

Comparaison entre un Robot Idéal et un Robot Réel piloté par PID

June 6, 2025

Introduction

Ce rapport présente une simulation comparative entre deux modèles de robot différentiel :

- un robot **idéal**, piloté par une consigne de vitesse directement appliquée aux roues ;
- un robot **réel**, utilisant deux moteurs à courant continu (CC) pilotés par des régulateurs PID indépendants pour chaque roue.

L'objectif est d'évaluer les performances de suivi de trajectoire du robot réel par rapport à un modèle de référence parfait.

Modèle de robot différentiel

Le robot est composé de deux roues indépendantes séparées d'une distance L , chaque roue ayant un rayon R . La cinématique s'écrit :

$$v = \frac{v_d + v_g}{2}, \quad \omega = \frac{v_d - v_g}{L}$$

où v_g et v_d sont les vitesses des roues gauche et droite respectivement.

Stratégie de commande

Robot idéal

Le robot idéal applique directement les vitesses (v_g, v_d) calculées à partir de la trajectoire souhaitée.

Robot réel

Chaque roue est entraînée par un moteur CC modélisé dynamiquement. La tension U est déterminée par un PID :

$$U = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

où $e(t)$ est l'erreur entre la consigne de vitesse (en rad/s) et la vitesse réelle mesurée par le moteur.

Trajectoire de test

La trajectoire est composée de trois phases :

1. Avancer en ligne droite ($v_g = v_d = 0.4$ m/s)
2. Virage à gauche ($v_g = 0.2$, $v_d = 0.4$)
3. Virage à droite ($v_g = 0.4$, $v_d = 0.2$)

Chaque phase dure environ 3 secondes, suivie d'un arrêt.

Résultats expérimentaux

Robot idéal

Le robot idéal suit exactement la trajectoire souhaitée. Les vitesses des roues suivent un profil carré conforme à la consigne. Aucune dérive n'est observée.

Robot réel

Le robot réel présente :

- une montée en vitesse progressive due à l'inertie et au frottement ;
- un léger décalage dans l'entrée des virages (temps de réponse) ;
- une très bonne stabilité si les gains PID sont bien choisis.

Comparaison

Les résultats montrent une bonne concordance globale. Toutefois, les écarts suivants apparaissent :

- **temps de montée** plus lent pour le réel ;
- **lissage** des transitions (pas de saut instantané) ;
- **erreurs transitoires** visibles mais faibles.

Conclusion

Le modèle réel permet un suivi efficace de la trajectoire malgré les contraintes physiques. Le robot PID atteint des performances très proches de l'idéal avec un réglage adapté. Cette simulation met en évidence l'intérêt du contrôle en boucle fermée et la réalité de la dynamique moteur.