

Optimisation de la régulation dynamique d'un véhicule à trois roues

Thèse de Master

Contenu

- 1. Introduction**
- 2. Historique**
- 3. Présentation de la plateforme**
- 4. Développement**
- 5. Résultats**
- 6. Conclusion et travaux futurs**

1. Introduction

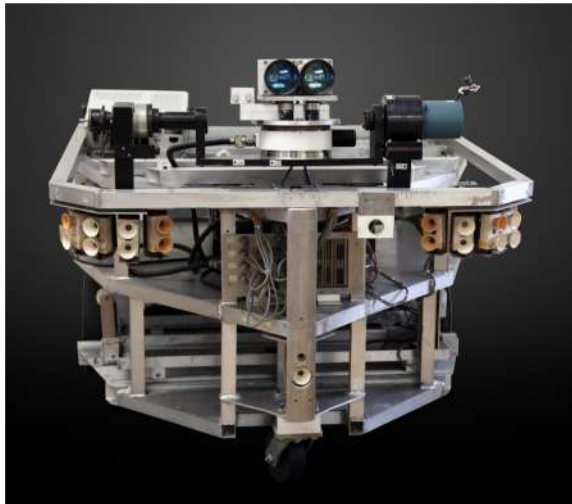
Introduction

- ▶ Etudes des recherches actuelles dans le domaine
- ▶ Choix des éléments hardware
- ▶ Développement d'un système de traction couple-vitesse
- ▶ Evaluation du système et de ses limites

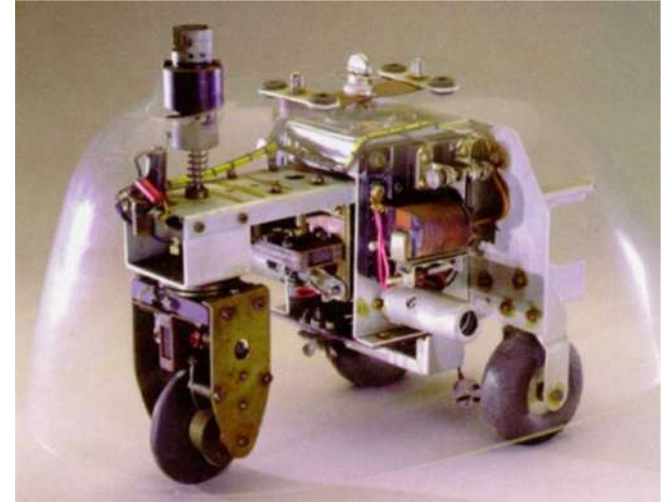
2. Historique

Historique

- ▶ Robot à traction différentielle
 - ▶ Années 1950 (EN)
 - ▶ Les cybertortues
 - ▶ William Grey Walter
 - ▶ Années 1970 (FR)
 - ▶ HILARE Robot
 - ▶ Institut de recherches LAAS



Source: <https://archive.org>



Source: <https://www.lesechos.fr/>

3. Présentation de la plateforme

Présentation de la plateforme

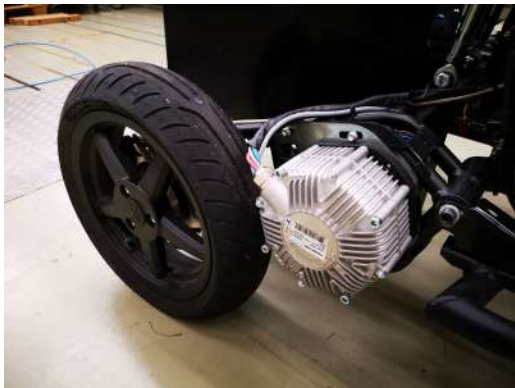
Véhicule et équipements



Présentation de la plateforme

Véhicule et équipements

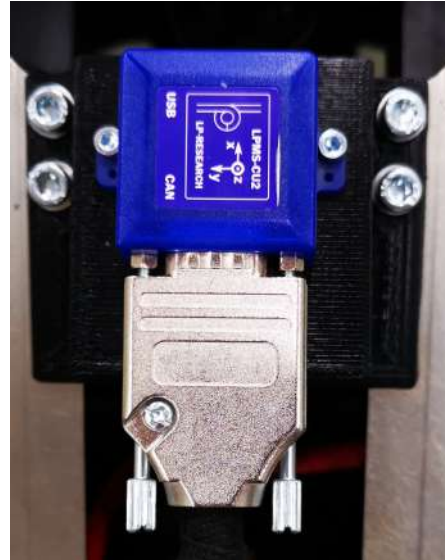
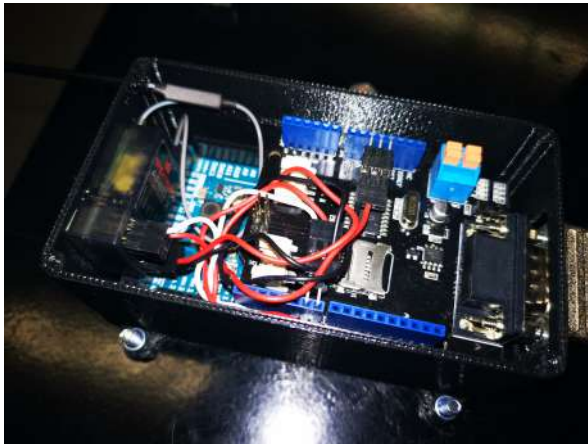
- ▶ Drives configurables
- ▶ Contrôler temps réel
- ▶ Moteurs BLDC 4kW



Présentation de la plateforme

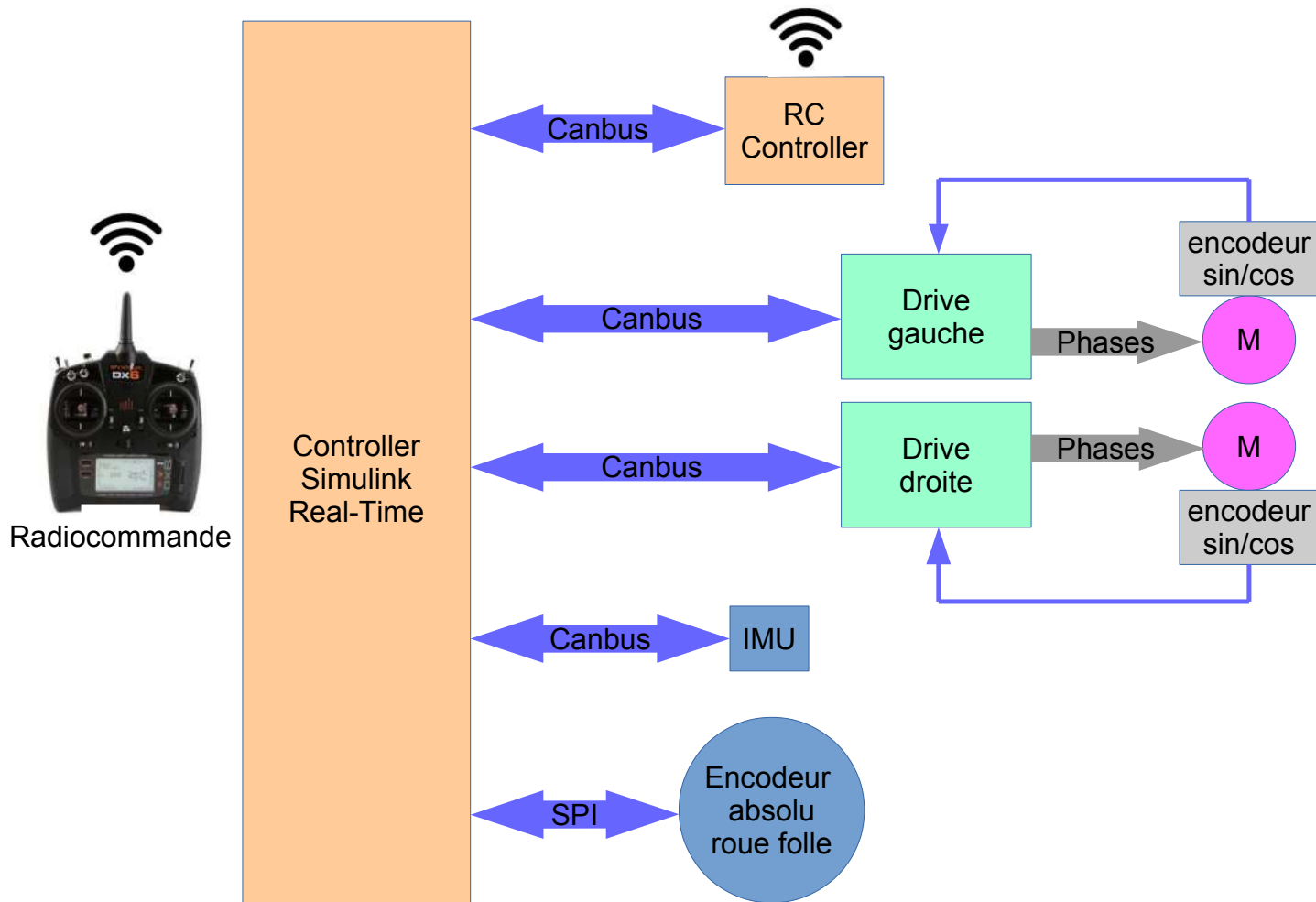
Véhicule et équipements

- ▶ Encodeur absolu sur l'axe de la roue folle
- ▶ Capteur inertiel 3 axes
- ▶ Boîtier de commande à distance



Présentation de la plateforme

Schéma bloc des composants

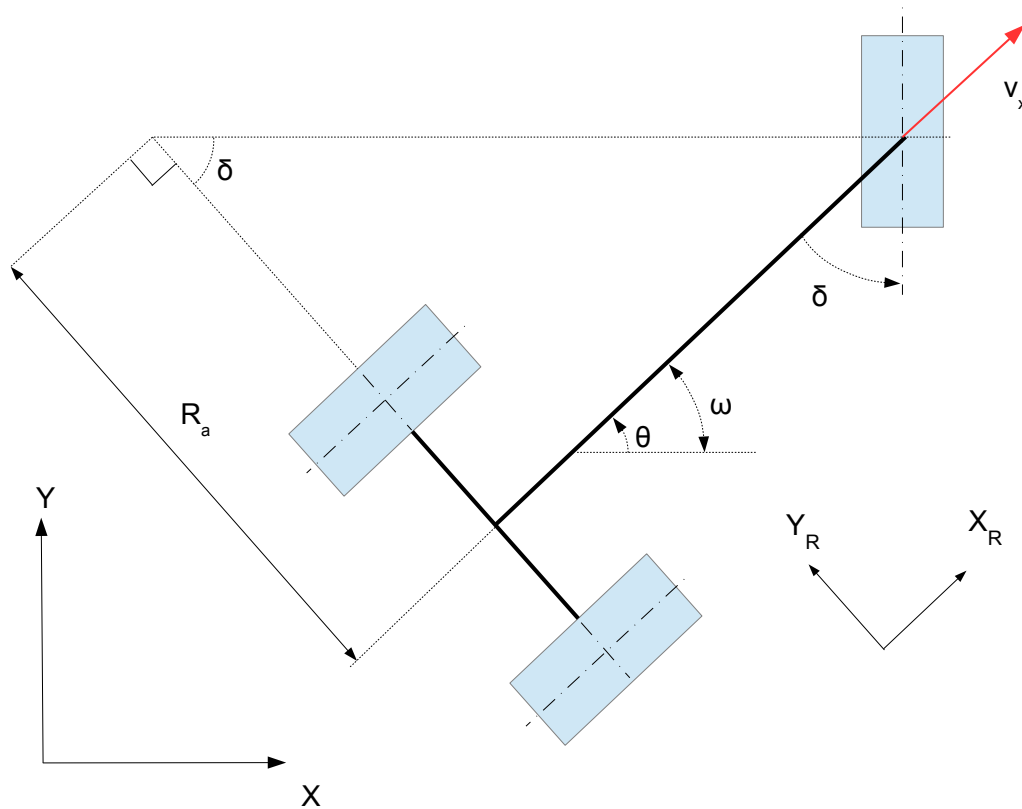


4. Développement

Développement

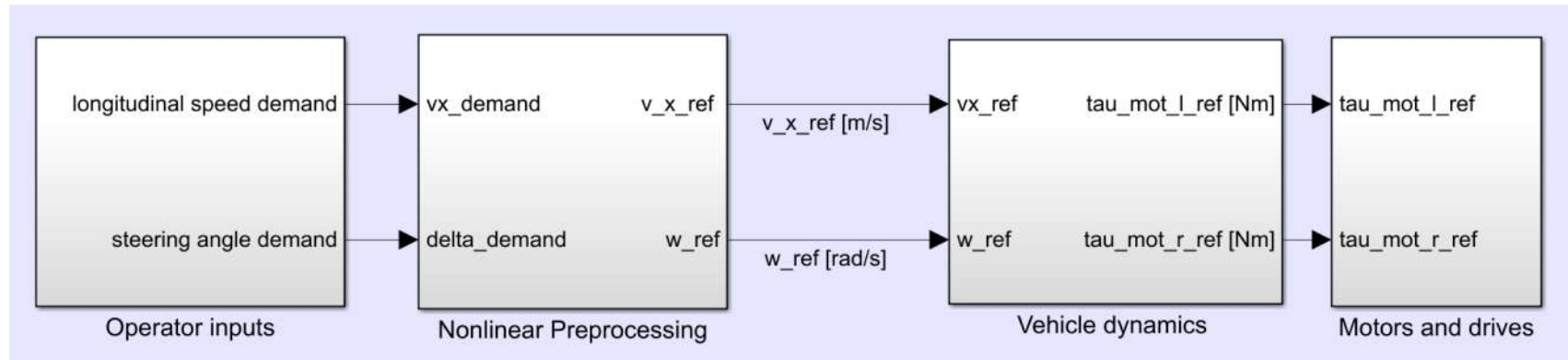
Superposition de principes

► Véhicule Ackermann vs Véhicule à traction différentielle



Développement

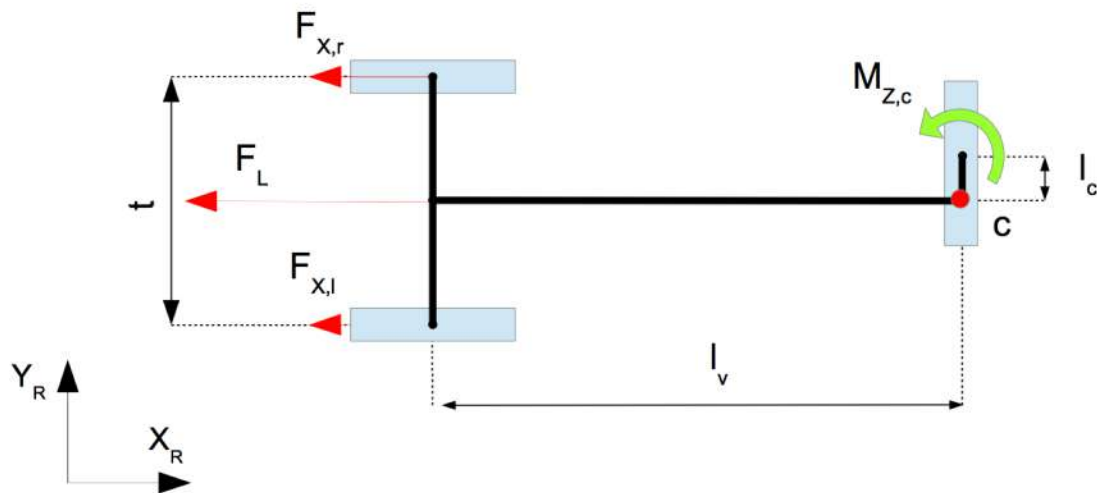
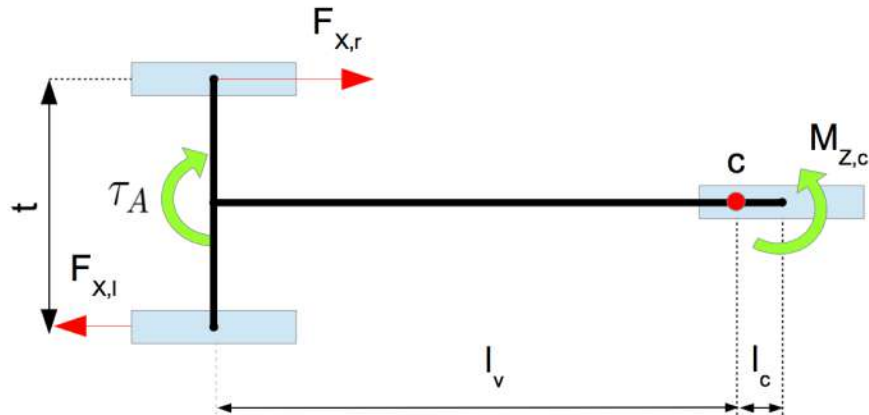
Système à régler



- ▶ **Preprocessing non-linéaire**
 - ▶ Transformation de principe Ackermann → traction différentielle
- ▶ **Dynamique du véhicule**
 - ▶ Prise en compte des moments de frottement extérieurs aux roues
- ▶ **Moteurs et drives**
 - ▶ Système à incertitudes nécessitant une identification

Développement

Influence de la roue folle



Développement

Equations dynamiques

- ▶ Simulation selon les équations théoriques du système
 - ▶ Equations lagrangiennes réduites dans l'espace d'état

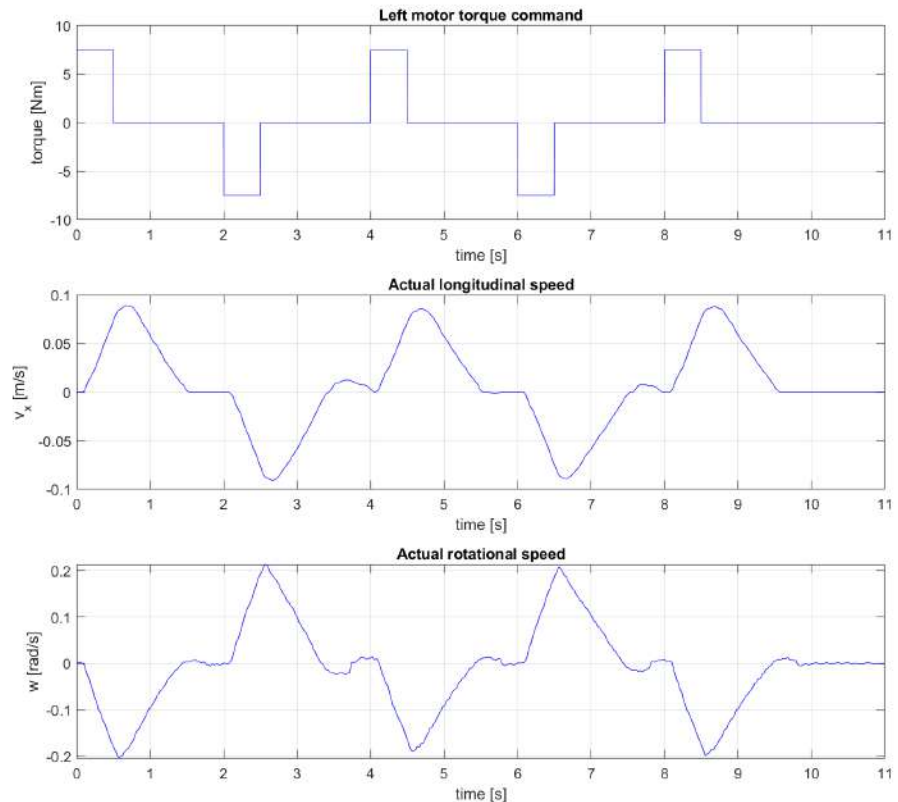
$$\dot{v} = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-2l \cdot m \cdot r^2}{m \cdot r^2 + 2I_{wy}} \cdot \dot{\theta}^2 \\ \frac{4l \cdot m \cdot r^2}{4r^2(3l^2 \cdot m + I_{zz}) + I_{wy} \cdot t^2} \cdot v_x \cdot \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{r}{m \cdot r^2 + 2I_{wy}} \\ \frac{r \cdot t}{4r^2(3l^2 \cdot m + I_{zz}) + I_{wy} \cdot t^2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tau_r \\ \tau_l \end{bmatrix}$$

- ▶ Pas de prise en compte du moment de résistance dû à la roue folle
 - ▶ Nécessite le développement d'un modèle onéreux

Développement

Identification

- Identification des fonctions de transfert entre le couple de consigne et les vitesses mesurées
- Développement d'une nouvelle simulation



Développement

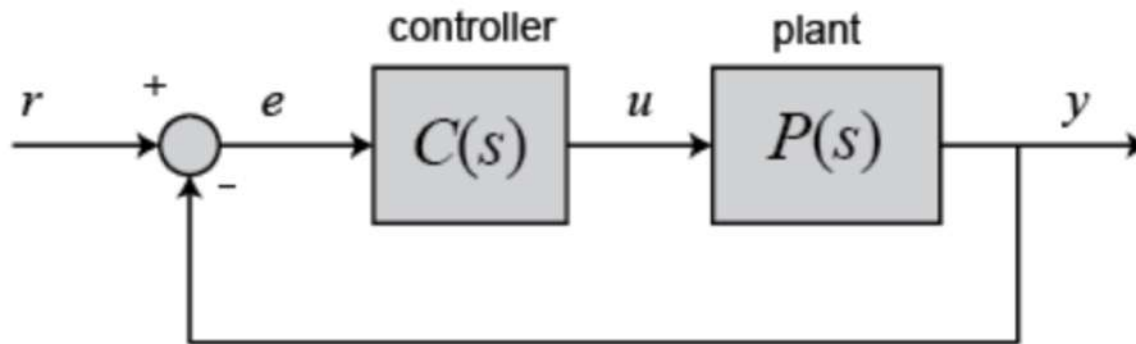
Conclusion des simulations locales et décision

- ▶ Moments nécessaires à entraîner le véhicule plus grands pour les résultats du système identifié
- ▶ Dimensionnement des régulateurs sur la base du système identifié

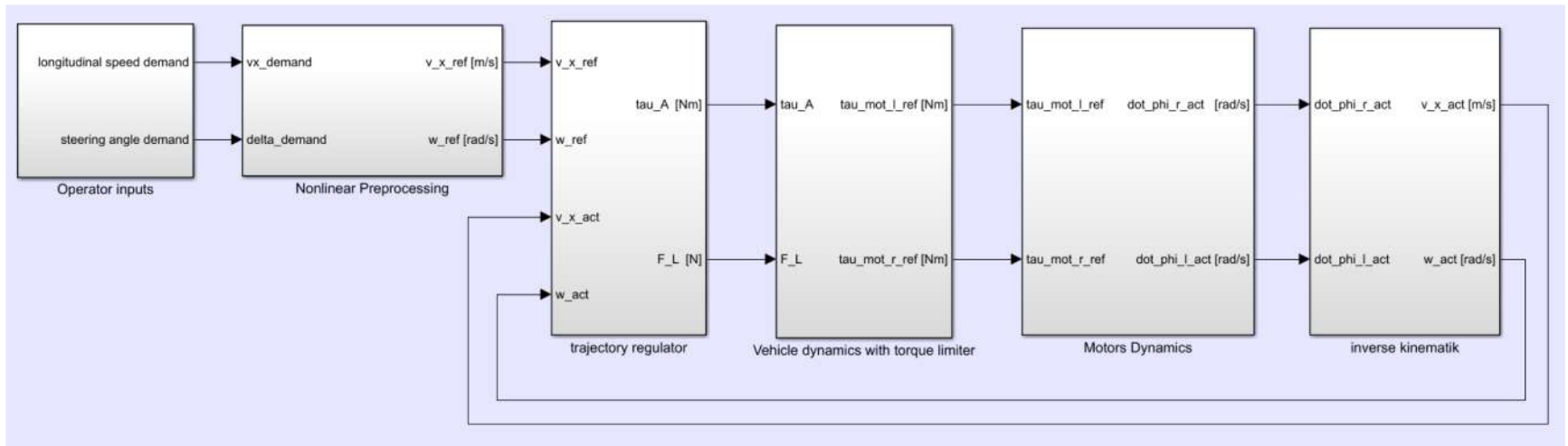
Développement

Système réglé

► Principe de base



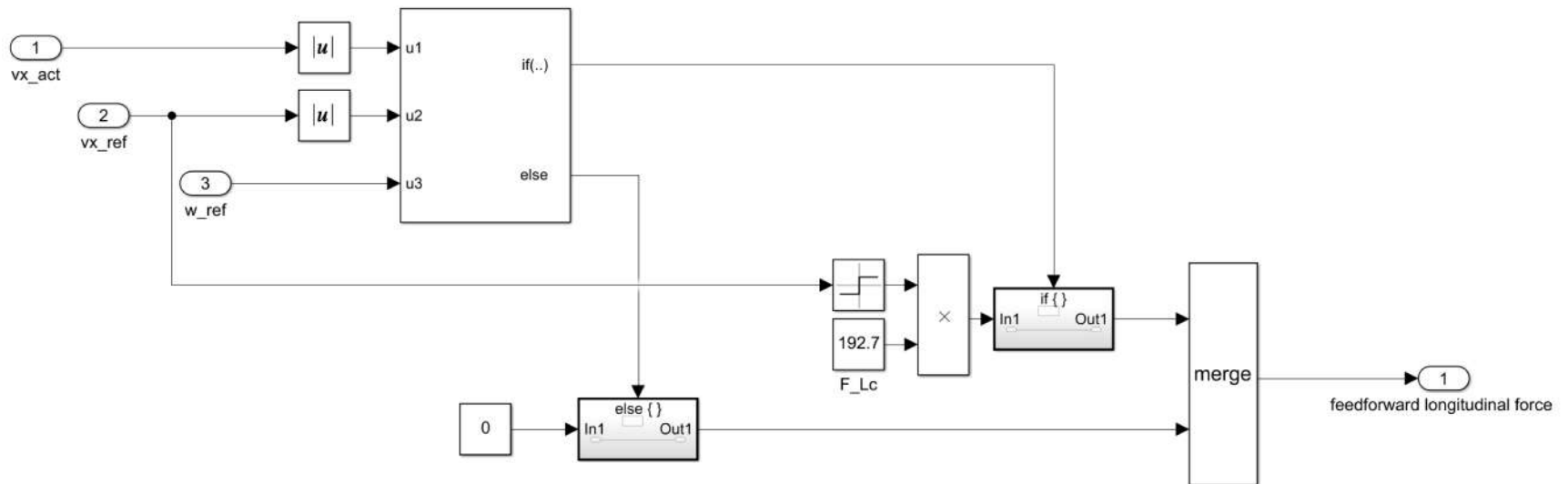
Développement Système réglé



Développement

Stratégies ajoutées au système

- Compensation moment de frottement roue folle
 - Feedforward sous conditions



Développement

Stratégies ajoutées au système

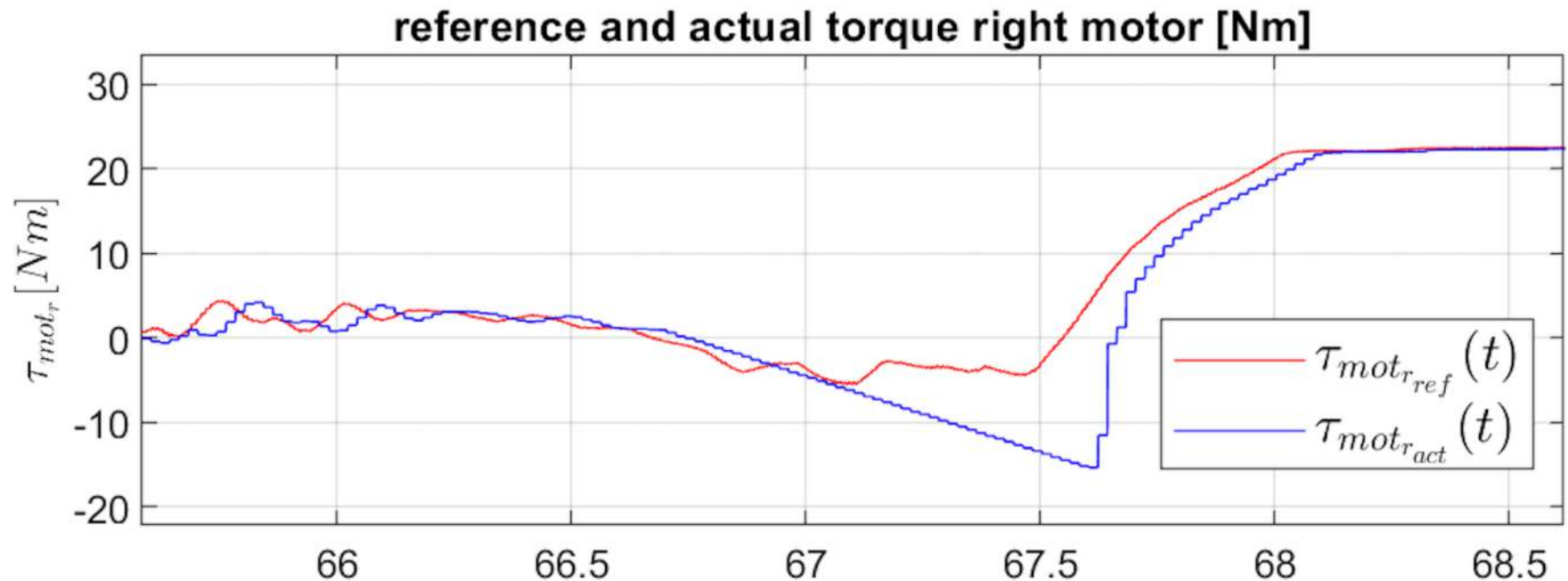
- ▶ Régulation anti-patinage par limitation des couples moteurs

$$\tau_{mot_{max}} = \frac{\mu_s \cdot N \cdot (m_z \cdot r_{dyn}^2 + I \omega y)}{m_z \cdot r_{dyn} \cdot i_G \cdot \eta_G}$$

Développement

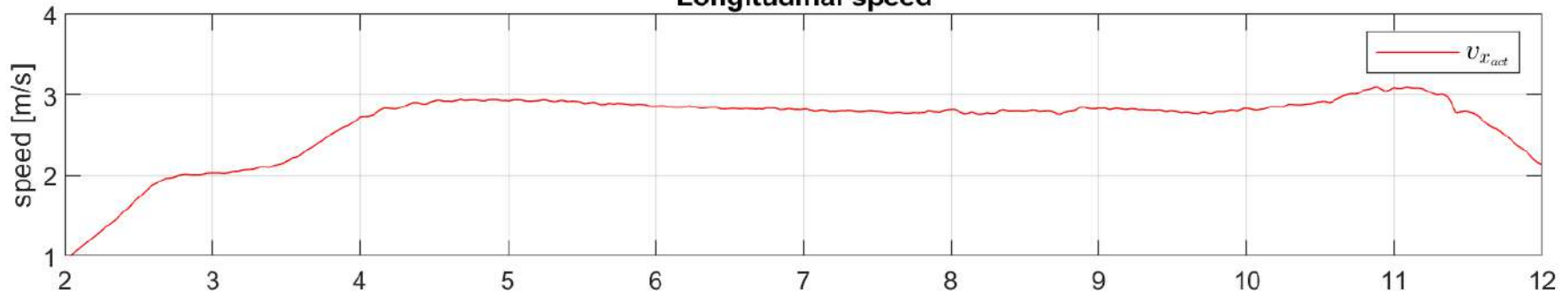
Limitations

► Régulation couple des drives

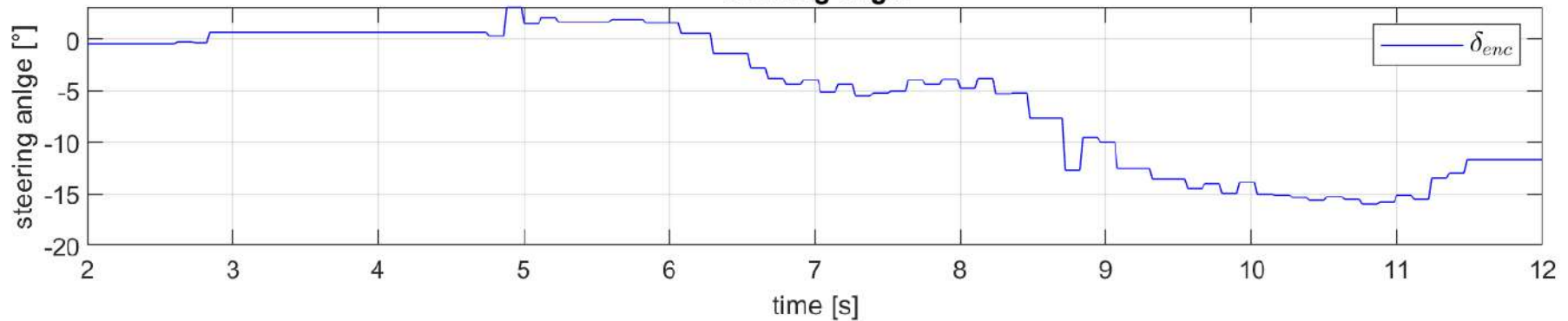


Développement Schimmy

Longitudinal speed



Steering angle

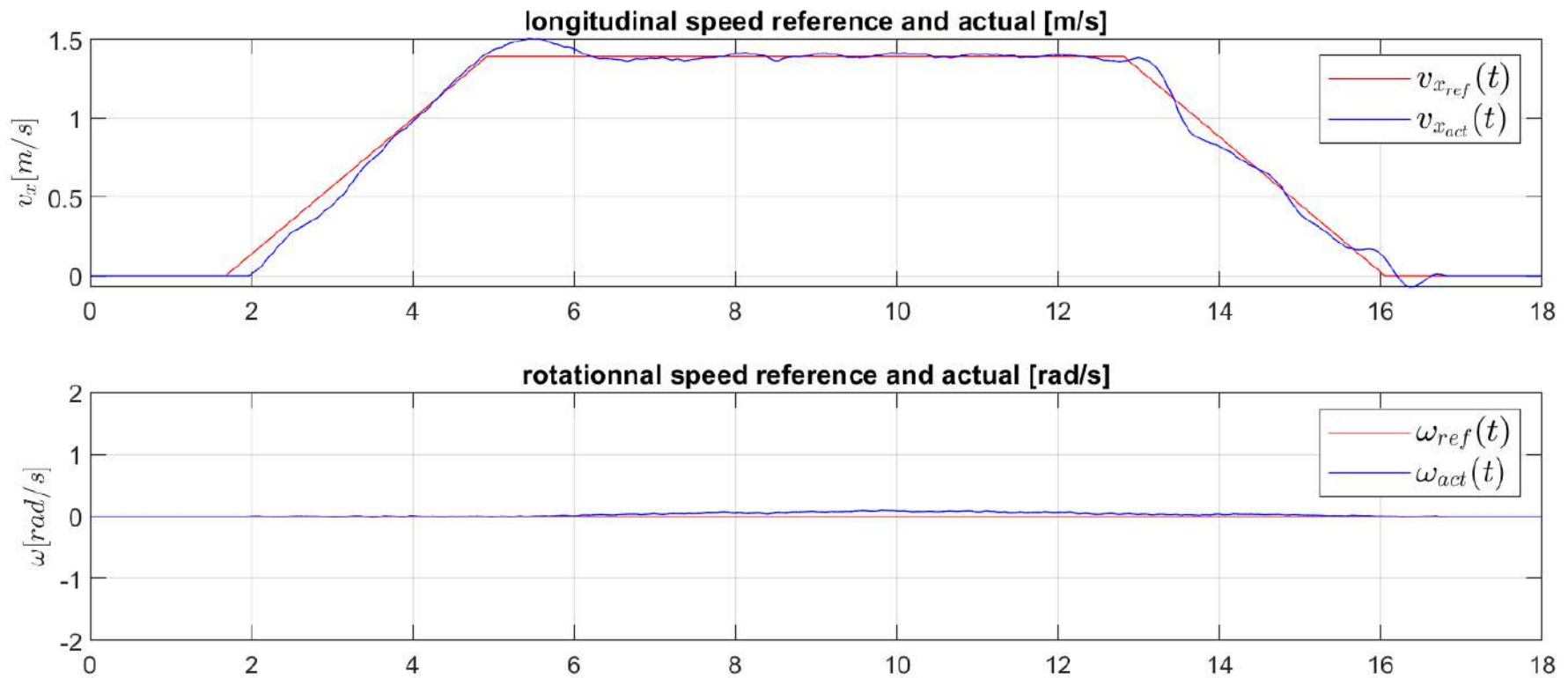


5. Résultats

Résultats

Tests en ligne droite

► Limite à 5km/h

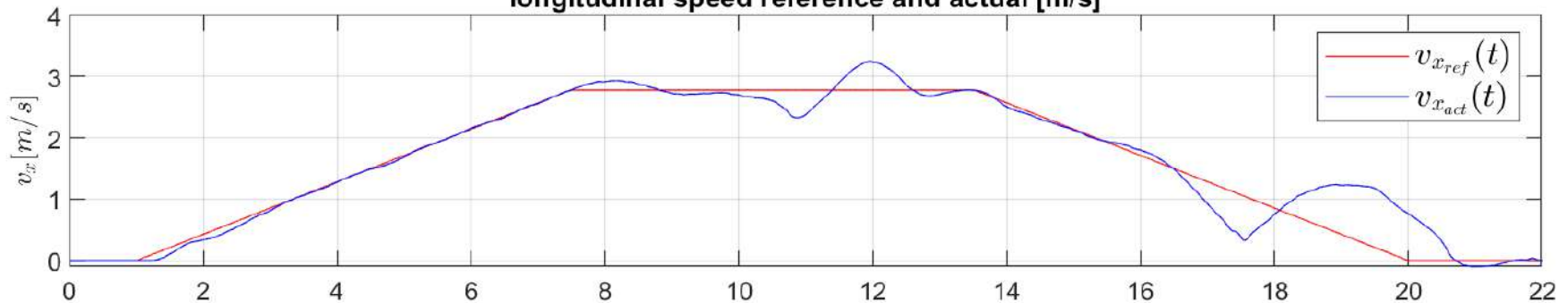


Résultats

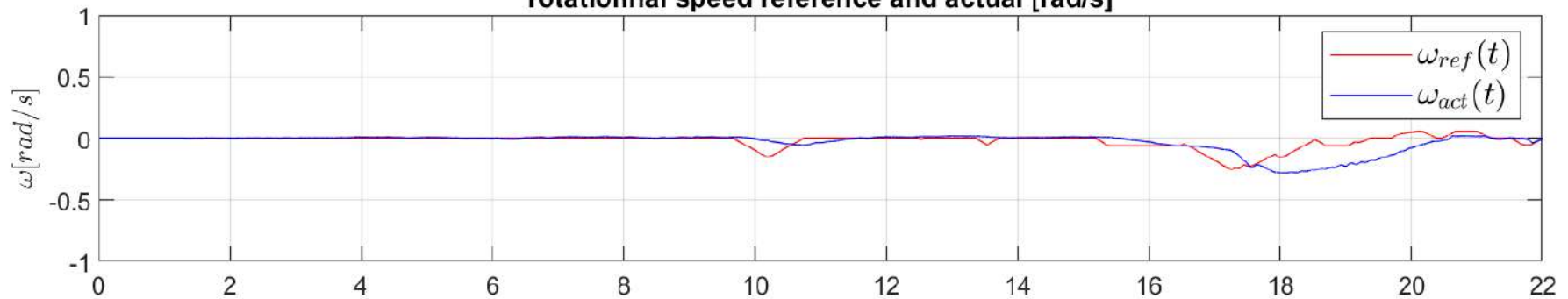
Tests en ligne droite

- ▶ Limite à 10km/h avec impulsion d'angle de braquage

longitudinal speed reference and actual [m/s]

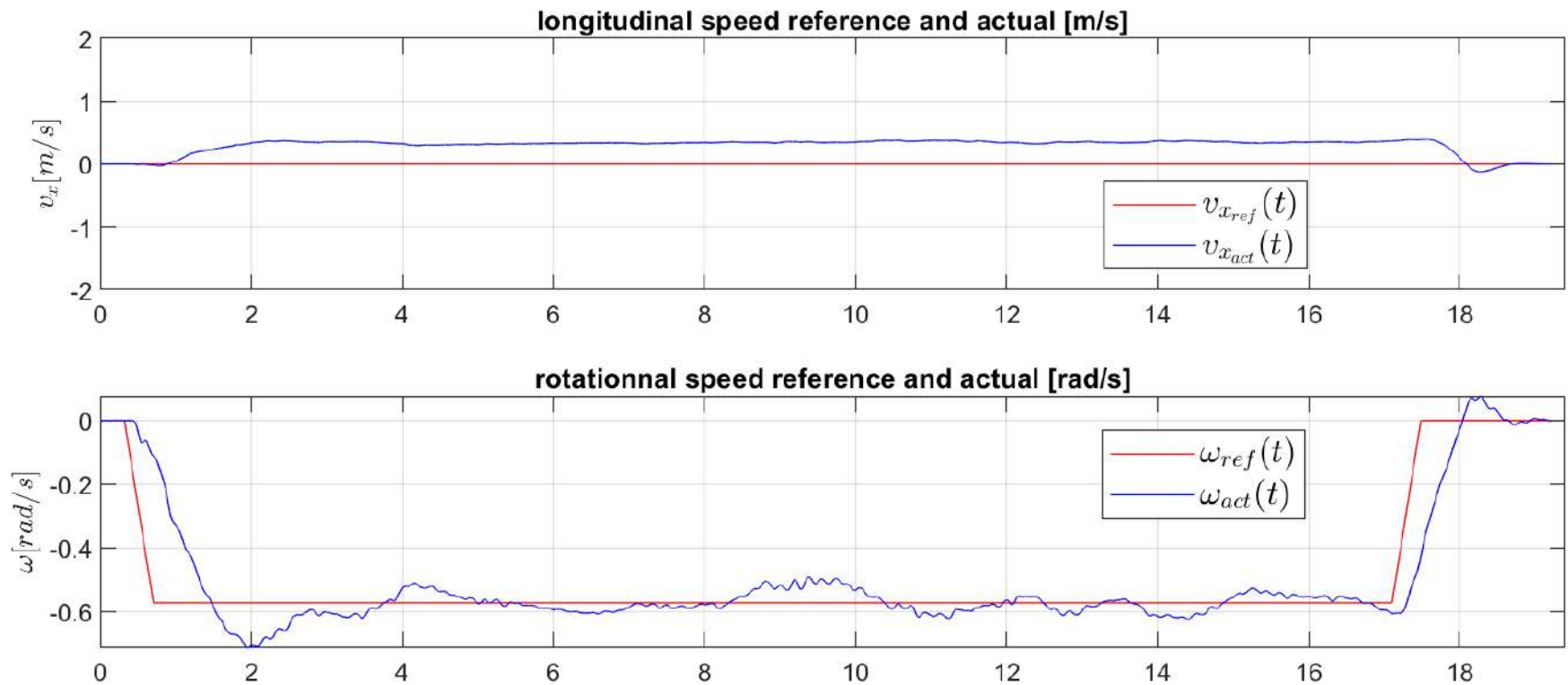


rotationnal speed reference and actual [rad/s]



Résultats

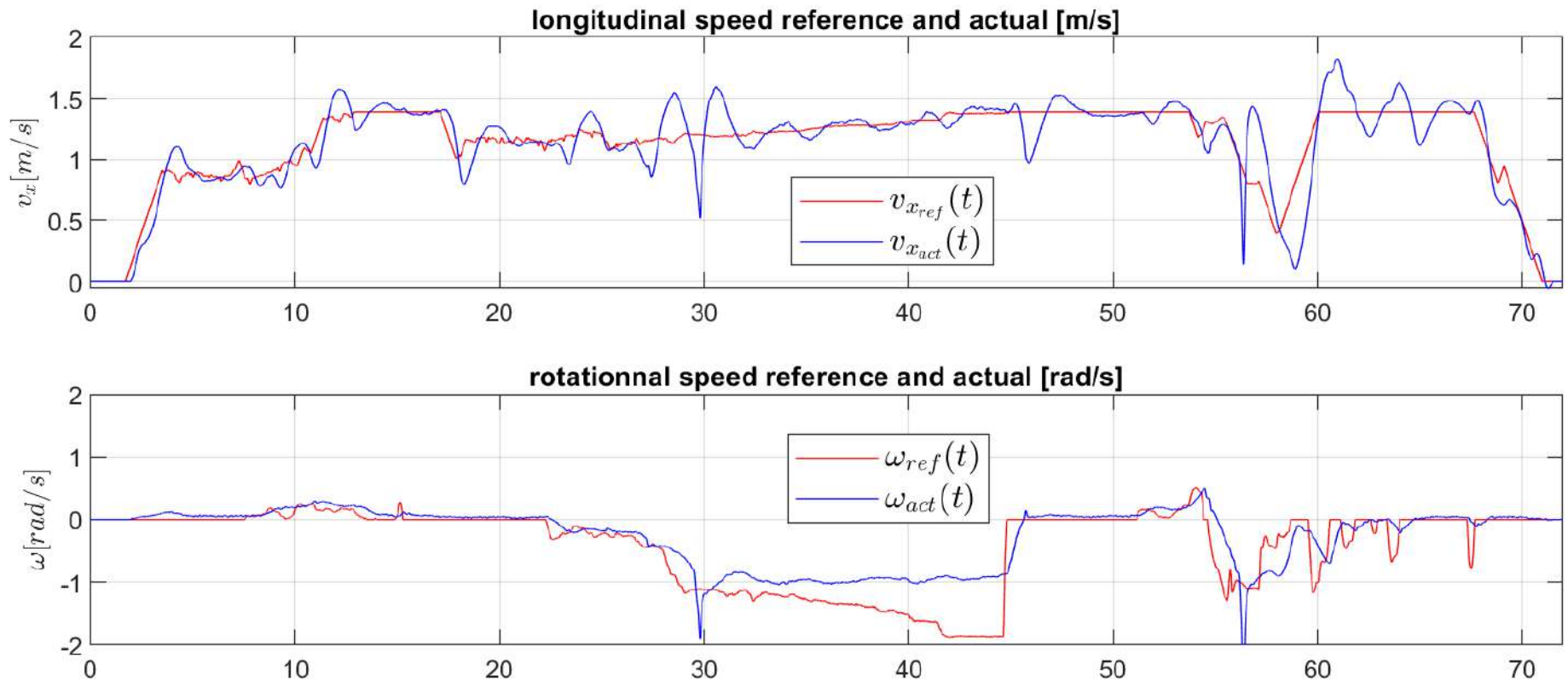
Test en roulage statique



Résultats

Test en conduite mixte

► Limite à 5km/h



5. Conclusion et travaux futurs

Conclusion et travaux futurs

- ▶ Contributions apportées
- ▶ Limites du système actuel
- ▶ Améliorations de la plateforme
- ▶ Développement du principe leader follower

Merci pour votre attention
Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Sources

- ▶ https://www.lesechos.fr/22/08/2016/LesEchos/22259-036-ECH_les-cybertortues-de-william-grey-walter.htm
- ▶ <https://archive.org/details/1980V2n1/page/n19>

Temps de questions