

# Application de l'allocation de contrôle sous contraintes non-linéaires pour optimiser les entrées de commande d'un véhicule industriel

Ngoc-Tuan VU<sup>1</sup>, Sébastien MORTEROLLE<sup>1</sup>, Wifrid MARQUIS-FAVRE<sup>2</sup>, Lionel MAIFFREDY<sup>1</sup>, Didier REMOND<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Lyon, CNRS, INSA-Lyon, LaMCoS UMR5259, F-69621, France

<sup>2</sup>Université de Lyon, CNRS, INSA-Lyon, Ampère UMR5005, F-69621, France

## Introduction

Des solutions électriques diversifient les architectures de véhicule et multiplient les actionneurs, permettant par exemple de contrôler les angles de braquage et les couples de chacune des roues. La gestion optimale de ces actionneurs, influant sur la dynamique du véhicule, pourrait améliorer la sécurité active (stabilité en roulis et lacet...) et aussi permettre des économies d'énergie. Un des buts du travail présenté est d'évaluer les gains possibles pour réfléchir à de nouvelles pistes d'optimisation de la consommation énergétique des véhicules électriques ou hybride.

## Schéma général

- Contrôle du véhicule à l'aide d'un modèle de dynamique du véhicule et d'une allocation de contrôle

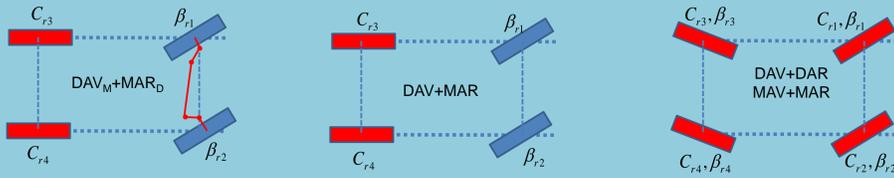


## Allocation de contrôle

- Minimisation d'une fonction coût non-linéaire et pondérée

$$J = \|GX - F\|_{W_F}^2 + \|u - u_{res}\|_{W_u}^2$$

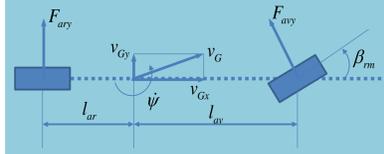
- Sous contraintes non-linéaires liées à l'architecture du véhicule et aux comportements du pneumatique



Architecture	Contraintes				
	Liées à architecture			Liées aux comportements du pneumatique	
	$\frac{1}{\tan \beta_{r2}} - \frac{1}{\tan \beta_{r1}} = \frac{B_{zz}}{L_v}$	$C_{r1}=0; C_{r2}=0$ $\beta_{r3}=0; \beta_{r4}=0$	$C_{r3}=C_{r4}$	$ F_{rxi}  \leq D_{rxi} K_{imax}$ $ F_{ryi}  \leq D_{ryi} \alpha_{imax}$	$F_{rxi}^2 + F_{ryi}^2 - \mu_r^2 F_{rxi}^2 \leq 0$
DAV_M+MAR_D	A	A	A	A	A
DAV+MAR	NA	A	NA	A	A
DAV+DAR; MAV+MAR	NA	NA	NA	A	A

DAV\_M: Direction Mécanique avant MAV\_D: Moteur roue avant avec différentiel  
DAV: Direction avant MAV: Moteur roue avant  
DAR: Direction arrière MAR: Moteur roue arrière

## Générateur de la trajectoire: Modèle bicyclette à 3DDLs



- Modèle latéral
- Modèle linéaire du pneumatique
- $v_{Gx}^{ref} = 16.67 m/s$  vitesse longitudinale

## Modèle de simulation à 27DDLs

- Modèle **validé avec des expériences** et capable de reproduire le comportement du véhicule avec 27DDLs sous diverses conditions de fonctionnement

## Puissances

- Puissance perdue aux pneumatiques

$$\begin{cases} P_{rx}(t) = \sum_{i=1}^n F_{rxi}(t)(v_{rxi}(t) - r_{ri}\omega_{ri}(t)) \\ P_{ry}(t) = \sum_{i=1}^n F_{ryi}(t)v_{ryi}(t) \end{cases}$$

- Puissance nécessaire pour le braquage

$$P_{rz}(t) = \sum_{j=1}^m M_{rj}(t)(\dot{\beta}_{rj}(t) + \dot{\psi}(t))$$

- Puissance nécessaire aux roues

$$P_{mi} = \sum_{k=1}^l C_{rk}(t)\omega_{rk}(t) \quad \text{if } C_{rk}(t) \geq 0$$

- Puissance récupérable aux roues

$$P_{mr}(t) = \sum_{k=1}^l \eta^2 C_{rk}(t-\tau)\omega_{rk}(t-\tau) \quad \text{if } C_{rk}(t-\tau) < 0$$

## Résultats pour la manœuvre de changement de voie et les trois architectures du véhicule

- Caractéristiques du véhicule

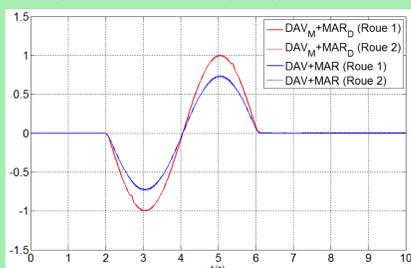
$$M = 19000kg$$

$$I_{zz} = 66354kgm^2$$

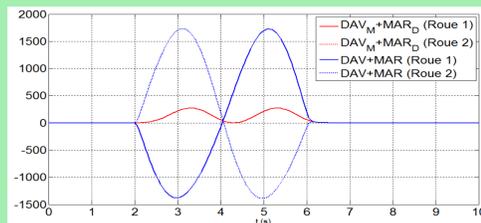
$$B_v = 2.026m$$

$$L_v = 3.815m$$

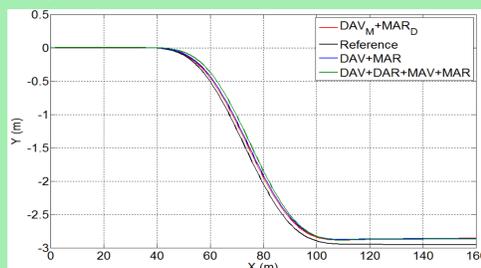
- Angles de braquage



- Couples aux roues



- Trajectoire du véhicule



- Actionnements (à 3s | à 5s)

u	Architecture					
	DAV_M+MAR_D		DAV+MAR		DAV+DAR; MAV+MAR	
	t=3s	t=5s	t=3s	t=5s	t=3s	t=5s
$\beta_m$ (deg)	-0.993	0.993	-0.993	0.993	-0.993	0.993
$\beta_{r1}$ (deg)	-0.998	0.997	-0.720	0.714	-0.519	0.523
$C_{r1}$ (Nm)	0	0	0	0	846.6	-661.8
$C_{r3}$ (Nm)	220.5	214	1702	-1378	737.7	-604.2

- Bilan de puissance

Architecture	Puissance						
	$P_{rz}$ (W)	$P_{rx}$ (W)	$P_{ry}$ (W)	$P_m$ (W)	Sum (W)	Gain (W)	%
DAV_M+MAR_D	-60	-263	-4724	-18160	-23207	0	0
DAV+MAR	-10	-700	-4914	-16890	-22514	693	3.0
DAV+DAR MAV+MAR	-70	-375	-5317	-15780	-21542	1665	7.2

## Conclusion et Perspective

- Le modèle développé permet de simuler un grand nombre d'architectures, de tester des problèmes optimaux différents et aussi d'évaluer les gains que pourraient apporter ces architectures.
- Jusqu'à 7% de différence en terme de puissance consommée entre deux architectures de véhicule
- Introduction de termes énergétiques, de stabilité ou autres dans la fonction coût à étudier