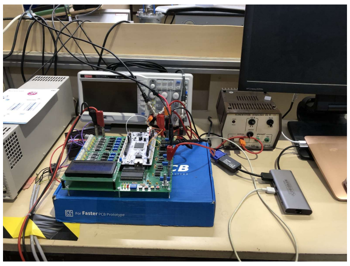
Systèmes à base d'énergie pneumatique: de la robotique à l'énergie éolienne

Loïc MICHEL, Pol HAMON, Ingrid NEUNABER, Rishabh MISHRA,
Caroline BRAUD, Franck PLESTAN, Damien CHABLAT, Jean-Pierre BARBOT

LS2N Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes — LHEEA Centrale Nantes — CNRS

- Deux bancs d'essais électro-pneumatiques pour :
  - application en aérodynamique *: commande de la portance d'un pale éolienne par injection d'air comprimé*
  - application en robotique : *contrôle en effort d'une pince à trois doigts à base de muscle pneumatique*
- Carte E/S : électronique de commande des valves électro-pneumatiques binaires, un calculateur basé sur une carte STM Nucleo H743ZI2, acquisition sur 16 bits des données mesurées



Commande sans modèle (Fliess & Join, 2013)

$$u_k = u_{k-1} - \frac{1}{\beta}\left(\left.\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right|_{k-1} - \left.\frac{\mathrm{d}y^*}{\mathrm{d}t}\right|_{k}\right) + K(y_k^* - y_k)$$

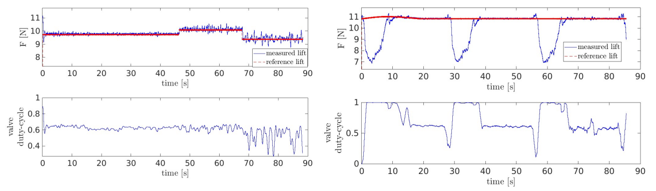
Commande super twisting adaptative (Taleb & Plestan, 2021)

$$u = -k_1 |\sigma|^{\frac{1}{2}}\mathrm{sgn}(\sigma) + v \qquad \dot{k}_1 = \begin{cases} \frac{\alpha}{|\psi| + \epsilon} & \text{if } |\sigma| > \epsilon \\ -k_1 & \text{if } |\sigma| \le \epsilon \end{cases} \qquad \dot{k}_2 = \begin{cases} \frac{\alpha}{2|\sigma|^{\frac{1}{2}}} & \text{if } |\sigma| > \epsilon \\ -k_2 & \text{if } |\sigma| \le \epsilon \end{cases}$$

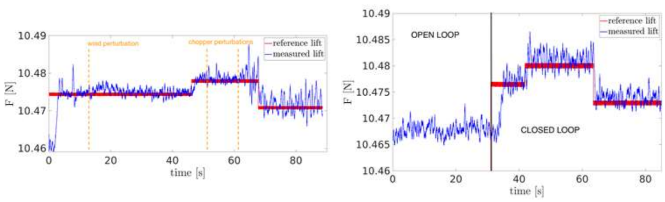
$$\dot{v} = -k_2\,\mathrm{sgn}(\sigma)$$

Les lois de commande sont échantillonnées à 20 kHz et la fréquence de service des valves est à 200 Hz

Contrôle de portance aérodynamique par injection d'air comprimé

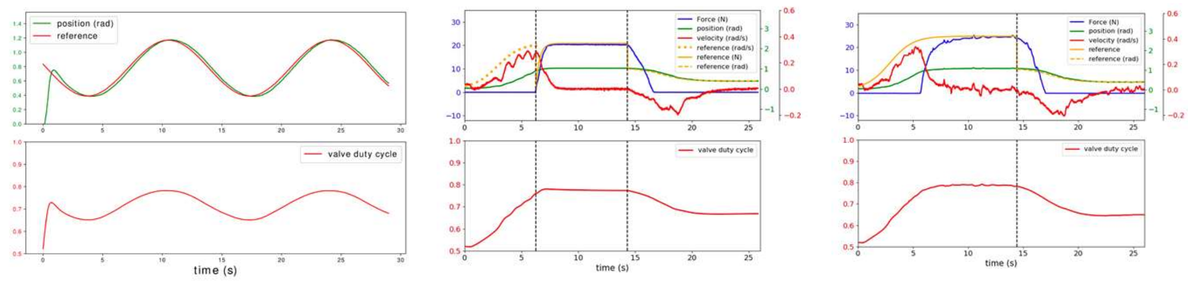


Commande sans modèle : perturbation chopper 'statique' et 'tournante'



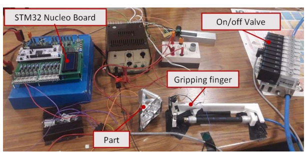
Commande super twisting : perturbations chopper 'statique' et vitesse du vent

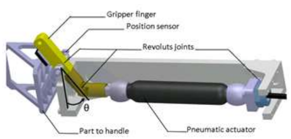
Asservissement hybride 1D pour préhension d'un objet à l'aide d'un muscle pneumatique



Commande sans modèle : asservissement de position angulaire (gauche) – asservissement hybride en vitesse, effort et position (droite)


Tunnel soufflerie & système chopper (LHEEA)





Boucle d'asservissement en position et détail muscle pneumatique

Perspectives :
- Côté aérodynamique : les travaux futurs se concentreront sur le pilotage de l'angle d'incidence de la pale de manière à permettre une meilleure contrôlabilité de la portance
- Côté robotique : les premiers résultats permettent d'envisager un système de préhension à trois doigts pour différents types de pièces mécaniques

- L. Michel *et al.*, Model-free control of the dynamic lift on a wind turbine blade section: experimental results, *J. Phys.: Conf. Ser.* **2265**, 2022.
- L. Michel *et al.*, A novel lift controller for a wind turbine blade section using an active flow control device: experimental results, *2022 IEEE Conference on Control Technology and Applications*, à paraître.
- P. Hamon, L. Michel, F. Plestan, D. Chablat, Control of a gripper finger actuated by a pneumatic muscle: a new scheme based on model-free approach, *2022 IFAC Symposium on Mechatronic Systems*, à paraître.