
Contrôle et Commande de grille active - Pilotage synchronisé de 20 moteurs

Santiago Andrés Pantano Calderón

Sous la supervision de

Romain Mathis
Frédéric Bergame

Table de matières

1. Généralités du projet
2. Présentation du système
 - i. Composants mécaniques et électroniques
 - ii. Drivers
 - iii. Moteurs
3. Commande des moteurs
 - i. Couches du programme
 - ii. Commande en vitesse des moteurs
 - iii. Synchronisation des moteurs
4. Diagramme LabView (couche FPGA)
5. Face-avant LabView (couche UI)
6. Travail à venir et Vidéo test

Généralités du projet

- La plus grande partie des tunnels de vent fonctionnent avec des écoulements laminaires, donc des niveaux de turbulence $T_u < 1\%$
- Travaux de recherche étudient les impacts du écoulement turbulent sur des applications industrielles et environnementales
- Création de turbulence dans un tunnel de vent à partir d'une grille active
- La turbulence doit avoir quelques propriétés réglables :
 - Nombre de Reynolds
 - Taille des tourbillons

Composante mécanique

- 10 tiges horizontaux et 10 verticaux
- 20 moteurs
- 11 palettes fixées sur chaque tige
- La grille a des dimensions de $500 \times 500 \text{ mm}$
- Chaque palette a des dimensions de $50\sqrt{2} \times 50\sqrt{2} \text{ mm}$

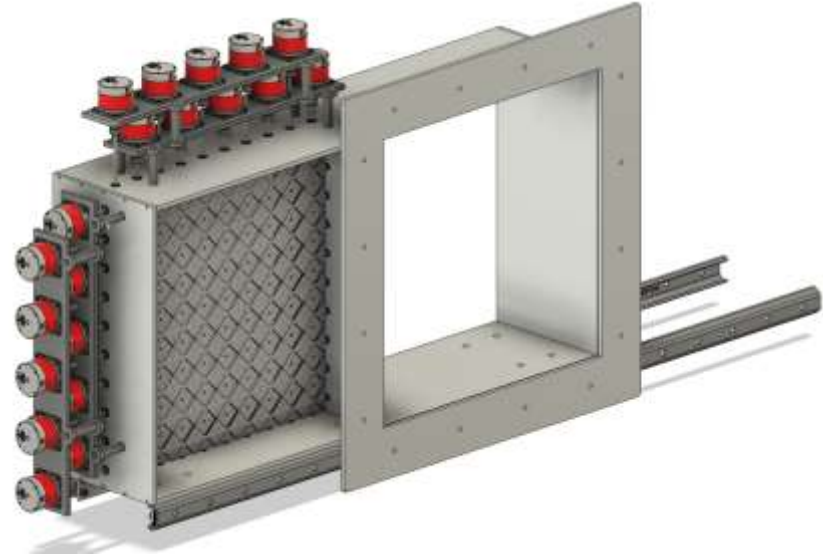


Figure 1. Final assembly. IMFT

Composante électronique

- *NI Compact RIO 9039*
 - Carte FPGA *Kintex-7 325T*
 - Processeur 1,91 MHz quadruple cœur
- Modules E/S
 - *NI 9403*
 - *NI 9263*
 - *NI 9264*
 - *NI 9205*
- Alimentation *Traco Power TSP 360-124, 24V/10A*
- Codeurs optiques incrémentaux *HEDS 5540*
- Drivers

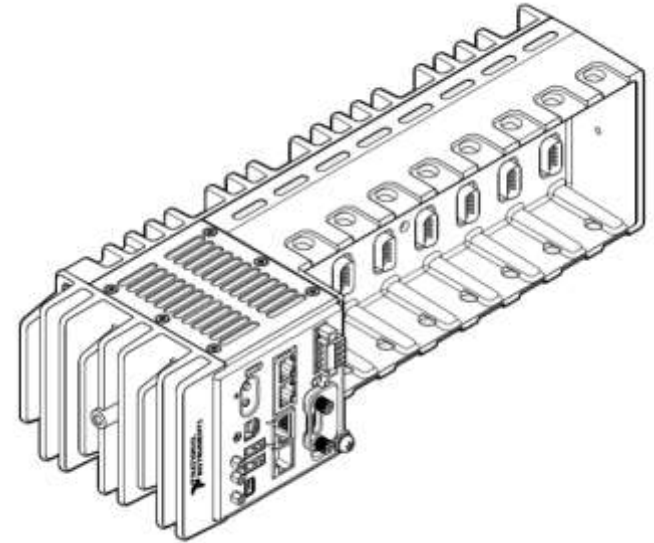


Figure 2. NI cRIO 9039. National Instruments

Moteurs

Sonceboz Hybrid Stepper Motors 6600-20

Caractéristiques mécaniques

- Moteurs pas à pas de 200 pas par révolution
- Précision de $1,8^\circ$
- Torque statique de 925 mN·m

Caractéristiques électriques

- Tension d'alimentation de $+24 V_{DC}$
- Courant nominal de 3,8 A

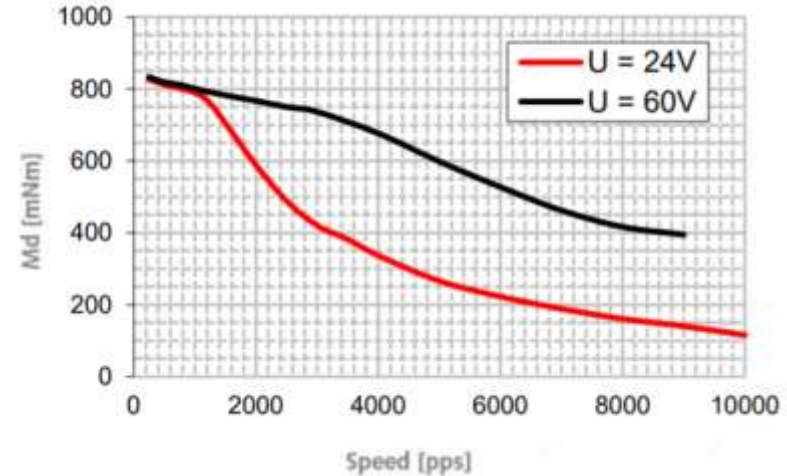


Figure 3. Courbe Vitesse - Torque. Sonceboz

Drivers

- Un driver fait la connexion entre le système de contrôle et le système à contrôler
- Il est requis dû aux besoins de puissance
- Les drivers permettent de mettre en place une communication fiable entre la *NI cRIO* et les moteurs à commander
- Il est nécessaire un driver par moteur
- Dans ce système, les moteurs sont alimentés avec une tension de 24V et un courant de 380 mA
- Le driver choisi est le *Axiesdrive S-10*
- Ils sont configurés en mode **Speed GO/DIR**

Drivers

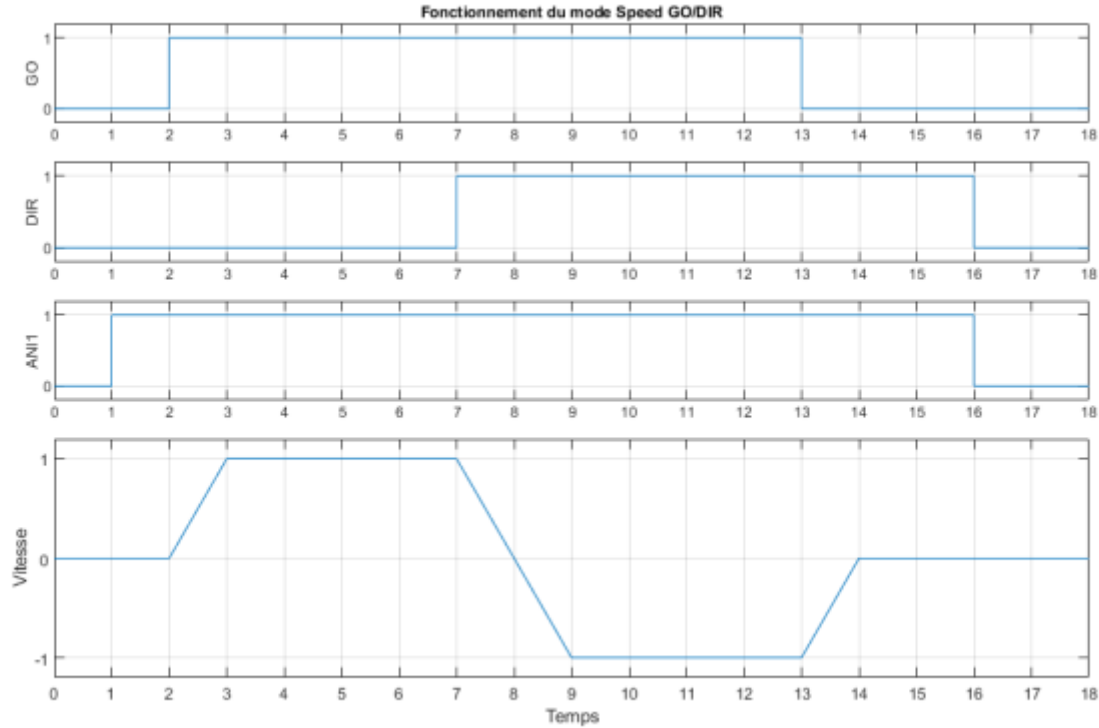


Figure 4.
Fonctionnement
du mode Speed
GO/DIR

Couches du programme

- **Couche Interface Utilisateur**
 - Tourne sur l'ordinateur de l'utilisateur
 - Permet à l'utilisateur de configurer tous les paramètres réglables aux lesquels il a accès
 - Interface user-friendly
- **Couche Temps réel**
 - Exécuté sur le processeur de la NI cRIO (utilise 91% de la charge CPU)
 - Réalise l'ordonnancement des tâches en fonction de la priorité et de la date d'arrivée des messages
 - Permet la communication entre l'utilisateur et la FPGA
- **Couche FPGA**
 - Exécuté sur la FPGA *Kintex-7 325T* de la NI cRIO
 - Exécute toutes les fonctions de contrôle et commande des moteurs

Commande en vitesse

- Le driver fait lui-même la régulation en courant et en vitesse
- Il existe une relation quasi-proportionnelle entre la tension envoyée vers le driver et la vitesse du moteur
- Pour trouver l'équation qui définit cette relation on envoie différentes tensions vers le driver et on mesure la vitesse des moteurs à l'aide des codeurs incrémentales

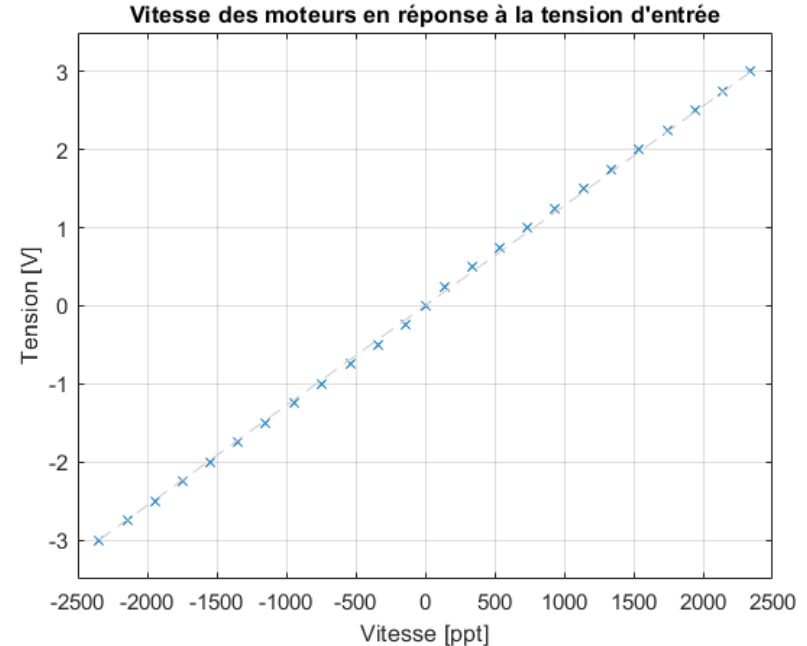


Figure 5. Tension requise pour différentes vitesses du moteur

Commande en vitesse

- On fait l'interpolation des points trouvés pour calculer l'équation qui définit la relation tension-vitesse

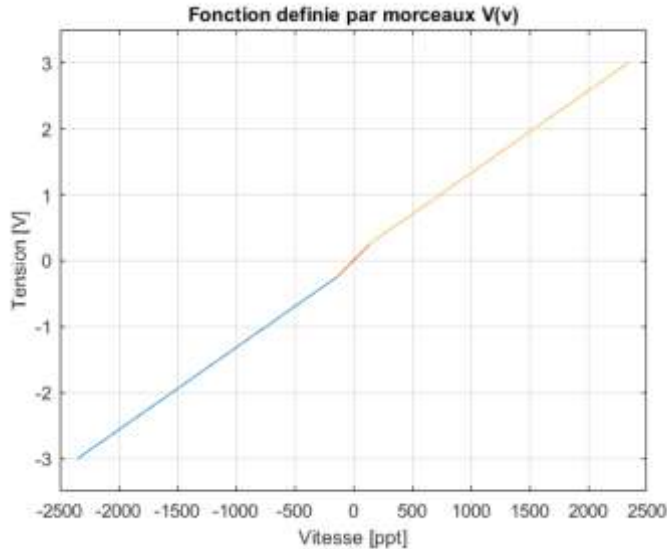


Figure 6. Tension en fonction de la vitesse du moteur

$$V(v) = \begin{cases} 0,00125 \cdot v - 0,07291 & \text{si } v < -150 \\ 0,00177 \cdot v & \text{si } -150 \leq v \leq 150 \\ 0,00125 \cdot v + 0,07961 & \text{sinon} \end{cases}$$

- Vérification avec trois moteurs

$$e_{max} = e_3 \Big|_{V_r = -0,25} = 3,37\%$$

- Unités ppt (pulses par tick) : Nombre de pulses du codeur par période d'horloge de contrôle

Synchronisation des moteurs

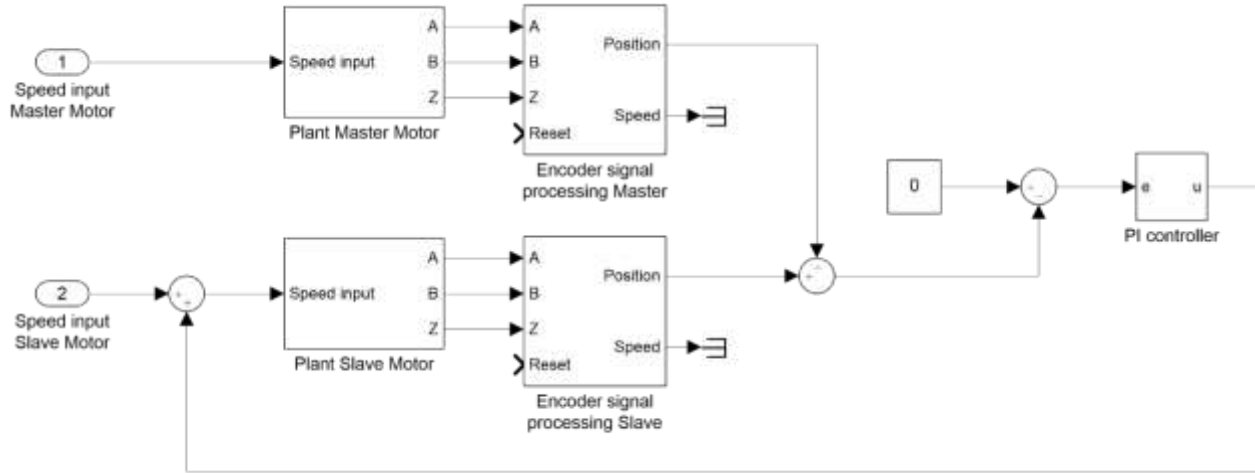


Figure 7.
Schéma blocs
du système de
synchronisation
de deux
moteurs

- Concept de moteur maître et moteur esclave
- La consigne du système est la différence de position désirée
- Le système possède deux perturbations externes

Synchronisation des moteurs

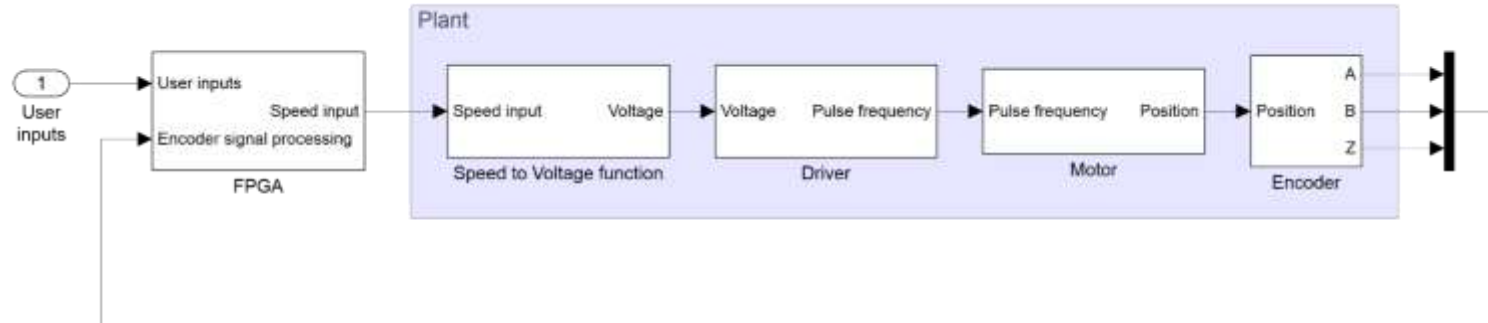


Figure 8. Description détaillée du procédé

- Concept de moteur maître et moteur esclave
- La consigne du système est la différence de position désirée
- Le système possède deux perturbations externes

Synchronisation des moteurs

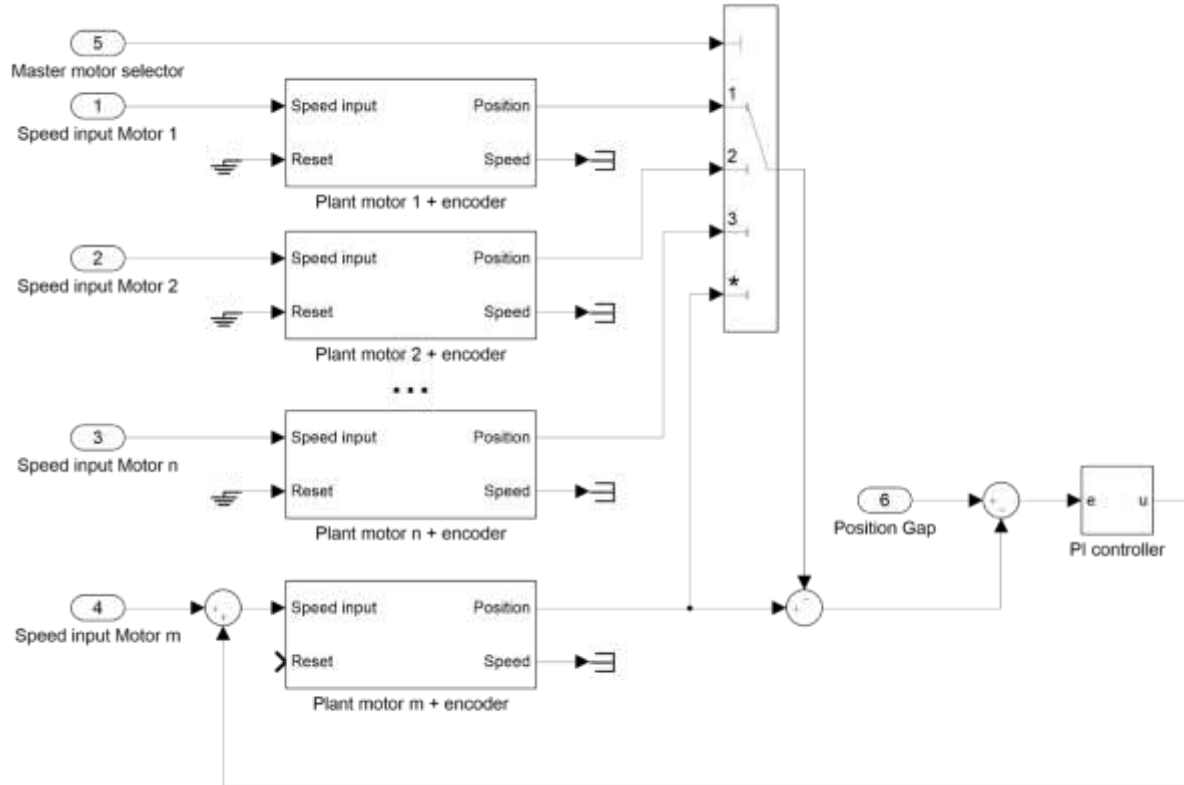
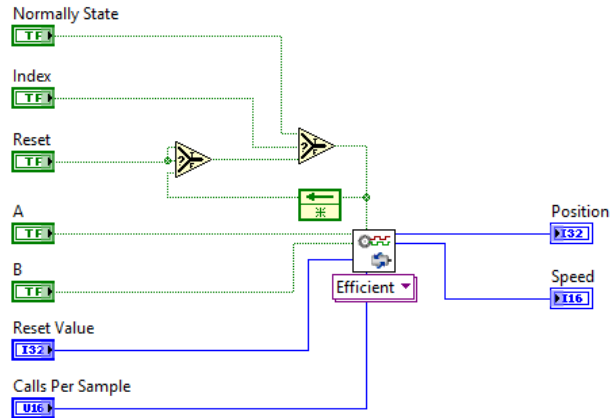


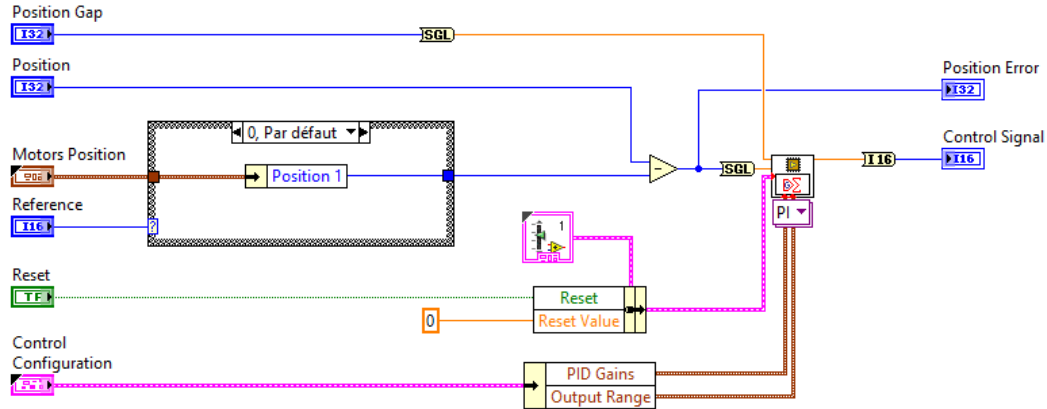
Figure 9. Schéma blocs du système de commande en vitesse et position d'un moteur individuel

Diagramme Labview



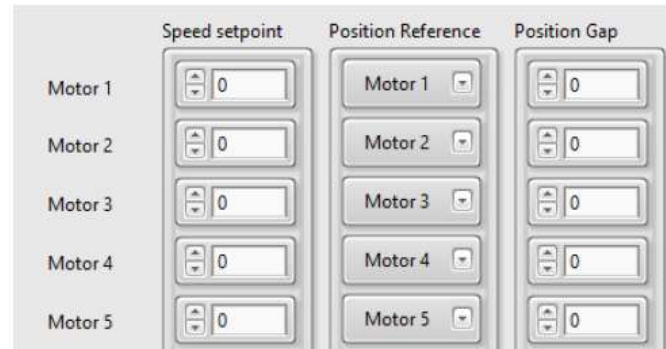
Fonction d'estimation de vitesse et position pour un moteur individuel

Diagramme Labview



Fonction de synchronisation pour un moteur individuel

Face-avant Labview



Section de l'interface pour définir la consigne de vitesse, le moteur maître et la consigne d'écart de position

Face-avant Labview



Section de l'interface qui affiche les valeurs de tension, vitesse et position absolue et relative des moteurs

Travail à venir

- Compiler le programme pour entrer dans le mode exécutable
- Faire des tests du système avec tous les moteurs installés sur la grille, avec les inerties et couples intrinsèques de la construction mécanique
- Par essais et corrections successives, trouver différents modes de synchronisation des moteurs pour obtenir les turbulences désirées
- Une fois qu'on a trouvé les synchronisations les plus favorables, mettre en place une boucle de contrôle pour faire des petites corrections sur la vitesse des moteurs

Vidéo test



Merci de votre écoute

Questions