

**Discipline**

Engineering Sciences

**Doctoral School**

422 - Sciences and Technologies for Information,  
Telecommunications and Systems

**Thesis subject title**

Observation problems in regenerative braking of electric vehicles during ABS activation

- **Laboratory name**      Laboratoire des signaux et systems (L2S)
- **Laboratory web site**    [www.lss.supelec.fr](http://www.lss.supelec.fr)
  
- **PhD supervisor (contact person)**
  - **Name**            Antonio Loria
  - **Position**        CNRS Research director
  - **Email**            [antonio.loria@lss.supelec.fr](mailto:antonio.loria@lss.supelec.fr)
  - **Phone number**    (+33) 1 69 85 17 24
  
- **Thesis proposal (max 1500 words)**

**English Version** - In the context of vehicle and motor control, the observation of non-uniformly observable systems is a recurrent problem. It appears, for example, when trying to estimate the velocity of the vehicle Corno-Panzani-Savaresi (2013) or the extended braking stiffness of tires Hoang et al. (2014b). In the particular case of electric vehicles, it appears additionally in several questions related to electric motor control, where several state variables are observable only if the currents applied to the system satisfy some conditions. In the last few years, the observation problem has been considered for several classes of non-uniformly observable systems. For example, for systems that are affine (with respect to the unmeasured states) up to a multiplication by a function of the output, the approach proposed by Respondek-Pogromsky-Nijmeijer (2004), has been extended by Hoang et al. (2014a) to cover the case of singular time rescalings (and thus to deal with a class of non-uniformly observable systems). In that work the observer problem is solved by transforming the observer error dynamics into a switched linear system, for which several stability analysis methods are available. In particular, the Lasalle-like approach of Hespanha (2004) can be used directly to prove the stability of the constructed observer. Another example is the observation problem for the synchronization of chaotic systems; in Loria-Panteley-Zavala (2009), they use the concept of persistency of excitation to design an observer by establishing a property of uniform detectability, which is a weaker condition than uniform observability. Even if, at a first glance, the techniques used in those works seem completely different, they share several common points that might indicate that the two considered classes belong to a more general category of non-uniformly observable systems, for which an observer can be constructed. The aim of this Ph.D. thesis is thus to explore new methodological ideas in order to solve the observation problem for new classes of non-uniformly observable nonlinear

systems and, at the same time, to validate these new ideas on concrete observation problems coming from the area of vehicle control. Ideally, this validation should be done on experimental data. In this context, the experimental setup that has been constructed by the LTN during the last four years will be a key component to test the results of this study.

**Version en español** - En el contexto de vehículo y el control motor, la observación de los sistemas no uniformemente observables es un problema recurrente. Parece, por ejemplo, cuando se trata de estimar la velocidad del vehículo Corno-Panzani-Savaresi (2013) o la rigidez de frenado prolongado de neumáticos Hoang et al. (2014b). En el caso particular de los vehículos eléctricos, parece, además, en varias preguntas relacionadas con el control del motor eléctrico, donde varias variables de estado son observables sólo si las corrientes aplicadas al sistema cumplen algunas condiciones. En los últimos años, el problema de observación ha sido considerado para varias clases de sistemas no uniformemente observables. Por ejemplo, para sistemas que son afine (con respecto a los estados no medidos) hasta una multiplicación por una función de la salida, el enfoque propuesto por Respondek-Pogromsky-Nijmeijer (2004) fue extendido por Hoang et al. (2014A) para cubrir el caso de los ponderadores de tiempo singulares (y por lo tanto para hacer frente a una clase de sistemas no uniformemente observables). En dicho trabajo, el problema de observación se resuelve mediante la transformación de la dinámica del error de observación en un sistema lineal con conmutaciones, para los cuales varios métodos de análisis de estabilidad son disponibles. En particular, el enfoque de tipo Lasalle, como en Hespanha (2004), se puede utilizar directamente para probar la estabilidad del observador construido. Otro ejemplo es el problema de observación para la sincronización de sistemas caóticos, en Loría-Panteley-Zavala (2009), que utilizan el concepto de la persistencia de la excitación para diseñar un observador mediante el establecimiento de una propiedad de detectabilidad uniforme, que es una condición más débil que la observabilidad uniforme. Aunque, a primera vista, las técnicas utilizadas en estos trabajos parecen completamente diferentes, comparten varios puntos comunes que podrían indicar que las dos clases consideradas pertenecen a una categoría más general de sistemas de forma no uniforme observables, para la cual un observador puede ser construido. En consecuencia, el objetivo de este doctorado es de explorar nuevas ideas metodológicas para el problema de observación de nuevas clases de sistemas no lineales no uniformemente observables y, al mismo tiempo, validar estas nuevas ideas sobre los problemas de observación concretos procedentes del área de control del vehículos. Idealmente, esta validación se debe hacer con datos experimentales. En este contexto, la configuración experimental que ha sido construida por el LTN durante los últimos cuatro años será una componente clave para poner a prueba los resultados de este estudio.

▪ **Publications of the laboratory in the field (max 5)**

1. Pasillas-Lépine, W. (2006). Hybrid modeling and limit cycle analysis for a class of five-phase anti-lock brake algorithms. *Vehicle System Dynamics*, 44(2), 173-188.
2. Loría, A., Panteley, E., & Zavala-Río, A. (2009). Adaptive observers with persistency of excitation for synchronization of chaotic systems. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 56(12), 2703-2716.
3. Pasillas-Lépine, W., Loría, A., & Gerard, M. (2012). Design and experimental validation of a nonlinear wheel slip control algorithm. *Automatica*, 48(8), 1852-1859.
4. Gerard, M., Pasillas-Lépine, W., De Vries, E., & Verhaegen, M. (2012). Improvements to a five-phase ABS algorithm for experimental validation. *Vehicle System Dynamics*, 50(10), 1585-1611.
5. Hoang, T. B., Pasillas-Lépine, W., De Bernardinis, A., & Netto, M. (2014) Extended Braking Stiffness Estimation Based on a Switched Observer, With an Application to Wheel-Acceleration Control. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 22(6), 2384 - 2392.