

ÉTUDE DE LA COMMANDE D'AXE D'UNE IMPRIMANTE JET D'ENCRE

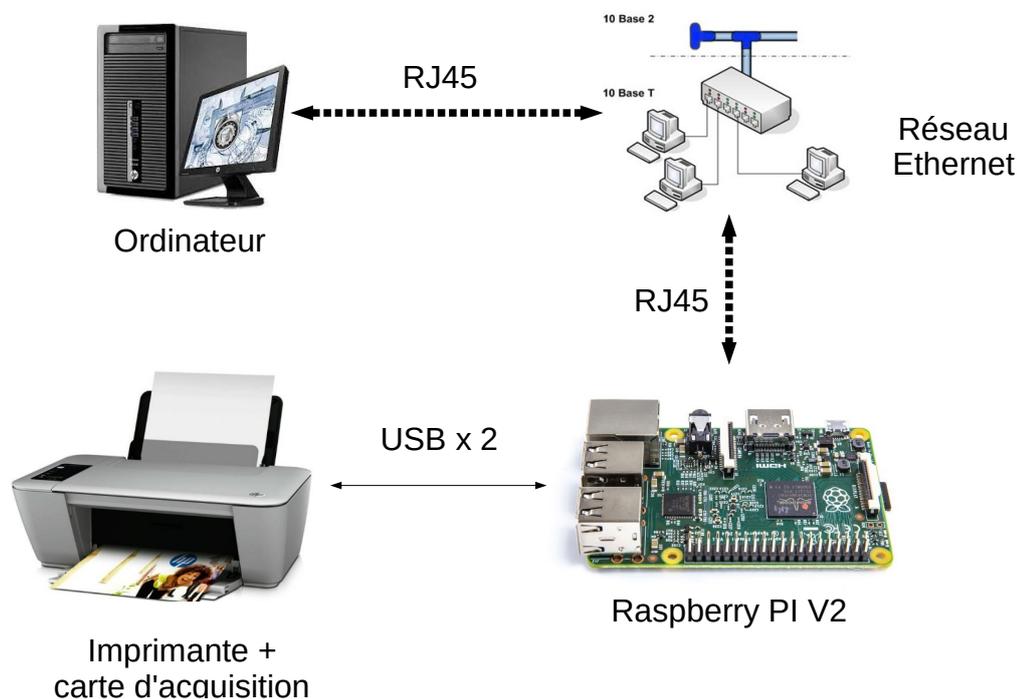
Présentation

Ces trois séances, réalisées en binôme, vont permettre de faire un bilan général sur la démarche de travaux pratiques en sciences industrielles de l'ingénieur telle qu'elle a été vue en 1^{ère} année MPSI et PCSI. L'objectif final est d'assurer une maîtrise cohérente de la démarche avant de commencer les travaux pratiques sur les matériels. Durant ces séances, votre professeur interviendra ponctuellement pour des bilans de cours sur les éléments abordés (moteur à courant continu, commande numérique du hauteur, frottement sec, modèle schéma-bloc et études en poursuite et régulation, etc.).

Ressources

Les ressources pour cette séance sont les suivantes :

- une imprimante grand public à jet d'encre connectée en USB à un nano ordinateur Raspberry PI V2 et partagée en réseau : via cette structure, il est possible de réaliser des mesures à distance à tour de rôle selon le synoptique suivant :



Nota : tous les postes sont reconnus dès le lancement du logiciel d'interface sur le serveur intégré à la Raspberry PI V2 mais seul un poste pourra réaliser la mesure à chaque instant : dès que celle-ci est terminée, les résultats sont transmis au poste ... et un autre poste peut immédiatement prendre la main, soyez patient-e, la gestion de la queue d'attente est bien faite !

- une interface graphique de pilotage et d'acquisition accessible par l'un des chemins suivants (cela dépend des postes car le déploiement de Windows 10 n'est pas encore total) :
 - raccourci 'ClientImprimante' sur le bureau
 - menu 'Démarrer' → 'Toutes les applications' → 'Imprimante DMS' → 'ClientImprimante'
 - ou, par défaut, dans `C:\Program Files (x86)\dms-imprimante\ClientImprimante.exe`

- d'une *imprimante démontée* dont la structure interne est parfaitement identique à celle de l'imprimante partagée en réseau (une imprimante démontée pour deux groupes)

Attention, **l'imprimante partagée se met rapidement en veille** : il est possible de la « réveiller » en appuyant sur le bouton de mise sous tension situé sur la face supérieure (symbole ci-contre).



Mesures

Sur l'imprimante, il est possible de réaliser des mesures :

- lors de l'impression d'un document (pour limiter la consommation d'encre sur l'ensemble des cinq classes de PSI/PSI*, les fichiers de mesure sont fournis) → configuration dite « mesure » (M)
- lors d'un pilotage de la tête d'impression selon une configuration en boucle ouverte (commande directe du moteur par le hacheur) ou en boucle fermée (commande du déplacement de la tête selon une consigne de vitesse) → configuration dite « pilotage » (P)

Nota : il serait également possible de faire l'étude sur l'axe asservi correspondant à l'avance papier, la structure générale est identique, seul change le rapport de réduction du transmetteur implanté

Dans les deux configurations de mesure ou de pilotage, les grandeurs accessibles sont les suivantes :

| | | |
|--|--|----------|
| → Axe 1 : déplacement de la tête d'impression | | |
| – position de la tête (en mm) | | mesurée |
| – vitesse de la tête (en mm/s) | | calculée |
| – tension d'alimentation du moteur de l'axe tête (en V) | | mesurée |
| – intensité d'alimentation du moteur de l'axe tête (en A) | | mesurée |
| → Axe 2 : avance papier | | |
| – position d'avance du papier (en tops) | | mesurée |
| – vitesse d'avance du papier (en tops/s) | | calculée |
| – tension d'alimentation du moteur de l'axe avance papier (en V) | | mesurée |
| – intensité d'alimentation du moteur de l'axe tête (en A) | | mesurée |
| → Données communes | | |
| – présence feuille (binaire) | | analysée |
| – consigne interface (définie par l'utilisateur) | | définie |
| – commande PWM des deux moteurs (créneaux temporels) | | définie |

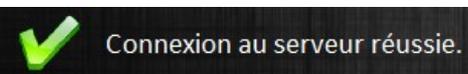
Interface logicielle

Menu principal

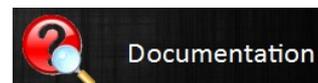
Au lancement du logiciel de pilotage et d'acquisition, l'interface graphique ci-contre apparaît :



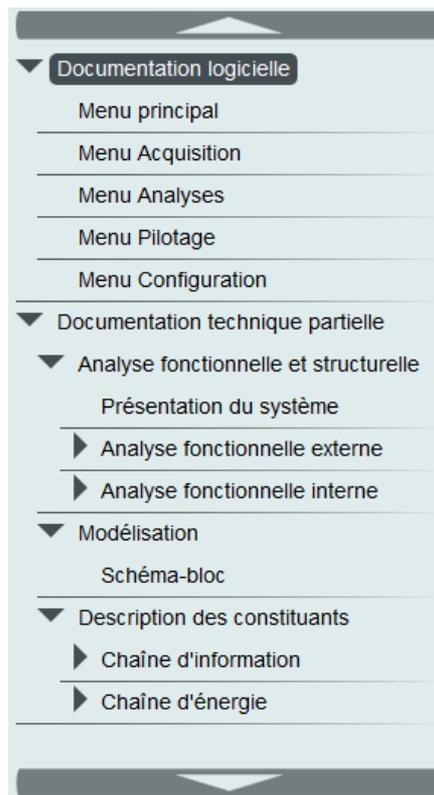
Vérifier tout d'abord qu'il apparaît bien l'information de connexion réussie. Si ce n'est pas le cas, relancer le logiciel. Si le problème persiste (ce qui est peu probable), prévenir votre professeur.



Toutes les informations nécessaires à la manipulation sont accessibles via le menu 'Documentation', ce qui ouvre un site web.



Ce site web permet de naviguer dans les menus suivants :



Documentation logicielle

Le menu 'Document logicielle' donne toutes les indications sur le comportement de l'interface pour les mesures, lors des séquences :

- d'acquisition en phase d'impression d'impression dans une qualité à définir (durée maximale de la mesure : 50 s)
- pilotage de l'axe (envoi d'une consigne spécifique).

Lire tout d'abord les informations de l'onglet 'Menu principal' pour prendre connaissance du comportement des quatre onglets qui apparaissent sur la page principale (voir image ci-contre). L'interface étant très claire, ne pas passer de temps à analyser les différents menus du site web à ce niveau du TP, vous pourrez toujours y revenir lorsque vous en aurez besoin.



Objectifs de l'étude à réaliser

Pendant la durée de l'étude (2 x 2 heures) et en utilisant selon les cas tout ou partie des ressources disponibles (imprimante démontée, informations de la documentation logicielle et mesures à choisir de manière pertinente), réaliser les activités proposées dans la suite

Le but de cette séance est de :

- réviser la démarche de modélisation d'un système asservi
- réviser la démarche de validation de modèle
- de gagner en assurance et autonomie, compétences attendues aux concours.

Activités à réaliser

1. Par l'interface logicielle, ouvrir les trois fichiers de mesures 'Brouillon.txt', 'Normal.txt' et 'Optimal.txt' qui ont été obtenus lors d'une phase d'impression du document « Test.pdf ».

Attention : ne pas imprimer ces documents

2. À partir de ces fichiers de mesures :
 - a) déterminer le temps mis pour imprimer ce document selon le mode d'impression choisi puis estimer les cadences d'impression de ce document en pages par minute selon le mode d'impression choisi et les comparer aux valeurs fournies dans le document constructeur (fournies dans la documentation technique)
 - b) vérifier que la consigne est probablement de type trapèze de vitesse puis estimer les valeurs des paramètres caractéristiques associés (durée d'accélération, de stabilisation et de décélération + vitesse maximale) : pour cela, on suppose que l'asservissement est de bonne qualité et que la vitesse de déplacement réelle de la tête d'impression correspond à celle définie par la consigne
3. Analyser, dans la documentation technique, la structuration en chaînes fonctionnelles (chaîne d'énergie et chaîne d'information) de l'axe 1 (déplacement de la tête d'impression) ; identifier les différents éléments qui apparaissent sur cette description sur le système réel, par manipulation de l'imprimante démontée disponible sur la table de travail
4. À partir de la description en chaîne fonctionnelle, tracer le schéma fonctionnel de l'asservissement en vitesse (entrée : consigne de vitesse / sortie : vitesse de la tête)
5. Mettre en place, en utilisant les données fournies ou des mesures pertinentes, le schéma-bloc de l'asservissement associé à l'axe asservi de déplacement de la tête d'impression en réalisant les activités suivantes :
 - a) déterminer la fonction de transfert du moteur en charge par modèle de connaissance (un bilan sera fait par votre professeur)
 - b) rechercher dans le dossier technique le gain (en V/top) du hacheur à commande numérique¹
 - c) rechercher dans le dossier technique le gain (en m/rad) de la chaîne cinématique² ; proposer et mettre en œuvre un protocole de test permettant de vérifier la valeur fournie
 - d) déterminer la fonction de transfert du moteur en charge par modèle de comportement : pour cela, réaliser une commande en boucle ouverte de l'ensemble hacheur + moteur à courant continu + chaîne cinématique et identifier les grandeurs caractéristiques (la courbe obtenue doit pouvoir être identifiée par un 1^{er} ordre)
 - e) rechercher, dans le dossier technique, le gain (en tops/mm) du capteur optique ; analyser et justifier la raison de la présence de deux capteurs optiques (voies A et B) et montrer qu'il serait possible de quadrupler la résolution de ce capteur par simple traitement logique des informations obtenues sur les voies A et B
 - f) déterminer le gain du module d'adaptation pour avoir un écart nul en sortie du comparateur lorsque la tête a atteint la consigne, donc quand l'erreur est nulle (gain pur en top.s/m)
 - g) analyser la structure du correcteur PID implanté
6. Tracer le schéma-bloc obtenu sur Scilab-Xcos (icône sur le bureau), etc. et lancer la simulation dans des conditions identiques à celles des essais réalisés ; analyser les écarts observés et conclure quant à la pertinence du modèle adopté
7. Ajouter à ce modèle la saturation de la commande (à valider sur les fichiers de mesure fournis), lancer la simulation et conclure quant à la pertinence du modèle adopté

Pour aller plus loin :

8. Ajouter à ce modèle une boucle de courant (retour unitaire et correction PI), lancer la simulation et conclure quant à la pertinence du modèle adopté en « jouant » sur quelques valeurs de réglage du correcteur PI
9. Estimer, à partir d'une mesure pertinente, l'ordre de grandeur du facteur de frottement sec entre la tête d'impression et la structure de guidage et proposer un moyen de prendre en compte ce frottement sur la modélisation Scilab ; mettre en œuvre la démarche, lancer la simulation et conclure quant à la pertinence du modèle adopté
10. Faire un bilan général sur la démarche de l'ingénieur, les écarts observés, les études proposées et les perspectives d'étude

1 Le hacheur utilisé sur cette imprimante n'a pas un gain constant pour toutes les valeurs de commande : cependant, la valeur proposée dans la documentation correspond à une valeur moyenne assez cohérente dans une première étude et il est demandé de la prendre.

2 Il s'agit ici d'un simple poulie / courroie, mais la structure dans le cas de l'avance papier est plus complexe et est constituée de plusieurs engrenages en cascade, qui sont visibles dans le fond de l'imprimante démontée.