un système du premier ordre de gain statique  $K_m$  et de constante de temps  $\tau_m$ . Quelle est la fonction de transfert  $\frac{\Omega_m(s)}{U(s)}$  ?
- P3 - Comme indiqué dans la figure 1, le réducteur et le capteur sont tous deux modélisés comme des gains (positifs). Ainsi, la fonction de transfert entrée-sortie du système que l'on veut contrôler est de la forme :

$$F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{(1 + \tau s)s}$$

Exprimer  $K$  et  $\tau$  en fonction de  $K_m$ ,  $\tau_m$ ,  $\frac{1}{N}$  et  $K_2$ .

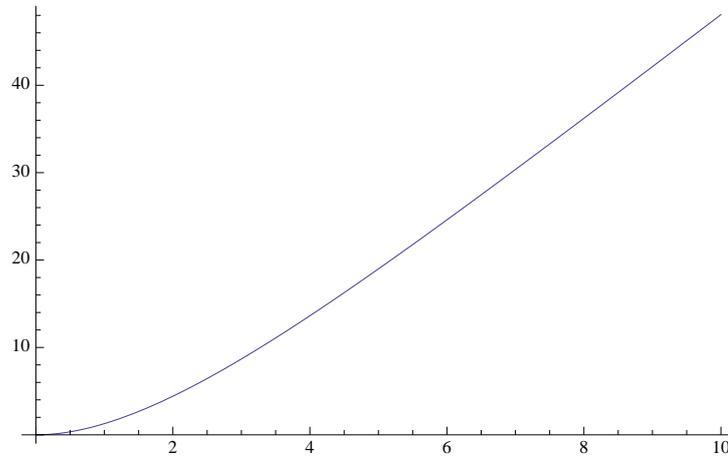
### Identification.

On veut à présent procéder à une identification des paramètres du modèle. C'est à dire que l'on veut déterminer les valeurs de  $K$  et  $\tau$  à partir d'une expérience (la situation est la même qu'au TP 3).

- **Méthode 1.** La réponse de  $F(s)$  à un échelon d'entrée d'amplitude  $\mathcal{A}$  est:

$$TL^{-1} \left[ F(s) \frac{\mathcal{A}}{s} \right] = \mathcal{A}K(t - \tau + \tau e^{-t/\tau}) \quad (\diamond)$$

Un exemple de réponse à un échelon d'amplitude 3 est montrée à la figure ci-dessous:



P4 - En étudiant l'expression mathématique de la réponse ( $\diamond$ ) ci-dessus, proposer une méthode pour identifier les paramètres  $K$  et  $\tau$  à partir du tracé.

P5 - Identifier les paramètres  $K$  et  $\tau$  du système qui a servi pour le tracé.

- **Méthode 2.** Cette seconde méthode d'identification est réalisée en boucle fermée avec un contrôleur à action proportionnelle de gain  $G$ .

P6 - Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $\frac{Y(s)}{C(s)}$ , ce qui devrait donner un système du deuxième ordre.

P7 - Par identification avec la forme canonique d'un deuxième ordre, déterminer l'expression du gain  $G$ , notée  $G_{crit}$ , qui force le système bouclé en régime apériodique critique – c'est-à-dire que l'on force  $\alpha = 1$ .

P8 - Dans ce mode, la réponse présente un point d'inflexion. On a indiqué dans le cours, le temps de ce point d'inflexion. Une fois relevé, ce temps permet de déduire la valeur d'un des paramètres du système. De quel paramètre s'agit-il et comment le calculer?

P9 - Comment trouver la valeur du second paramètre?

- P10 - A partir des informations ci-dessus, proposer une manipulation permettant de réaliser une identification en boucle fermée.

## 1.2 Correction par une action proportionnelle

On veut maintenant étudier les réglages répondant à 2 cahiers des charges distincts.

- P11 - Déterminer l'expression du gain  $G$  permettant d'obtenir une marge de phase de  $45^\circ$ , on l'appellera  $G_{45}$ .

- P12 - Déterminer l'expression du gain  $G$  permettant d'obtenir un coefficient d'amortissement du système en boucle fermée égal à 0.7. On l'appellera  $G_5$ .
- P13 - **Facultatif.** Vérifier que les résultats sont corrects à l'aide d'une simulation – *prendre par exemple  $K = 1$  et  $\tau = 1$ .*

## 2 Manipulation.

### 2.1 Identification de la maquette

Les platines qui constituent la maquette (5131 et 5120) et la façon de les câbler sont présentées en annexe :

- 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;
- le GBF sera utilisé pour fournir le signal d'entrée (signal carré);
- un oscilloscope servira à visualiser les différents signaux utiles;
- prenez garde aux signes des signaux, les platines sont truffées d'inverseurs !!

Q1 - Identifier les paramètres du moteur en utilisant la **méthode 1** de la préparation, puis avec la *méthode de Broïda pour un système intégrateur* présentée dans le cours.

Q2 - Si le temps le permet, essayer la **méthode 2** de la partie préparation. Les paramètres sont-ils différents? Comment rendre votre identification plus fiable?

### 2.2 Asservissement proportionnel

Q3 - Calculer  $G_{45}$  et  $G_5$  en utilisant les formules trouvées lors de la préparation et les valeurs des paramètres trouvées lors de l'identification ci-dessus.

Q4 - Appliquer le réglage qui vous paraît raisonnable (attention aux saturations).

Q5 - Faire osciller le cadran entre 45 et 180 degrés.

---

---

# TP II

---

---

## ASSERVISSEMENT DE VITESSE

Le but de ce TP est l'étude et la mise en place d'une régulation de vitesse angulaire. Les corrections à action proportionnelle, intégrale et proportionnelle-intégrale seront successivement utilisées. Cette régulation sera réalisée en pratique avec les platines 5130 et 5120 de la salle de TP (voir documentation en annexe).

### 1 Préparation

#### 1.1 Modélisation et étude de la réponse temporelle

La boucle de contrôle en vitesse est modélisée par le schéma fonctionnel donné en figure 1.

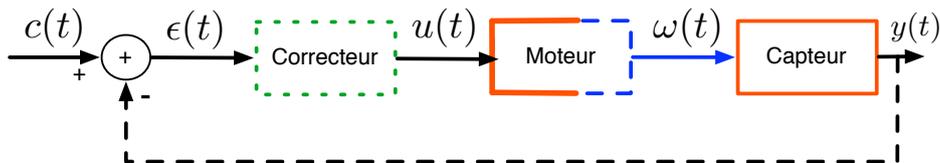


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement de vitesse.

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 :  $\epsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$ .

On modélise le moteur à courant continu par un premier ordre de gain statique  $K_m$  et de constante de temps  $\tau_m$ .

#### Modélisation.

- P1 - Quelle est la fonction de transfert du moteur  $\frac{\Omega(s)}{U(s)}$  ?
- P2 - Proposer des unités cohérentes pour chacune des 5 variables ci-dessus, ainsi que pour les paramètres  $K_m$  et  $\tau_m$ .
- P3 - Le capteur est modélisé par un gain noté  $K_2$ . Ainsi, la fonction de transfert entrée-sortie du système que l'on veut réguler est  $F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1+\tau s}$ .  
Exprimer  $\tau$  et  $K$  en fonction de  $\tau_m$ ,  $K_m$  et  $K_2$ .

#### Régulation.

- I - Dans un premier temps, le régulateur consiste en une action proportionnelle notée  $G$ .
  - (a) Donner les fonctions de transfert du système en boucle ouverte et en boucle fermée.
- P4 - Déterminer l'erreur statique de la boucle fermée pour un échelon d'entrée d'amplitude 1.

- P5 - Déterminer l'expression de  $G$  pour que l'erreur à l'échelon soit de 20%.
- P6 - Tracer la réponse de la boucle fermée à un échelon de consigne d'amplitude 1. Prendre  $K = 1$  et  $\tau = 1$ .
- P7 - Comment réagit le système bouclé lorsque le paramètre  $G$  change?
- P7bis - **Facultatif.** A l'aide d'une simulation, observer comment le système bouclé réagit lorsque le signal de contrôle  $u(t)$  est saturé entre les valeurs 0 et 10V.
- II - Le correcteur est maintenant à *action intégrale* et sa fonction de transfert est  $\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1}{T_i s}$ .
- P8 - Déterminer les fonctions de transfert en boucle ouverte et boucle fermée.
- P9 - Calculer l'erreur statique à un échelon d'amplitude 1.
- P10 - Déterminer l'expression du temps d'intégration  $T_i$  de sorte à ce que la réponse à un échelon de consigne ait une pseudo-période  $T_p = 2\tau$ .
- P11 - Déterminer la valeur du temps d'intégration  $T_i$  afin que la réponse à un échelon de consigne ait son dépassement  $D_2$  égal à 5%.
- III - Enfin, le correcteur est maintenant à *action proportionnelle et intégrale* (PI) et sa fonction de transfert est  $\frac{U(s)}{E(s)} = G + \frac{1}{T_i s}$ . Le cahier des charges est :
- la pseudo-période est égale à  $2\tau$ ;
  - le second dépassement vaut 5%.
- P12 - Déterminer les fonctions de transfert en boucle ouverte et boucle fermée.
- P13 - Déterminer l'erreur statique à un échelon d'amplitude 1.
- P14 - Identifier la fonction de transfert en boucle fermée avec la forme
- $$\frac{\bar{K}\omega_0^2(\beta s + 1)}{s^2 + 2\alpha\omega_0 s + \omega_0^2}$$
- Quelles sont les expressions de  $\bar{K}$ ,  $\alpha$ ,  $\omega_0$  et  $\beta$ ?
- P15 - 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  $T_i$  en fonction des autres paramètres (rappel  $T_p$  est fixé par le cahier des charges,  $G$  est le seul paramètre encore inconnu).
- P16 - Ensuite à l'aide d'une simulation, en utilisant la formule de  $T_i$  trouvée en (P15), et en faisant varier la valeur de  $G$ , obtenir un deuxième dépassement,  $D_2$  égal à 5%.

## 2 Manipulation.

### 2.1 Identification de la maquette

Les platines qui constituent la maquette (5130 et 5120), ainsi que la façon de les câbler sont présentées en annexe :

- le GBF sera utilisé pour fournir le signal d'entrée;
- un oscilloscope servira à visualiser les différents signaux utiles.

- Q1 - Identifier les paramètres  $K$  et  $\tau$  du moteur par une méthode **simple** vue en cours. En particulier, les deux paramètres seront identifiés lorsque le moteur est "à vide" (notés  $\tau$ , et  $K$ ) ou "en charge" (notés  $\tau_c$ , et  $K_c$ ).
- Q2 - Filtrer le signal de sortie du moteur en utilisant un système du premier ordre disponible dans la partie basse de la platine PID, ou 5120, (une constante de temps de 0.02s paraît bien). Identifier à nouveau l'ensemble moteur+filtre comme s'il s'agissait d'un premier ordre. Les paramètres ont-ils beaucoup changés?

Dans la suite du TP, le filtre sera conservé et le système sera assimilé à un premier ordre dont les paramètres sont ceux trouvés à la question précédente.

## 2.2 Asservissement proportionnel et proportionnel-intégral

- Q3 - **Correcteur proportionnel** : calculer la valeur du gain de l'action proportionnelle  $G$  pour avoir une erreur statique à l'échelon égale à 20 %.  
Tracer les diagrammes de Bode et Black correspondants.  
Appliquer le réglage à la maquette.
- Q4 - **Correcteur intégral** : On considère maintenant un correcteur intégral :  $\frac{1}{T_i s}$ . A partir des formules trouvées lors de la préparation calculer :
- (a) la valeur du temps d'intégration  $T_i$  de sorte à ce que la réponse à un échelon de consigne ait une pseudo-période  $T_p = 2\tau$ .  
Tracer les diagrammes de Bode et Black correspondants.  
Appliquer le réglage à la maquette.
  - (b) la valeur du temps d'intégration  $T_i$  de sorte à ce que la réponse à un échelon de consigne ait un second dépassement  $D_2 = 5\%$ .  
Tracer les diagrammes de Bode et Black correspondants.  
Appliquer le réglage à la maquette.
- Q5 - On considère maintenant une correction PI :  $G \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$ . A partir des formules trouvées lors de la préparation calculer les valeurs du gain  $G$  et du temps d'intégration  $T_i$  qui permettent d'obtenir une réponse à un échelon de consigne de pseudo-période  $T_p = 2\tau$ , et dont le second dépassement  $D_2 = 5\%$ . Il faut, bien sûr, utiliser la méthode expliquée dans la préparation.  
Tracer les diagrammes de Bode et Black correspondants.  
Appliquer le réglage à la maquette.

**Important** : lorsque vous réglez les amplificateurs de la maquette, il se peut qu'ils soient biaisés. En effet, la maquette a quelque heures de vol à son actif et les potentiomètres peuvent être légèrement décalés par rapport aux marquages.

---

---

# TP III

---

---

## ASSERVISSEMENT DE POSITION RECTILIGNE

Le but de cette manipulation est l'étude d'un asservissement de position rectiligne qui correspond à une maquette pédagogique de table traçante.

La mise en place de cet asservissement se fera en deux temps : réglage d'une correction par action proportionnelle, puis ajout d'un correcteur par avance de phase. Ce dernier correcteur n'est pas systématiquement vu en cours. Il est donc très important de bien préparer ce TP, en particulier la partie 1.2.

### 1 Préparation

#### 1.1 Etude et identification du système

La boucle de contrôle en position rectiligne est modélisée par le schéma fonctionnel donné en figure 1. Le système que l'on veut contrôler est composé d'un moteur à courant continu, un réducteur, une poulie de transmission, un système de mesure de la position.

**Important :** le capteur de vitesse de la maquette ne marche pas, seule une mesure de position est disponible.

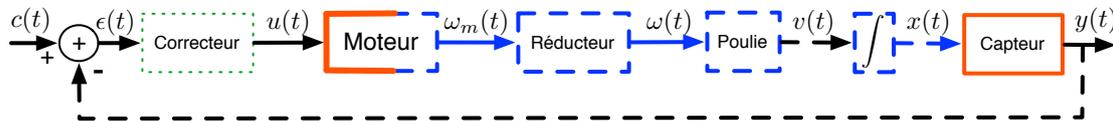


FIG. 1 – Schéma bloc du système d'asservissement de position linéaire.

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 :  $\epsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$ .

On suppose que le moteur à courant continu se comporte comme un premier ordre, de gain statique  $K_m$  et de constante de temps  $\tau_m$ . La réduction, l'action de la poulie et le capteur de position sont modélisés par des gains multiplicatifs notés  $\frac{1}{N}$ ,  $\rho$  et  $\beta$ , respectivement.

**Modélisation.**

P1 - Proposer des unités cohérentes pour chacune des 8 variables.

P2 - Quelle est l'expression de la fonction de transfert du moteur  $\frac{\Omega_m(s)}{U(s)}$  ?.

P3 - La fonction de transfert entrée-sortie de la partie opérative est de la forme  $F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{(1+\tau s)}$ . Exprimer  $K$  et  $\tau$  en fonction de  $\frac{1}{N}$ ,  $\rho$ ,  $\beta$ ,  $K_m$  et  $\tau_m$ .

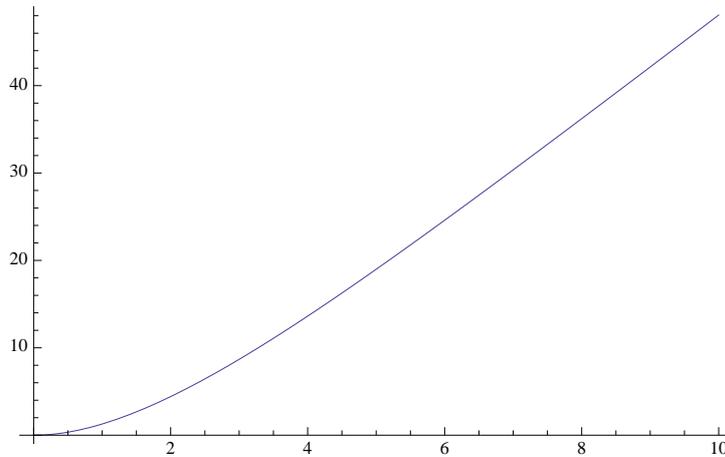
**Identification.**

On veut à présent procéder à une identification des paramètres du modèle. C'est à dire que l'on veut déterminer les valeurs de  $K$  et  $\tau$  à partir d'une expérience (la situation est la même qu'au TP 1).

La réponse de  $F(s)$  à un échelon d'entrée d'amplitude  $\mathcal{A}$  est:

$$TL^{-1} \left[ F(s) \frac{\mathcal{A}}{s} \right] = \mathcal{A}K(t - \tau + \tau e^{-t/\tau}) \quad (\diamond)$$

Un exemple de réponse à un échelon d'amplitude 3 est montrée à la figure ci-dessous:



P4 - En étudiant l'expression mathématique de la réponse  $(\diamond)$  ci-dessus, proposer une méthode pour identifier les paramètres  $K$  et  $\tau$  à partir du tracé.

P5 - Identifier les paramètres  $K$  et  $\tau$  du système qui a servi au tracé.

**1.2 Définition d'un correcteur par avance de phase.**

Un correcteur par avance de phase à une fonction de transfert de la forme :

$$R(s) = G \frac{1 + a.T.s}{1 + T.s}$$

Il est réglé en deux temps :

- on règle d'abord le gain  $G$  pour répondre à une exigence du cahier des charges en termes de précision;
- on règle les paramètres  $a$  et  $T$  afin que la marge de phase du système bouclé atteigne une valeur demandée au cahier des charges –valeur généralement située entre  $45^\circ$  et  $55^\circ$ .

**1.2.1 Etape 1 : réglage du gain  $K$**

**Questions de régulation élémentaire.**

P6 - On considère dans un premier temps que le régulateur est une action proportionnelle modélisée par le produit  $G = G_1.G_2$  (pour bien modéliser le câblage de la maquette). Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte, puis celle en boucle fermée.

P7 - Le gain  $G_1$  est fixé à la valeur 10. Déterminer l'expression de  $G_2$  de sorte à ce que l'erreur à une rampe de pente unité soit égale à 0.05.

### 1.2.2 Etape 2 : réglage des paramètres $a$ et $T$ .

Il s'agit maintenant de calculer les valeurs de  $a$  et  $T$  de sorte à ce que la marge de phase soit égale à  $55^\circ$ .

#### Questions de régulation avancée.

P8 - Tracer le diagramme de Black lorsque  $R(s) = G$  en utilisant comme valeur la réponse à la question (3.b).

*Données numériques :  $K = 10$  et  $\tau = 0.1$ .*

*Remarque : une commande Scilab permet de le faire assez facilement. Exécuter la commande :*

*» help black*

*dans la console, et adapter le premier exemple donné.*

P9 - Calculer la marge de phase (notée  $M_\varphi$ ) correspondante – il est aussi possible de récupérer cette valeur directement sur le diagramme de Black.

P10 - Calculer  $\omega_{0dB}$  à partir de l'équation  $|Tbo(j\omega_{0dB})| = 1$ , où  $Tbo$  indique la fonction de transfert en boucle ouverte – il est aussi possible de récupérer cette valeur directement sur un diagramme de Bode.

*Remarque : une commande Scilab permet de le faire assez facilement. Exécuter la commande*

*» help bode*

*dans la console, et adapter le premier exemple donné.*

P11 - Calculer  $\varphi_{max} = 55 - M_\varphi + 5$ .

P12 - Calculer

$$a = \frac{1 + \sin(\varphi_{max})}{1 - \sin(\varphi_{max})} \quad \text{et} \quad T = \frac{1}{\sqrt{a}\omega_{0dB}}.$$

*Rappel :  $\varphi_{max}$  doit-être exprimé en radians !*

P13 - Prendre  $R(s) = G \frac{1+a.T.s}{1+T.s}$  et tracer le diagramme de Black du système asservi. En principe la marge de phase doit-être aux alentours de  $55^\circ$ .

P14 - Si ce n'est pas le cas: reprendre le point (P10) en prenant  $R(s) = G \frac{1+a.T.s}{1+T.s}$  au lieu de  $R(s) = K$ . Déterminer la nouvelle valeur de  $\omega_{0dB}$  et recalculer  $T$  à partir de là. Si cela ne marche toujours pas, on rajoute 5 à la valeur de  $\varphi_{max}$ , et on reprend au point (P11).

P15 - **Facultatif.** Réaliser une simulation du système bouclé lorsque  $R(s) = G$ , puis lorsque  $R(s) = G \frac{1+a.T.s}{1+T.s}$ .

### 1.3 Avance de phase : circuit

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

L'objectif est maintenant de savoir fixer les valeurs de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $C_1$  lorsque l'on connaît les valeurs de  $a$  et  $T$ .

P16 - Supposons la valeur  $C_1$  fixée. En partant des formules données ci-dessus, trouver les formules qui permettent de calculer  $R_1$  et  $R_2$  en fonction de  $a$ ,  $T$  et  $C_1$ .

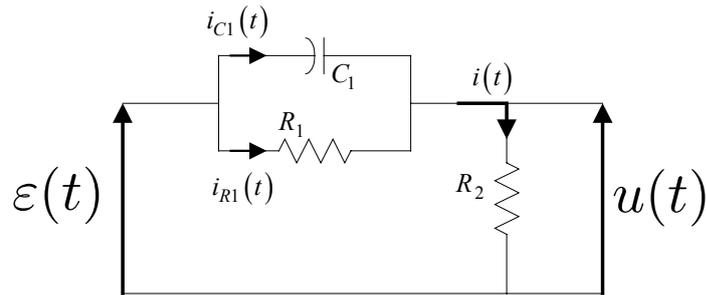


FIG. 2 –

## 2 Manipulation.

### 2.1 Identification de la maquette

Un schéma d'aide au câblage de la maquette est fourni en annexe :

- un GBF sera utilisé pour fournir le signal d'entrée;
- un oscilloscope servira à visualiser les différents signaux utiles.

Q1 - Identifier les paramètres du moteur en utilisant la méthode proposée dans la préparation.

### 2.2 Asservissement par correcteur à avance de phase

Tout d'abord, on ne considère que la partie proportionnelle. On fixe (donc on câble) le coefficient  $G_1$  à la valeur 10. Le gain  $G = G_1.G_2$  utilisé dans la préparation devient donc  $10G_2$ .

Q2 - Calculer le gain de l'action proportionnelle  $G_2$  pour avoir une erreur statique à une rampe de pente 1 égale à 0.01.

Q3 - Tracer les diagrammes de Bode et Black et déterminer la marge de phase.

Q4 - On veut maintenant regagner de la phase en utilisant un régulateur à avance de phase. Le circuit de la maquette est celui décrit dans la partie préparation. Nous voulons obtenir une marge de phase théorique de  $55^\circ$ .

i - Quel est l'apport de phase nécessaire – c-à-d. combien vaut le paramètre  $\varphi_{max}$  défini dans la préparation ?

ii - Quelles sont les valeurs de  $a$  et  $T$  correspondantes ?

iii - Quelles valeurs donner à  $R_1$ ,  $R_2$  et  $C_1$  ?

Q5 - Appliquer les résultats à la maquette. Attention au piège ! Le circuit passif apporte un gain de  $\frac{1}{a}$ . Il faudra changer la valeur de  $G_2$  de sorte à compenser ce gain.

---

---

# TP IV

---

---

## ASSERVISSEMENT DE TEMPÉRATURE PROPORTIONNEL ET INTÉGRAL

### 1 Préparation

#### 1.1 Présentation de la manipulation

Il s'agit d'une plaque métallique, chauffée par une résistance chauffante positionnée à une de ses extrémités.

La tension  $u(t)$  appliquée à la résistance constitue la commande du procédé. La commande de cette tension est envoyée depuis le PC par l'intermédiaire d'un CNA. Elle est codée entre 0 et 255 dans le PC.

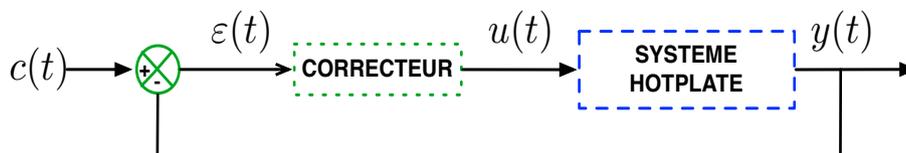
Un capteur de température numérique est positionné à l'autre extrémité de la plaque. La température mesurée  $y(t)$  est envoyée au PC. Elle constitue la sortie du procédé. Dans le PC,  $y(t)$  est codée en degrés Celcius.

Le mode d'emploi de la plaque chauffante est donnée en annexe. **Lisez les 4 premières sections pour vous familiariser avec le matériel.** Les sections qui suivent les 4 premières abordent des sujets avancés dont vous n'aurez probablement pas besoin.

Le TP consiste en l'étude et la réalisation d'un correcteur PI (proportionnel et intégral) afin de réguler la température de la plaque. Compte tenu de la **durée non négligeable des manipulations**, il est important de planifier vos essais à l'avance. En particulier, nous conseillons de commencer la partie manipulation dès le début du TP.

#### 1.2 Travail de préparation.

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 :  $\varepsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$ .

Le travail de ce TP se décompose en une étape d'identification d'un modèle dynamique du procédé puis la mise au point d'un correcteur proportionnel-intégral (PI).

### 1.2.1 Identification de la plaque chauffante

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'une certaine amplitude  $u^*$  (par exemple en prenant  $u^* = 127$  on se place au milieu de la plage de contrôle) et le laisser se stabiliser. 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 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.

- P1 - En utilisant la méthode de Strejc vue en cours, déterminer une fonction de transfert du procédé utilisé pour réaliser la figure 1, en variation autour de la valeur médiane de la commande – ce qui correspond à la deuxième montée.
- P2 - Proposer des unités cohérentes pour chacune des 4 variables listées ci-dessus, ainsi que pour les 4 paramètres du modèle de Strejc.

### 1.2.2 Asservissement proportionnel et intégral

On choisit une correction de type proportionnelle-intégrale parallèle, c'est-à-dire de fonction de transfert  $R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s}$ .

- P3 - Régler en simulation les coefficients  $K_p$  et  $K_i$  à la main (selon la méthode expliquée en cours). Un dépassement de 20% est autorisé, une bonne erreur à la rampe est demandée. Dans la maquette, le signal d'entrée sera saturé entre 0 et 255, la simulation devra donc comporter une saturation identique.
- P4 - Calculer l'erreur à la rampe ainsi que la marge de phase correspondantes au réglage que vous avez choisi.

*Remarque : si vous voulez le faire graphiquement, deux commandes Scilab sont assez pratiques : bode et black.*

*Exécuter la commande :*

» `help black`

*ou*

» `help bode`

*dans la console, et adapter à chaque fois le premier exemple donné.*

## 2 Manipulation.

### 2.1 Identification de la plaque chauffante

En salle de TP (dans le répertoire `\HOTPLATE`), ainsi que sur moodle, vous trouverez les indications permettant la récupération de données expérimentales sous Mathcad et sous Scilab. On explique aussi comment utiliser un fichier de données comme un signal, sous Scilab.

- Q1 - Par la méthode de Strejc, déterminer une fonction de transfert du procédé, en variation autour de la valeur médiane de la commande.

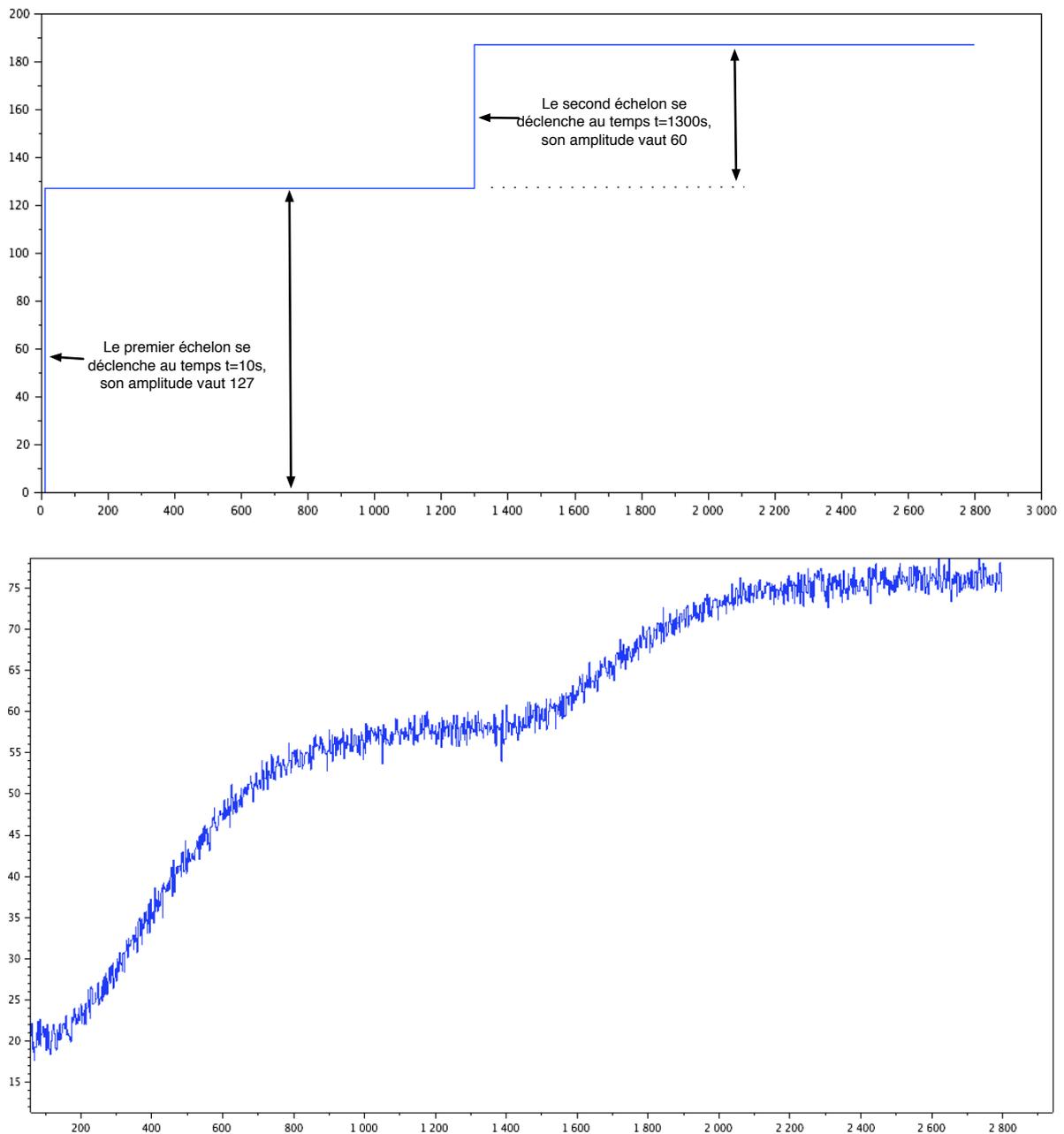


FIG. 1 – La température initiale est égale à 20°

Le temps de réponse étant de l'ordre de 10 minutes, nous conseillons le plan d'expérience suivant:

- un premier échelon d'amplitude médiane pendant 15-20 minutes,
- un deuxième échelon pendant 15-20 minutes.

Q2 - Superposez la réponse réelle et la réponse du modèle identifié.

## 2.2 Asservissement proportionnel et intégral

On considère une correction par action proportionnelle et intégrale à structure parallèle :

$$R(s) = K_p + \frac{K_i}{s}.$$

- Q3 - Régler en simulation les coefficients  $K_p$  et  $K_i$  à la main (selon la méthode expliquée en cours). Un dépassement de 20% est autorisé, une bonne erreur à la rampe est demandée. N'oubliez pas de prendre en compte que le signal d'entrée est saturé entre 0 et 255.
- Q4 - Calculer l'erreur à la rampe ainsi que la marge de phase correspondantes au réglage que vous avez choisi.
- Q5 - Tester l'asservissement sur la plaque chauffante réelle par l'intermédiaire de SCILAB.
- Q6 - Si le temps le permet, enregistrer une séquence de régulation avec perturbations extérieures qui sera ajoutée au rapport.

---

---

# TP V

---

---

## ASSERVISSEMENT PROPORTIONNEL, INTÉGRAL ET DÉRIVÉ D'UNE PLAQUE CHAUFFANTE

### 1 Préparation

#### 1.1 Présentation de la manipulation

Il s'agit d'une plaque métallique, chauffée par une résistance chauffante positionnée à une de ses extrémités.

La tension  $u(t)$  appliquée à la résistance constitue la commande du procédé. La commande de cette tension est envoyée depuis le PC par l'intermédiaire d'un CNA. Elle est codée entre 0 et 255 dans le PC.

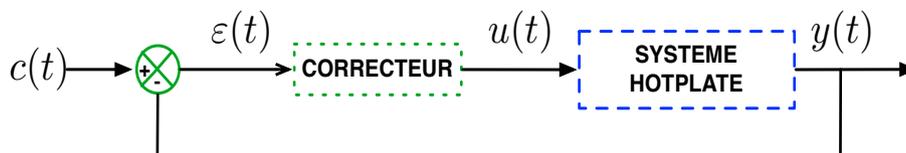
Un capteur de température numérique est positionné à l'autre extrémité de la plaque. La température mesurée  $y(t)$  est envoyée au PC. Elle constitue la sortie du procédé. Dans le PC,  $y(t)$  est codée en degrés Celcius.

Le mode d'emploi de la plaque chauffante est donnée en annexe. **Lisez les 4 premières sections pour vous familiariser avec le matériel.** Les sections qui suivent les 4 premières abordent des sujets avancés dont vous n'aurez probablement pas besoin.

Le TP consiste en l'étude et la réalisation d'un correcteur PI (proportionnel et intégral) afin de réguler la température de la plaque. Compte tenu de la **durée non négligeable des manipulations**, il est important de planifier vos essais à l'avance. En particulier, nous conseillons de commencer la partie manipulation dès le début du TP.

#### 1.2 Travail de préparation.

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 :  $\varepsilon(t) \xrightarrow{TL} E(s)$ .

Le travail de ce TP se décompose en une étape d'identification d'un modèle dynamique du procédé puis la mise au point d'un correcteur proportionnel-intégral (PI).

### 1.2.1 Identification de la plaque chauffante

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'une certaine amplitude  $u^*$  (par exemple en prenant  $u^* = 127$  on se place au milieu de la plage de contrôle) et le laisser se stabiliser. 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 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.

- P1 - En utilisant la méthode de Broïda (vue en cours), déterminer une fonction de transfert du procédé utilisé pour réaliser la figure 1, en variation autour de la valeur médiane de la commande – ce qui correspond à la deuxième montée.
- P2 - Proposer des unités cohérentes pour chacune des 4 variables listées ci-dessus, ainsi que pour les 3 paramètres du modèle de Broïda.

### 1.2.2 Asservissement proportionnel, intégral et dérivé

On va appliquer une des méthodes proposée dans le cours : la méthode de réglage en fonction de la réglabilité.

- P3 - Calculer la réglabilité.
- P4 - En déduire un réglage du régulateur PID.
- P5 - Appliquer ce réglage en simulation sur le modèle identifié. Le réglage obtenu est-il convenable?
- P6 - Améliorer ce réglage par essai-erreur, en cherchant un dépassement raisonnable ainsi qu'un temps de réponse raisonnable.

## 2 Manipulation.

### 2.1 Identification de la plaque chauffante

En salle de TP (dans le répertoire `\HOTPLATE`), ainsi que sur moodle, vous trouverez les indications permettant la récupération de données expérimentales sous Mathcad et sous Scilab. On explique aussi comment utiliser un fichier de données comme un signal, sous Scilab.

- Q1 - Par la méthode de Broïda, déterminer une fonction de transfert du procédé, en variation autour de la valeur médiane de la commande.

Le temps de réponse étant de l'ordre de 10 minutes, nous conseillons le plan d'expérience suivant:

- un premier échelon d'amplitude médiane pendant 15-20 minutes,
- un deuxième échelon pendant 15-20 minutes.

- Q2 - Superposez la réponse réelle et la réponse du modèle identifié.

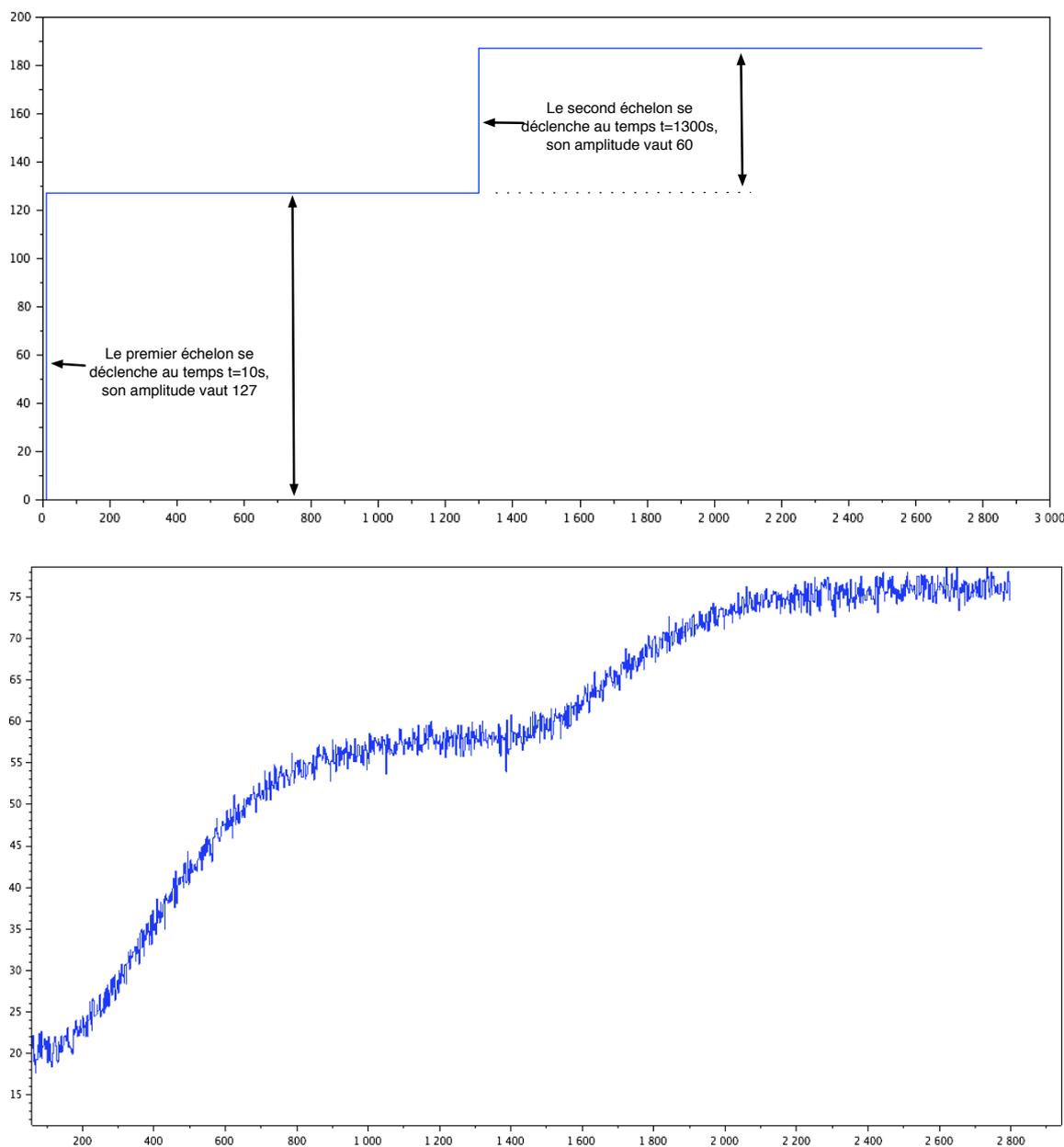


FIG. 1 – La température initiale est égale à  $20^{\circ}$

## 2.2 Asservissement proportionnel, intégral et dérivé

Q3 - Calculer la réglabilité.

Q4 - En déduire un réglage du régulateur PID.

Q5 - Appliquer ce réglage en simulation sur le modèle identifié. Le réglage obtenu est-il convenable?

N'oubliez pas de prendre en compte le fait que le signal d'entrée est saturé entre 0 et 255.

Q6 - Améliorer, en simulation, ce réglage par essai/erreur, en cherchant un dépassement raisonnable ainsi qu'un temps de réponse raisonnable.

Q7 - Appliquer et tester l'asservissement sur la maquette plaque chauffante.

Q8 - Si le temps le permet, enregistrer une séquence de régulation comprenant des perturbations extérieures qui sera ajoutée au rapport.

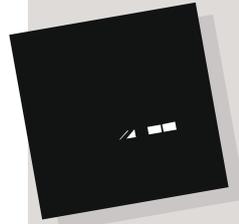
---

---

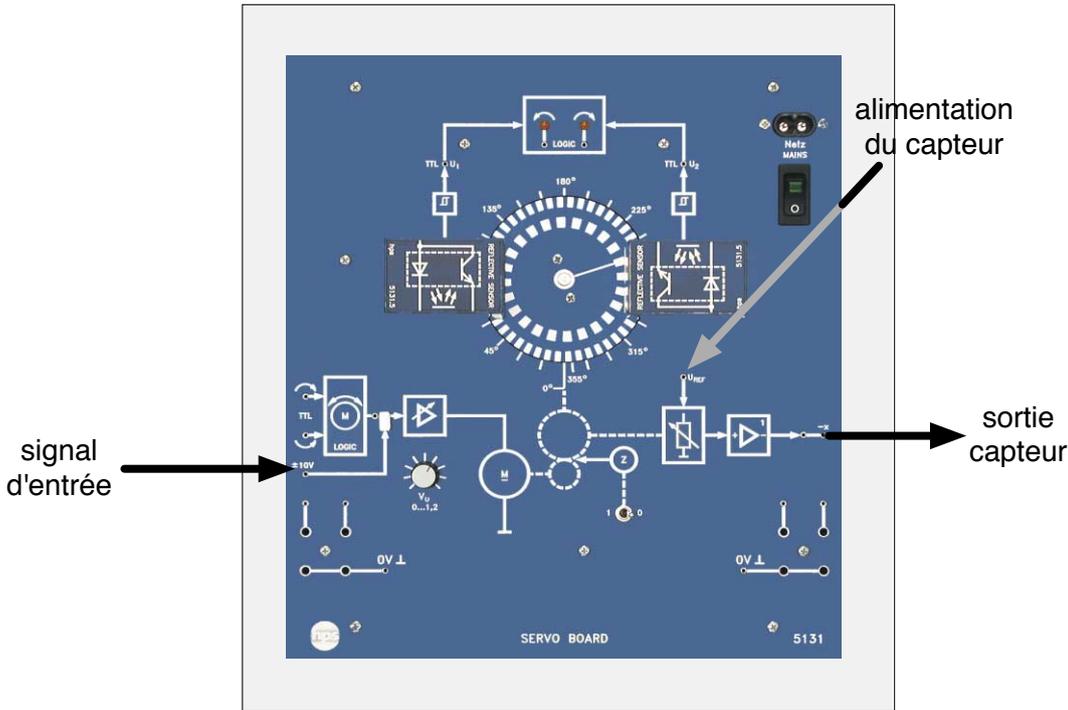
## ANNEXES

---

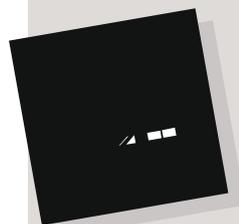
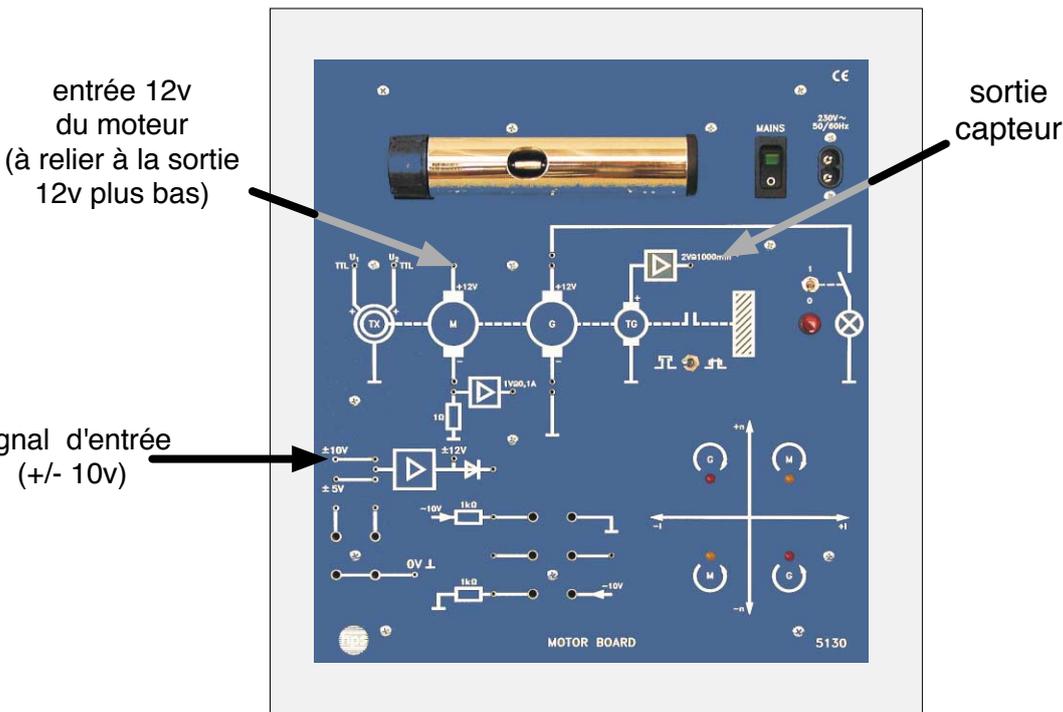
---



**SERVO BOARD**  
Type 5131

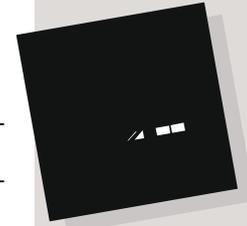


- Universal positioning controlled system
- Analog angle acquisition
- With switchable disturbance variable (gear play)
- With reflective sensors for digital angle acquisition (incremental)
- Acquisition of digital speed and direction of rotation
- Digital control inputs for both directions of rotation

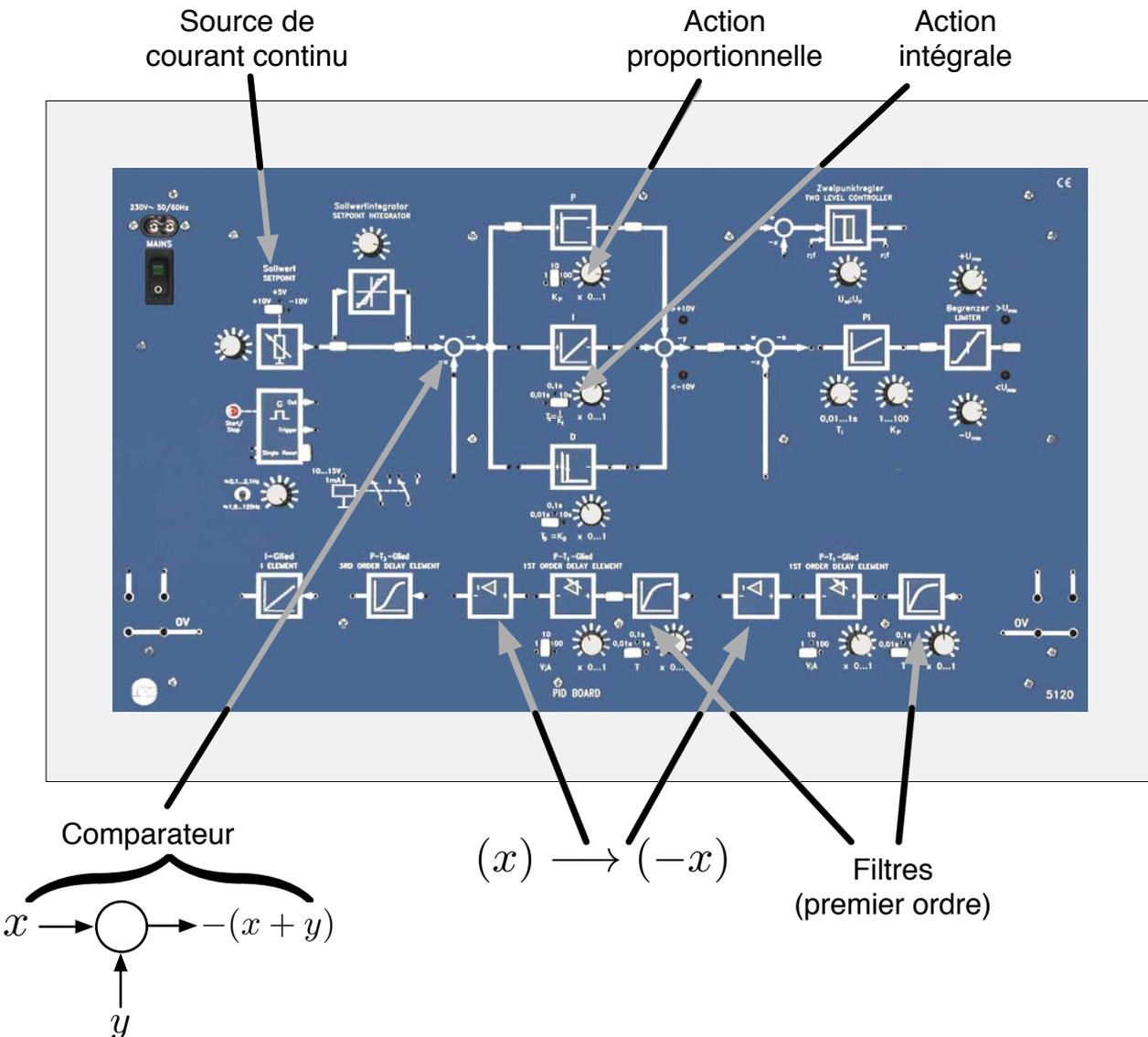


**MOTOR BOARD**  
Type 5130

- Universal speed control system
- Extendable with plug-in module for temperature and brightness control
- With integrated four-quadrant display
- With variable centrifugal mass
- Dual-channel encoder
- Built-in four-quadrant amplifier



**PID BOARD**  
**Type 5120**



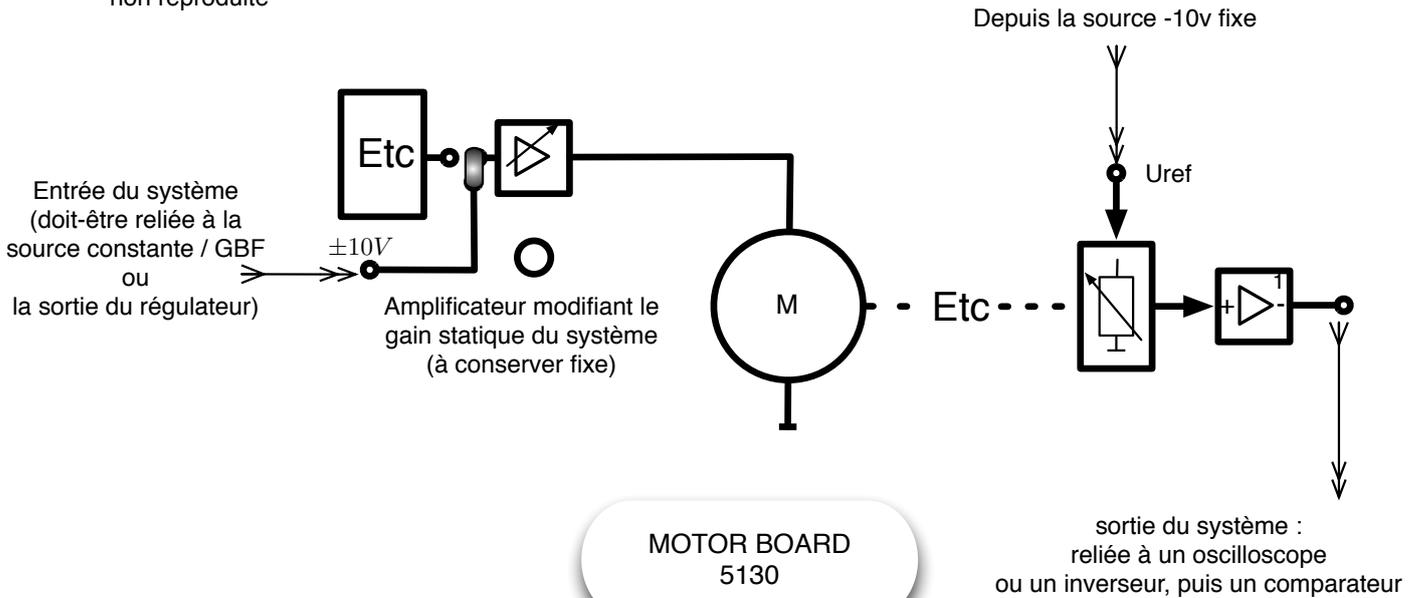
Front view of the PID BOARD

- Universal training unit for control engineering
- Built-in power supply unit (short-circuit-proof)
- All fundamental experiments possible without storage oscilloscope
- A pre-trigger circuit guarantees complete display of the signal
- As a test object in computer-aided teaching
- With detailed experiment descriptions

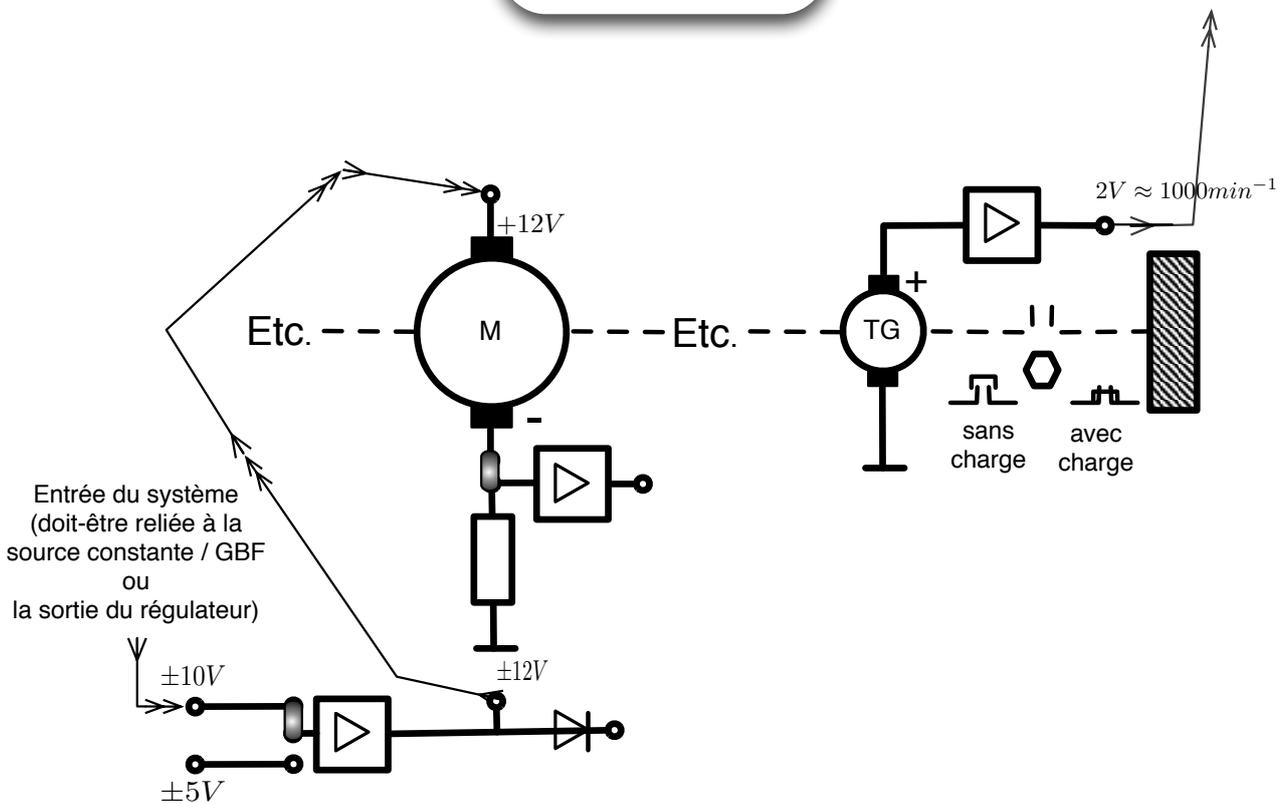
# INDICATIONS DE CABLAGE POUR LES TPs 1, 2

-  : piste incorporée à la maquette
-  : câble à connecter à la maquette
-  : cavalier
- Etc** : partie du schéma non reproduite

## SERVO BOARD 5131



## MOTOR BOARD 5130



INDICATIONS DE CABLAGE POUR LES TPs 1, 2

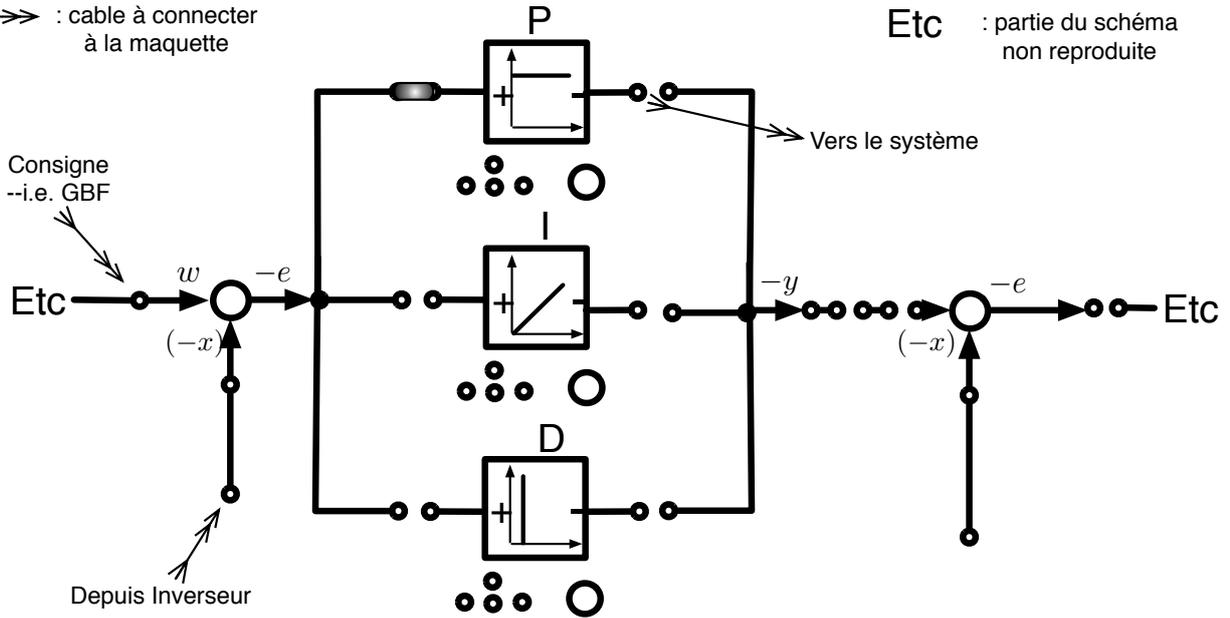
PID BOARD 5120

-  : piste incorporée à la maquette
-  : câble à connecter à la maquette

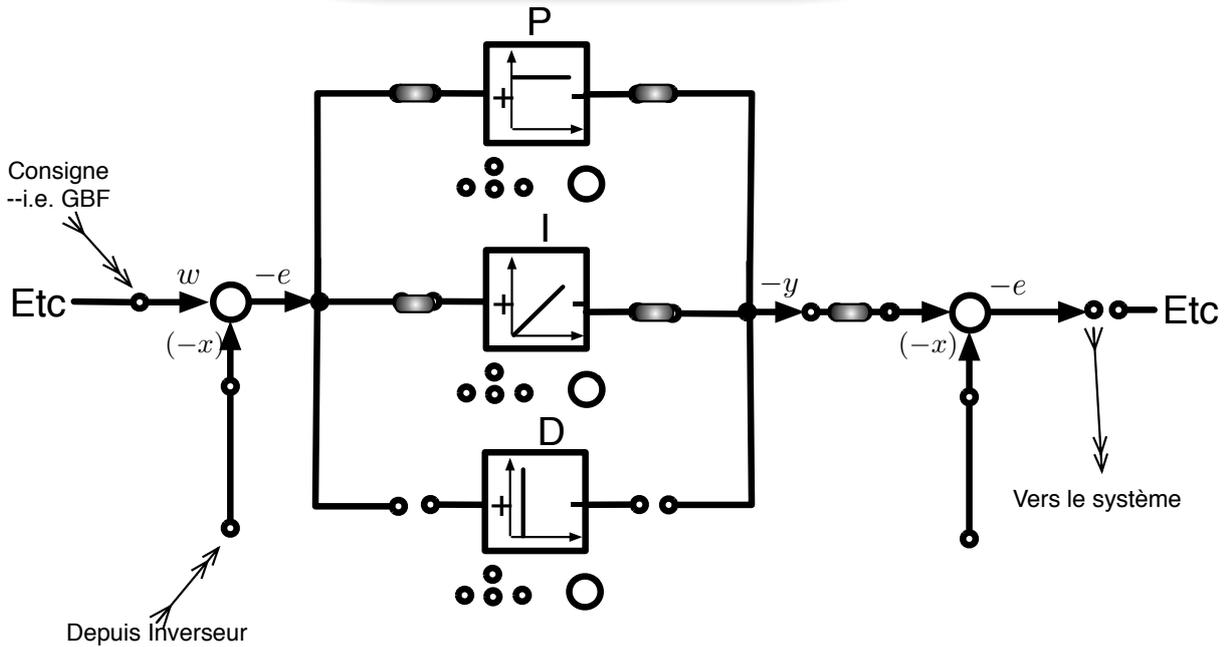
PROPORTIONNEL

 : cavalier

Etc : partie du schéma non reproduite

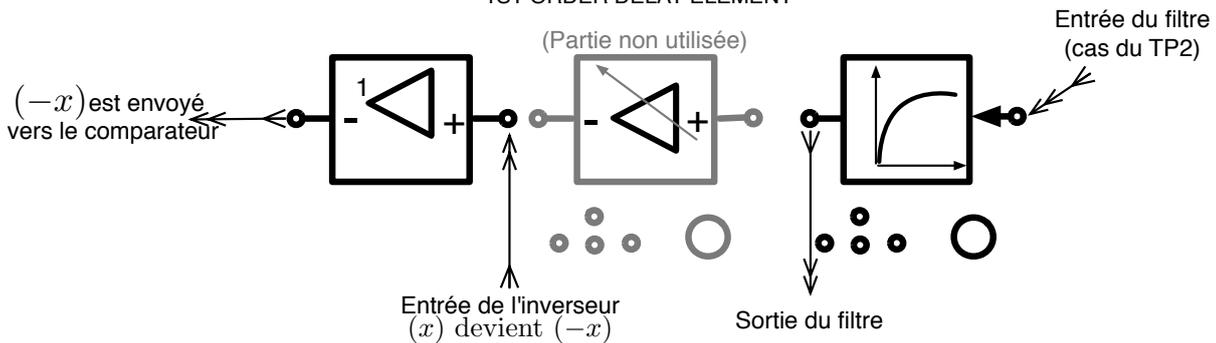


PROPORTIONNEL - INTEGRAL

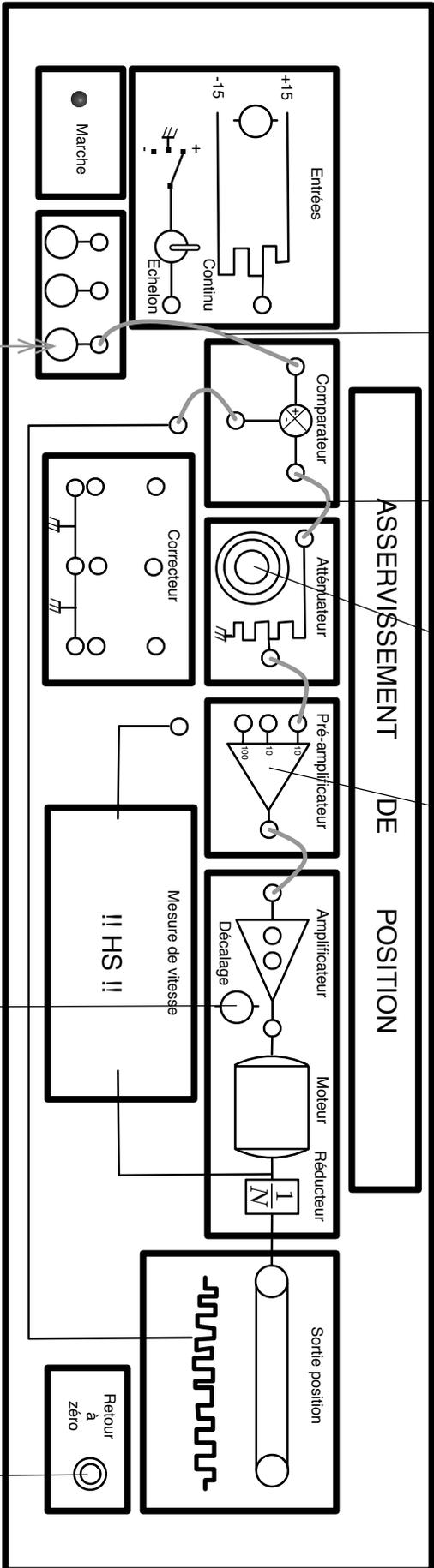


INVERSEUR & FILTRE DU PREMIER ORDRE

1ST ORDER DELAY ELEMENT



# INDICATIONS DE CABLAGE POUR LE TP 3



Le correcteur à avance de phase est sur la face avant de la maquette. On le met en série avec le correcteur proportionnel, par exemple entre le comparateur et l'atténuateur.

Lors de l'identification, il est aussi possible de prendre l'échelon de la maquette

$G_2$  : valeur comprise entre 0 et 1

gain  $G_1$

Penser à connecter la masse située sur le côté de la maquette !

indications de câblage

Depuis le GBF --i.e. signal de consigne

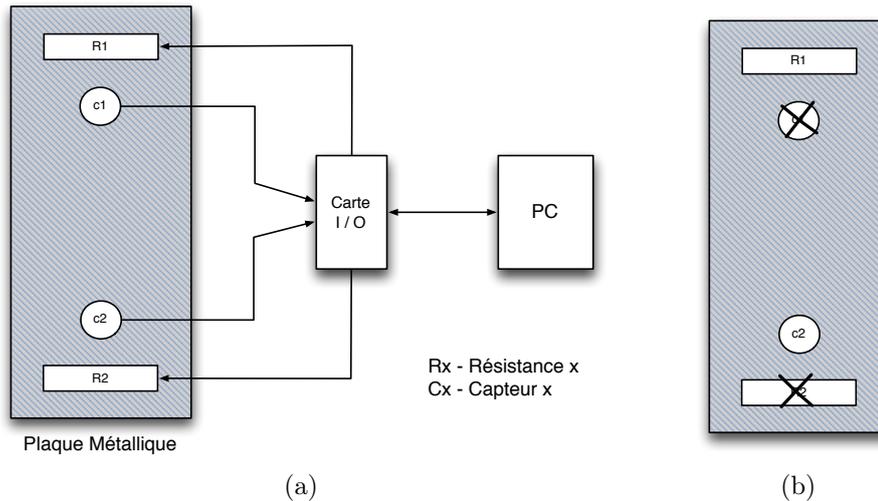
Permet de faire glisser la plume vers la gauche ou la droite. Idéal pour la débloquer, et/ou la centrer. Le décalage doit-être centré (donc inefficace) pour ne pas biaiser la manip.

Ne fonctionne que lorsque l'amplificateur et le pré-ampli sont connectés

# Mode d'emploi de la maquette "Plaque Chaude"

## 0 Qu'est ce ?

Il s'agit d'une plaque d'aluminium munie de deux résistances chauffantes et deux capteurs de température pouvant être contrôlée par ordinateur (voir schéma 1(a)). Dans cette série de TPs nous ne contrôlerons qu'une seule résistance (l'autre sera inactive) et ne récupérerons les données que d'un seul capteur comme schématisé en figure 1(b).



## 1 Matériel

1. Maquette d'expérimentation composée
  - (a) d'un écran LCD,
  - (b) d'une platine ARDUINO,
  - (c) d'un circuit de régulation de tension,
  - (d) d'une petite plaque en aluminium munie de deux capteurs de température et deux résistances  $25W, 3\Omega$ .
2. Un bloc d'alimentation CC simple, réglable pouvant délivrer  $11V$  à  $2.45A$ .
3. Le logiciel *scilab* et pour lequel une boîte à outil *Siseli*<sup>1</sup> de communication par port série a été préalablement installée.
4. Les programmes *scilab/XCOS* écrits pour la maquette.

## 2 Mise en route

1. L'ordinateur est mis sous tension. Supprimer le répertoire `<C: TEST\HOTPLATE>` (en principe, TEST est accessible depuis une icône du bandeau).
2. Copier le répertoire `<C:DOC\Application E104\HOTPLATE>` dans le répertoire `<...\TEST>` (en principe DOC est aussi accessible depuis une icône du bandeau).

1. *SiSeLi\_x86\_V06* pour une architecture 32 bits.  
*SiSeLi\_x64\_V06.zip* pour une architecture 64 bits.

3. Connecter la maquette à l'ordinateur en utilisant le câble *USB A/USB B* fourni.
4. Lancer *scilab-5.4.x*
5. Changer le répertoire courant de *scilab* (depuis le menu :*Fichier*→*changer le répertoire courant*) pour <C: TEST\HOTPLATE>.
6. Exécuter la commande suivante dans la console *scilab* :  
`exec HOTPLATEinitialization.sce`  
 Si tout se passe bien, *xcos* va s'ouvrir.
7. Régler le bloc d'alimentation entre 10 et 11V (mettre le réglage du courant en butée).
8. Connecter et mettre sous tension le bloc d'alimentation (couple de câbles bleu-noir en sortie de maquette). Normalement, l'intensité délivrée par la machine est proche de 0.
9. Le répertoire <...\HOTPLATE> contient les scripts et fonctions *scilab* ainsi que les diagrammes *xcos* utiles pour la manipulation de la maquette. **Vous allez travailler avec le diagramme (HOT\_PLATE\_SISOWTEXT.xcos)**

### 3 (HOT\_PLATE\_SISOWTEXT.xcos)

Ce diagramme permet de communiquer avec la maquette et sauvegarder des données dans un fichier texte, il est représenté à la figure 1. Avant de travailler et de modifier ce diagramme, sauvegardez le sous un nom différent (*sauvegarder sous*, afin de toujours avoir une version non buggée disponible).

**Block central** - Il s'agit d'une fonction *scilab* assurant la communication entre l'ordinateur et la maquette.

La première entrée,  $u(1)$ , contrôle le déclenchement du ventilateur selon la règle

```

si  $u(1) > 0$  alors   #VENTILATEUR_ON
                        sinon  #VENTILATEUR_OFF
  
```

La deuxième entrée,  $u(2)$ , correspond à la valeur du signal de contrôle. Cette valeur doit être comprise entre 0 et 255, les valeurs non entières sont automatiquement arrondies à l'entier inférieur. De plus le contrôle est saturé de sorte à rester dans cette fourchette.

**Horloge 1** : pilote le bloc communication avec la maquette, c'est là que vous indiquerez la période d'échantillonnage du système.

**Horloge 2** : pilote l'oscilloscope, elle n'a pas besoin d'être synchronisée avec l'horloge 1.

**Block "écriture dans un fichier texte"** - Ce bloc appelle une fonction permettant d'écrire les données qui lui sont fournies en entrée dans un fichier *.txt*. Ce bloc n'a pas de sortie. Dans le fichier *.txt*, les données sont formatées sous la forme suivante :

	<colonne 1>	<colonne 2>	<colonne 3>	...
<ligne 1>	<b>temps</b>	<b>entrée<sub>1</sub></b>	<b>entrée<sub>2</sub></b>	...
<ligne 2>	<b>temps</b>	<b>entrée<sub>1</sub></b>	<b>entrée<sub>2</sub></b>	...
<ligne 3>	<b>temps</b>	<b>entrée<sub>1</sub></b>	<b>entrée<sub>2</sub></b>	...
...				

- ◇ Seules les données numériques, indiquées en gras dans le tableau ci-dessus apparaissent dans le fichier.
- ◇ Les valeurs de la colonne <temps> doivent être strictement croissantes.
- ◇ Le fichier *.txt* est sauvegardé dans le répertoire courant.

Afin de fonctionner correctement, ce bloc a besoin :

A - de valeurs cohérentes pour les deux paramètres ci-dessous, définis dans le contexte :

- (a) *Ndatain* doit être égal au nombre de données en entrée du bloc
- (b) *name* est une chaîne de caractère (indiquée entre ' ) renseignant le nom du fichier texte dans lequel les données sont écrites (le répertoire par défaut est <.../test/HOTPLATE/>),

B - d'être piloté par l'horloge 1 pour que les données soient relevées et écrites de manière synchrone.

*Remarque 1 :* Chaque fois qu'un diagramme xcos est joué, si ce bloc est présent dans la fenêtre, alors les données sont ré-écrites et les précédentes perdues. DONC si la variable *name* pas été changée ou que le fichier texte n'a pas été déplacé/copié, les données enregistrées lors d'une précédente expérience SONT PERDUES.

*Remarque 2 :* Tout diagramme avec une variable *Ndatain* mal paramétrée ne se lancera pas correctement/ne fonctionnera pas.

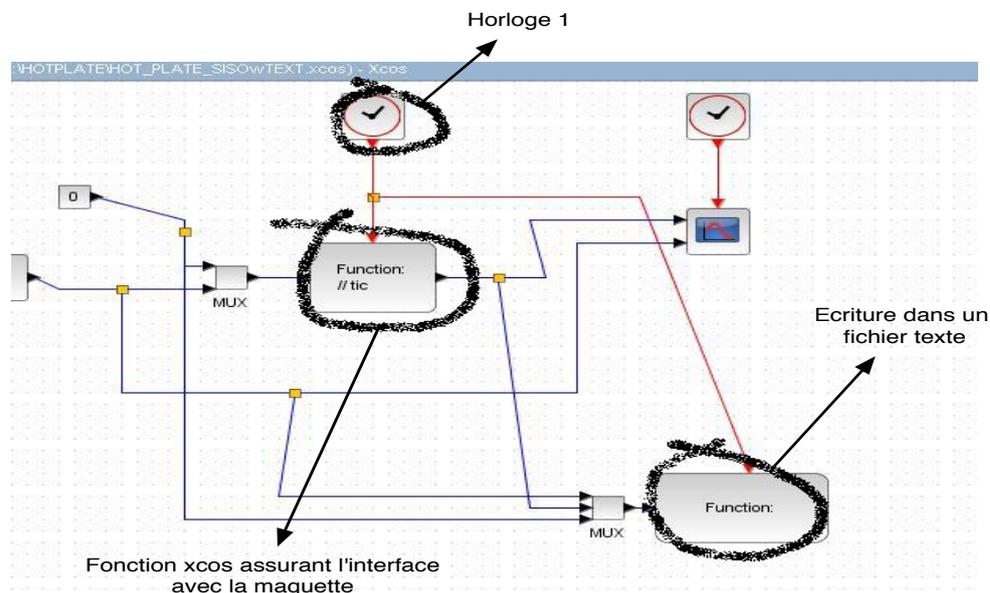


FIG. 1 – *HOT\_PLATE\_SISOWTEXT.xcos*

## 4 TPs 4 et 5 : champs à paramétrer pour mettre en place une expérience.

Les paramètres suivants seront à configurer. En cas de difficulté, adresser vous à votre enseignant.

1. le signal d'entrée (composé de deux échelons successifs –i.e. que l'on additionne);
2. le temps final d'intégration : doit être assez grand pour permettre une expérience complète (par ex. 2\*15 min ou 2\*20min);
3. la période de rafraîchissement de l'oscilloscope (égale au temps final d'intégration);
4. le nom du fichier texte dans lequel les données seront stockées (attention, ce fichier sera écrasé à chaque nouvelle expérience, il faudra donc en réaliser une copie une fois vos mesures acquises );

5. la période de l'horloge principale (0.1 ou 1 conviennent).

## 5 Contrôler ou communiquer avec la maquette (HOT\_PLATE\_SISO.xcos)

La figure 2 donne un aperçu du diagramme xcos du fichier *HOT\_PLATE\_SISO*. Avant de travailler avec ce diagramme, sauvegardez le sous un nom différent (*sauvegarder sous*, afin de conserver intacte la version initiale).

Il s'agit du même genre de diagramme que celui de la section 3, à l'exception de la fonction d'écriture dans un fichier texte.

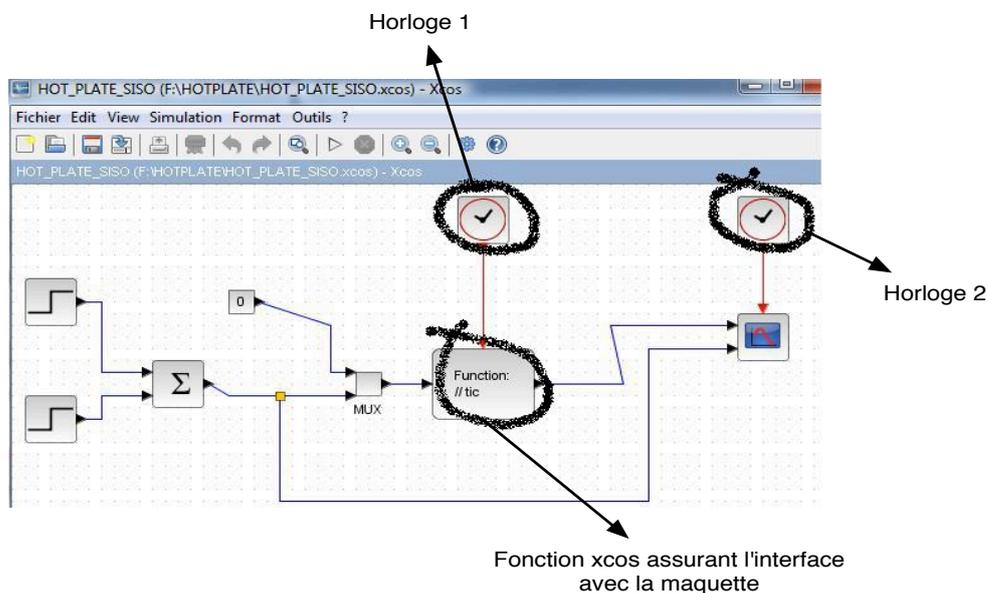


FIG. 2 – *HOT\_PLATE\_SISO.xcos*

## 6 Remise à zéro de l'entrée de la plaque sans rejouer un diagramme *xcos*

Exécuter la commande suivante dans la console scilab:  
*HOTPLATEreset*

## 7 Forcer l'écran LCD à afficher temporairement une température sans rejouer un diagramme *xcos*

Exécuter la commande suivante dans la console scilab:  
*HOTPLATEseeTMP*

## 8 Interrompre le ventilateur sans rejouer un diagramme *xcos*...

...s'il a été activé numériquement (sinon, il suffit d'actionner l'interrupteur). Exécuter la commande suivante dans la console scilab:

```
HOTPLATEshutFAN
```

## 9 Importer un fichier de données de type *.txt* dans le *workspace* de scilab, et l'utiliser dans *xcos*

Exécuter, dans la console, la fonction

```
ma_variable=TXT2FIELD('nom_de_fichier')
```

où

- *nom\_de\_fichier* est le nom avec extension du fichier à lire (préciser le chemin si le fichier en question n'est pas dans le répertoire courant).
- *ma\_variable* est le nom de la variable scilab dans laquelle les données seront stockées.
  - \* *ma\_variable.time* contient les informations relatives au temps,
  - \* *ma\_variable.values* contient tout le reste.

Le fichier importé doit être formaté comme il est décrit en section 3.

Ces données sont lues dans *.xcos* grâce au bloc FROM WORKSPACE (*palette source* > *FROMWSB*). Le diagramme *HOT\_PLATE\_from\_workspace.xcos* (figure 3) contient ces blocs avec des réglages par défaut.

**Si les données sont de dimension plus grande que 1** il faut rajouter un bloc *Extractor* (*palette routage de signal*), comme dans la figure 3 .

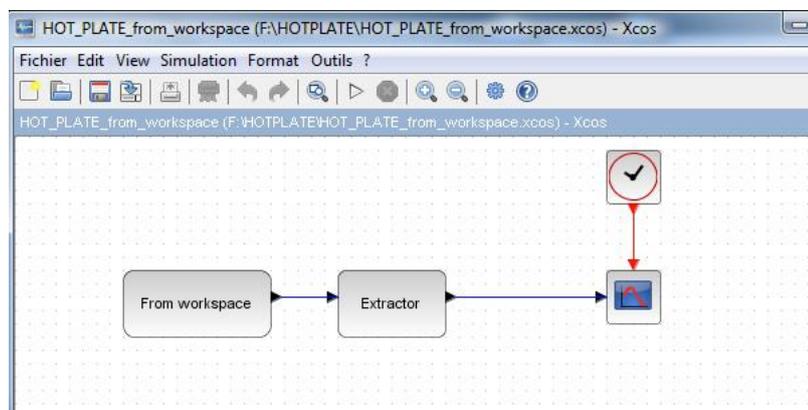
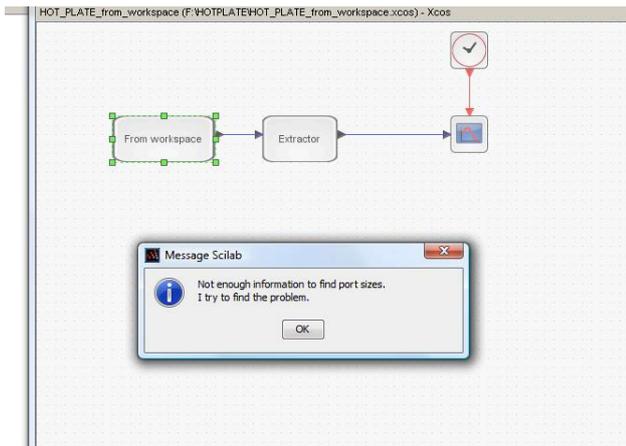
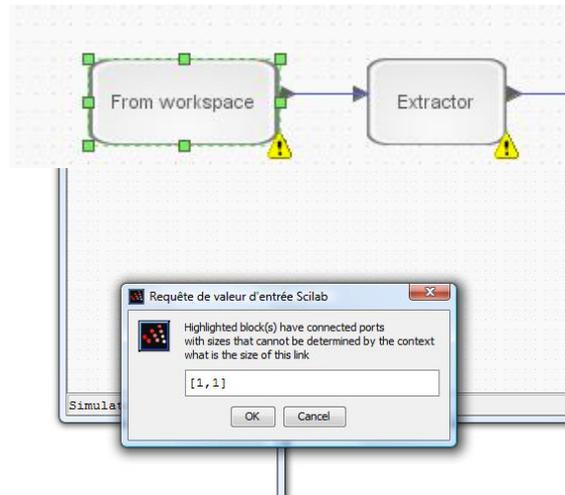


FIG. 3 – *HOT\_PLATE\_from\_workspace.xcos*



(a)



(b)

## Réglage des paramètres des blocs *From Workspace* et *Extractor*

### Bloc From Workspace

Variables name	indiquer le nom de votre variable <i>exemple : ma_variable</i>
Interpolation Method	0
Enable Zero Crossing	1
Output at End	2

### Bloc Extractor

Indices to extract	[indice(s) des données à extraire] <i>exemples :</i> <i>[1] s'il n'y a qu'une seule colonne de données</i> <i>[2] lire uniquement les données de la colonne 2</i> <i>[1,3] lire les données des colonnes 1 et 3</i>
--------------------	---

## Message d'erreur ?

Lors de l'exécution d'un diagramme comprenant un block *From Workspace*, scilab va afficher la boîte de dialogue que l'on voit en figure 4(a). Il suffit de cliquer sur OK.

Le problème vient du fait que scilab n'arrive pas à déterminer la dimension de la liaison entre deux blocs (sur la partie haute de la figure 4(b) il s'agit des blocs avec des points d'exclamation).

Pour résoudre le problème, dans la boîte de dialogue qui s'ouvre après avoir cliqué sur OK (partie basse de la figure 4(b)) il faut remplacer le chiffre de gauche par le nombre de colonnes de données du fichier *.txt* initial (le nombre de colonnes total -1, donc). Et de valider en appuyant sur OK.

## 10 Importer les données d'un fichier texte sous Mathcad

1. Dans le menu de Mathcad (Version 8) faire *Insertion->composant*.
2. Dans l'interface qui s'ouvre sélectionner *fichier en lecture ou en écriture*, puis *next*.
3. Sélectionner ensuite le format *fichier texte*, indiquer le nom du fichier, puis *finish*.

## 11 Commentaires / Debogage

- ◇ **xcos ne s'est pas ouvert après l'exécution de *HOTPLATEinitialization.sce***  
Le port *COMxx* n'a pas été correctement reconnu. Pour remédier à ce problème il faut connecter ou re-connecter le câble USB, et ensuite exécuter la commande suivante dans la console scilab:  
*exec HOTPLATEinitialization.sce*  
Si ça ne marche pas, voir plus bas...
- ◇ **A propos du *contexte***  
Ne pas modifier la partie basse du contexte qui est (curieusement) séparée du reste par la ligne DO NOT MODIFY.
- ◇ **Suite à une modification des programmes, plus rien ne marche**  
Débrouillez vous...  
Reprenez tout depuis le début de la section 2.
- ◇ **J'ai laissé mes données sur l'ordinateur de TP**  
Ha ben... Je vous invite à relire l'étape 1 de la section 2 et deviner ce qu'il s'est passé...
- ◇ **Affichage LCD**  
Si l'écran LCD affiche une température alors qu'aucun diagramme XCOS muni d'un bloc "interface avec la maquette" n'est actif, alors il ment.
- ◇ **Après avoir copié/collé mon diagramme *xcos* dans une feuille de travail vierge, il ne marche plus**  
Il faut en plus
  1. copier-coller tout le contenu du contexte (*simulation>modifier le contexte*)
  2. dans *simulation>setup* mettre le paramètre de *mise à l'échelle temps réel* à 1.
- ◇ **Je réalise une simulation à partir d'un fichier HOTPLATE...., et c'est très lent !**  
Dans *simulation>setup* mettre le paramètre de *mise à l'échelle temps réel* à 0.