

Contexte

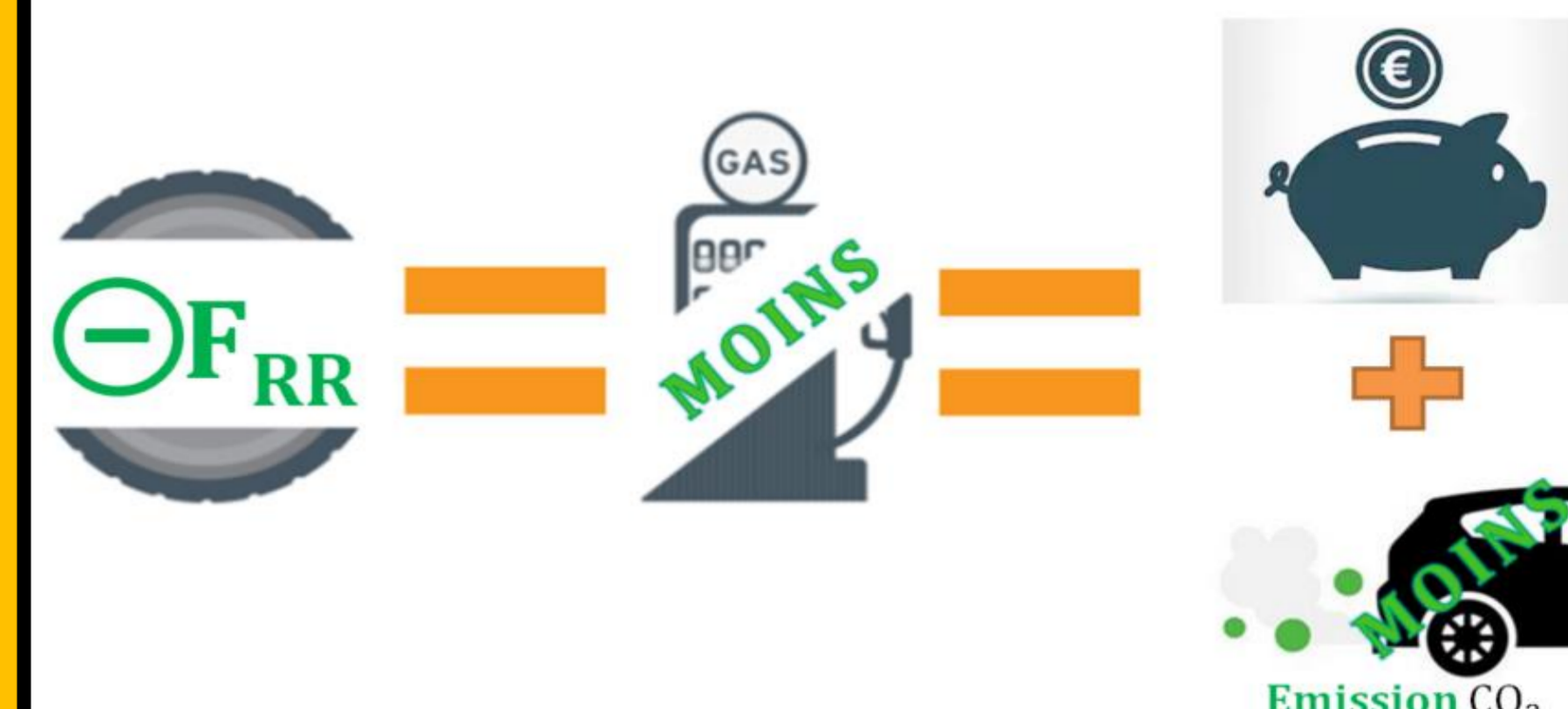
- Réchauffement climatique
- Augmentation des émissions de CO₂ dues à l'accroissement du transport routier
- Pertes d'énergie liées à la résistance au roulement (coût)



Objectif

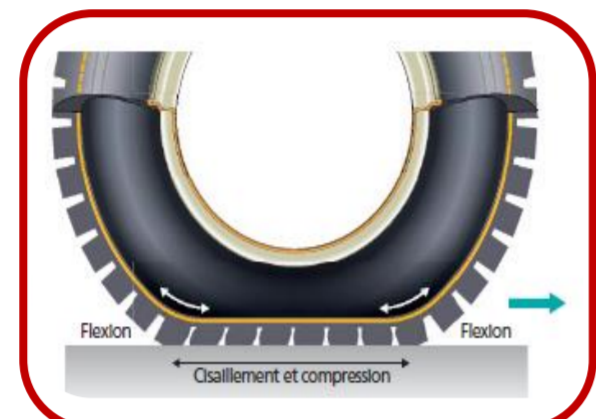
Estimation précise de la résistance au roulement d'un véhicule

- En conditions réelles de conduite
- Avec prise en compte des caractéristiques de l'infrastructure



Résistance au roulement (FRR)

- Force s'opposant à l'avancement du véhicule
- Liée essentiellement à la déformation du pneu.
- Physiquement non mesurable et dépendant de plusieurs paramètres

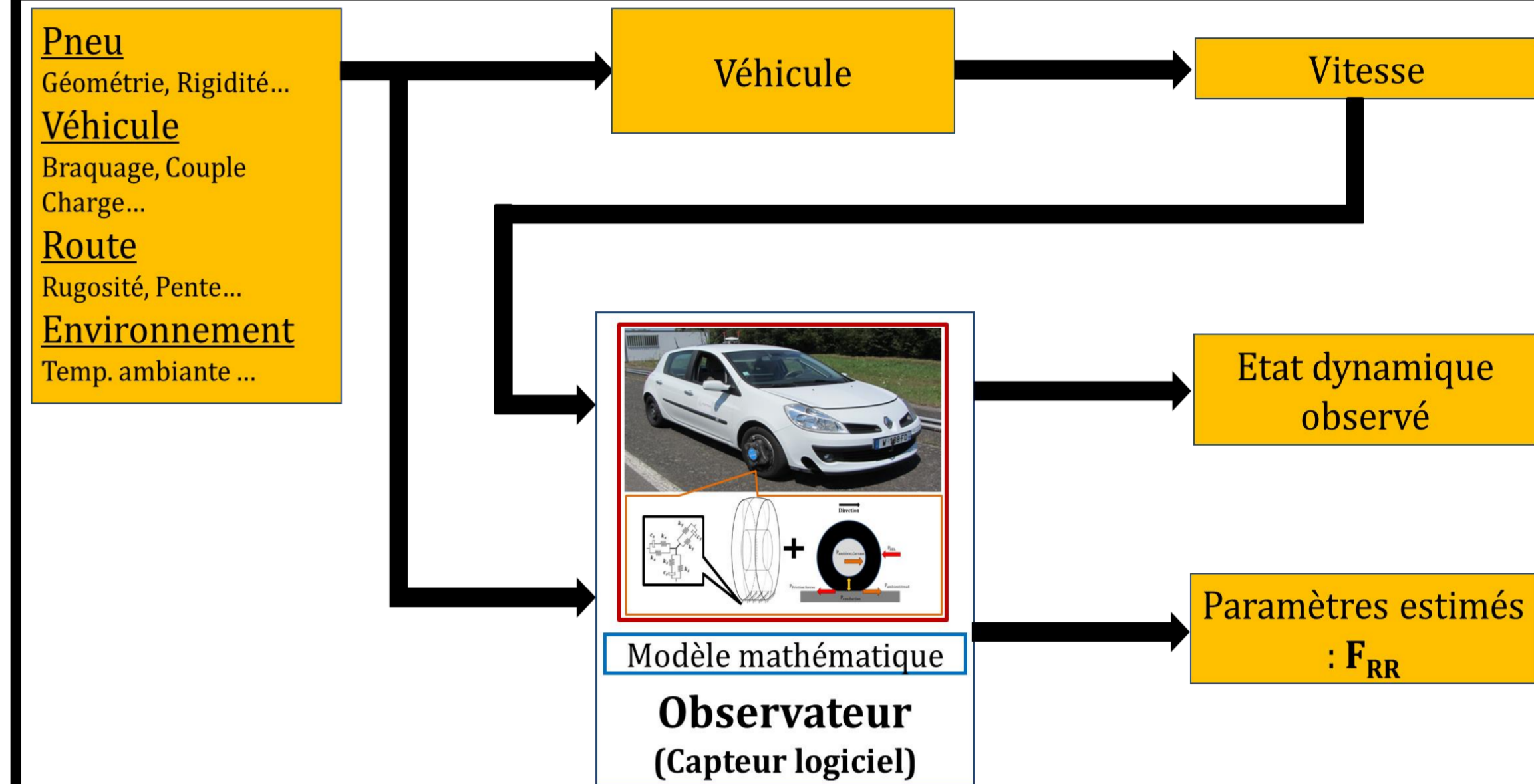


Paramètres	Pression	Charge	Vitesse	Infrastructure	Température
Changement	↔	↔	↔	↔	↔
Impact sur FRR	↘	↗	↗	↗	↘

Observateur (Capteur logiciel)

- Capteur logiciel basé sur un modèle mathématique du système
- Permettant la reconstruction de variables inconnues or non mesurables à partir des variables mesurées
- Pas de risque d'endommagement de capteur
- Pas de coût d'instrumentation

Méthodologie d'estimation



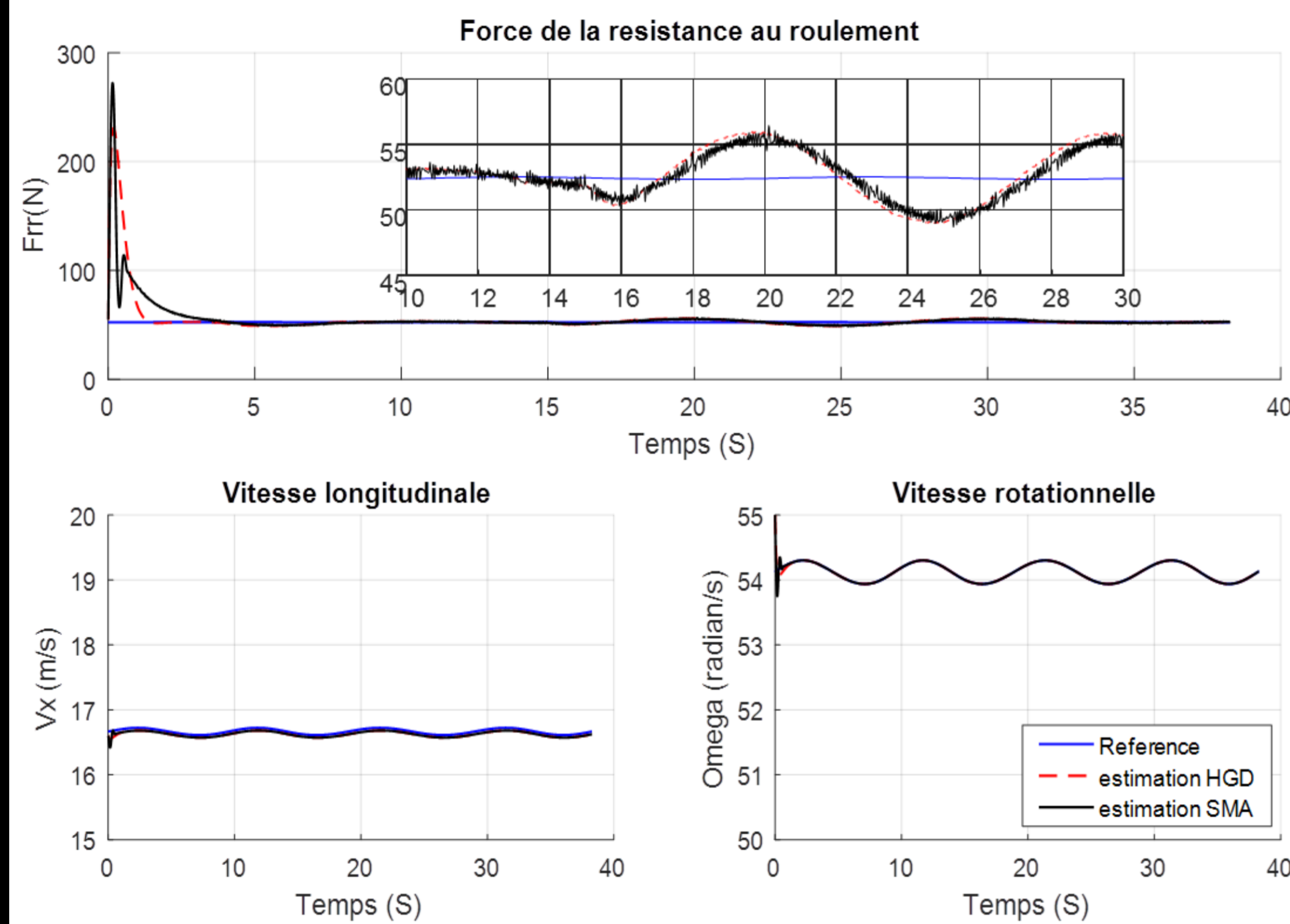
Développement d'observateur

Structure

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = f(\hat{x}) + g(u, \hat{x}) - \left[\frac{\partial \Psi(\hat{x})}{\partial \hat{x}} \right]^{-1} \Lambda^{-1}(\theta) K C^T \tilde{x}(t) \\ \dot{\theta} = -\frac{\mu}{2} \theta(t) (a(\theta(t)) - 1) - g(t) \gamma(\|\tilde{y}(t)\|); \\ g(t) = \frac{M}{1 + \min(\rho, \frac{1}{T} \int_{\max(0, t-T)}^t \|\tilde{y}(t)\|^2 dt)}; \theta(0) \geq 1 \end{cases}$$

Validation de l'approche par simulation

Comparaison de différentes techniques d'estimation



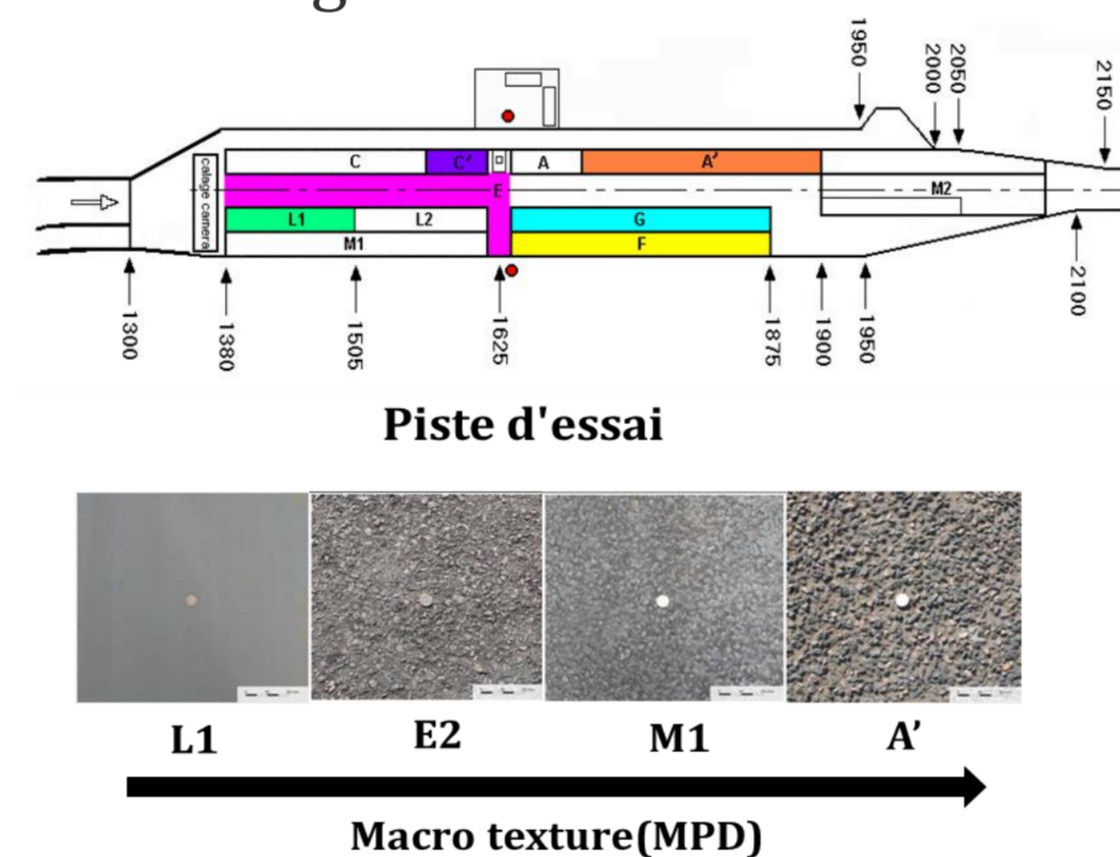
Résultat des comparaisons

- ✓ Calcul d'erreur normalisé (entre 5 et 40 secondes)
- ✓ Erreurs relatives sur l'estimation de FRR < 5%

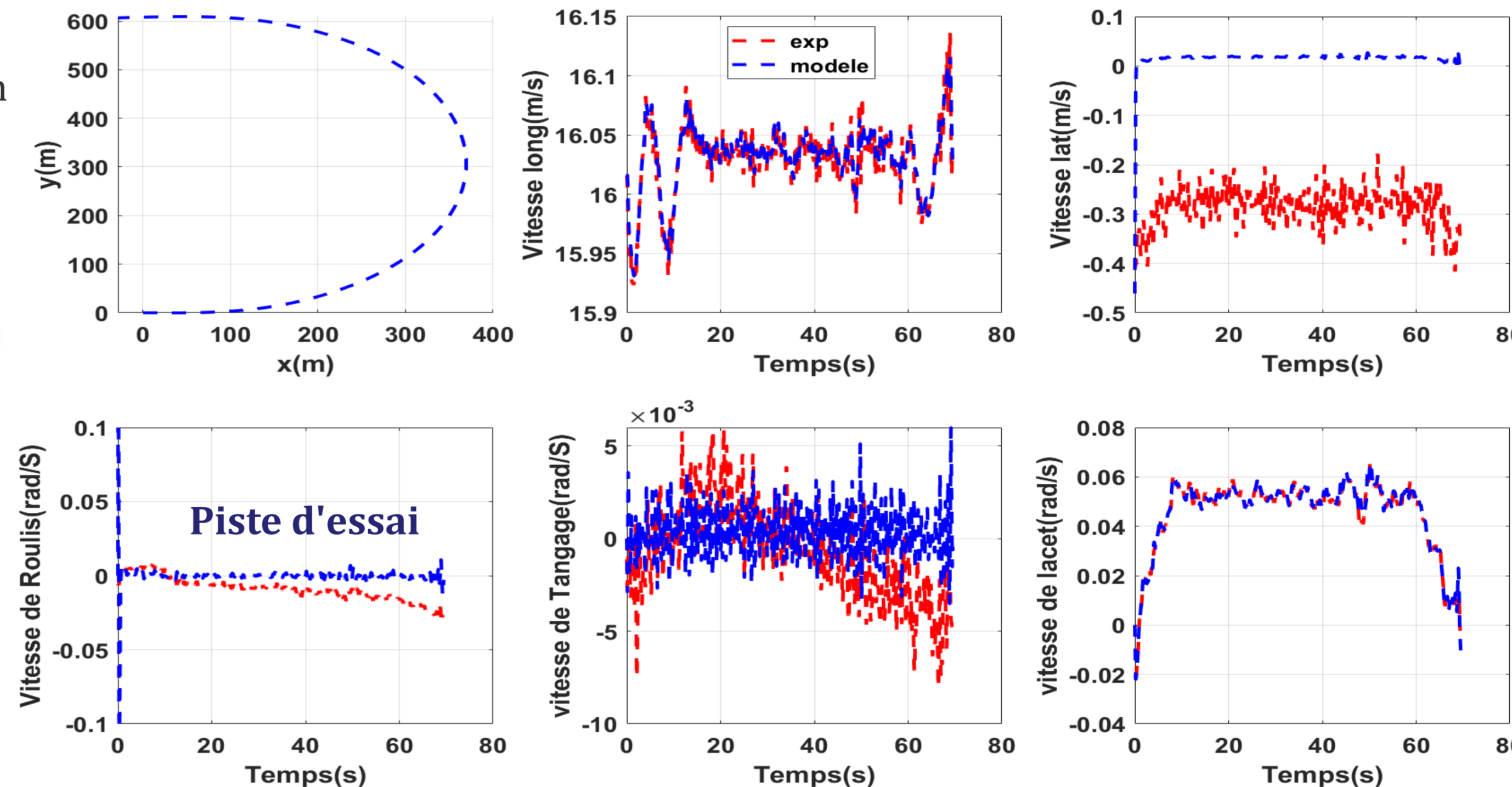
Validation Expérimentale

Expérimentation

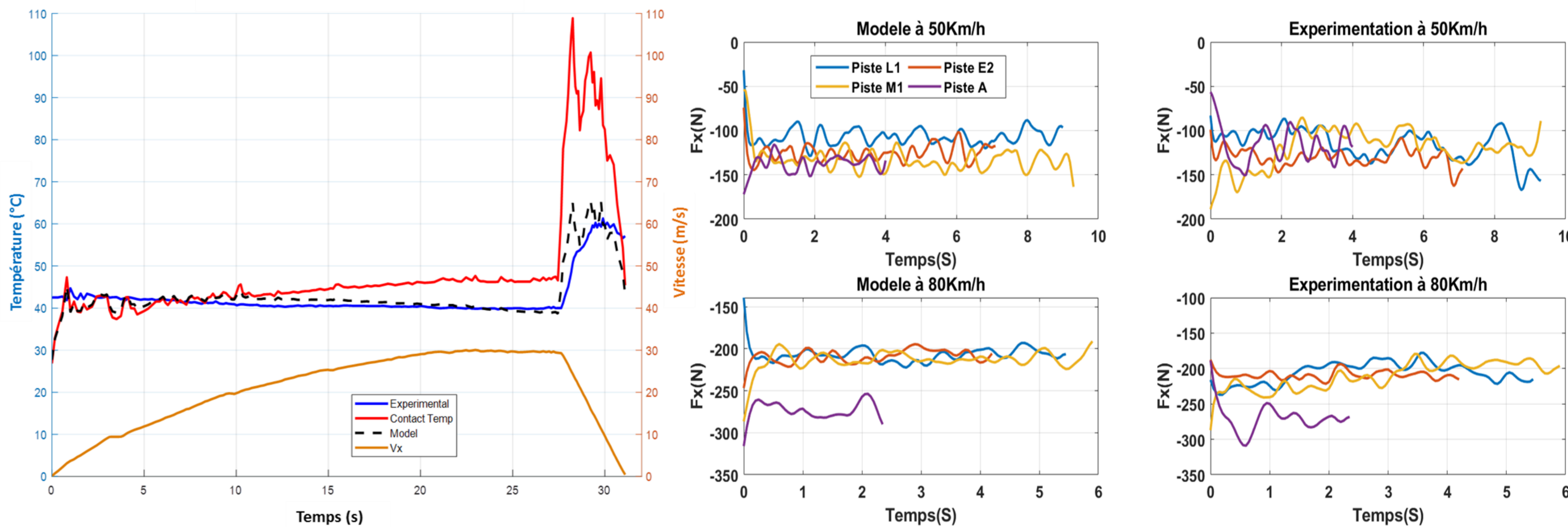
- ✓ Demi cercle de rayon 365m
- ✓ Ligne droite avec accélération et freinage
- ✓ Ligne droite sur plusieurs pistes avec différentes rugosités



« Modèle de véhicule »



« Modèle multi physique de pneu »



Comparaison Température pneu

Impact de MPD sur l'effort longitudinal

Conclusion

- Après analyse, sélection de l'observateur adaptatif à grand gain
 - ✓ Robustesse (erreur < 5%)
 - ✓ Convergence en temps fini (< 2s)
- Modélisation
 - ✓ Modèle multi physique de pneumatique/chaussée
 - ✓ Modèle physique et représentatif de la réalité
 - ✓ Intégration d'un modèle thermique
 - ✓ Intégration des paramètres influents (infrastructure, température)
 - ✓ Modèle véhicule complet 3D
- Validation
 - ✓ Comparaison de résultats de simulation avec Prosper
 - ✓ Comparaison avec une première campagne expérimentale

Perspectives

- Synthèse d'observateur pour un véhicule complet
- Validation de l'approche d'estimation avec un véhicule instrumenté sur les pistes de l'IFSTTAR
- Intégration d'un modèle hydrodynamique en modèle multi physique de pneumatique/chaussée

Reference

Sharma A-K, Bouteldja M and Cerezo V. High gain and sliding mode adaptive observers comparison: estimation of tire rolling resistance. 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology, Istanbul, Turkey, 25-27 Oct 2018. DOI: 10.1109/CEIT.2018.8751889

Sharma A-K, Bouteldja M and Cerezo V, Multi-physical modeling for tire/road contact - the effect of surface texture, International Journal of pavement engineering.