

## Sujet de thèse

# Caractérisation de phénomènes émergent dans les systèmes complexes en utilisant des modèles d'inspiration physique

Directeur de thèse : Dr. Franck Gechter (MCF-HDR) pôle 6-LE2I

Co-encadrant : Dr. Fabrice Lauri (MCF) pôle 3-LE2I

Laboratoire d'accueil : LE2I (Site Belfort, UTBM), pôle 3 et 6

### Abstract

*One of the most important characteristics of complex systems is their ability to trigger the emergence of global phenomenon or properties that cannot be deduced from the knowledge or the system's analysis. Thus, when one want to use this kind of models for analyzing, simulating or controlling systems, the characterization/evaluation of these emergent phenomenon is a mandatory task. The purpose of this Ph.D. is to explore Physics inspired approaches to deal with this issue. The work could take inspiration from the research works already made in the laboratory and applied to autonomous vehicle control and perception and to the simulation of crowds of pedestrians. One of the possible starting solution is to study the relationships between Thermodynamics and Statistical Physics since, in these two fields, a link is made from system's microscopic description to emergent macroscopic indicators through the use of the partition function. On the application point of view, the work developed in this Ph.D. will mainly focus on fields elated to the CPER Mobilitech and its related applications on autonomous vehicles and transportation systems.*

### Sujet :

Un système complexe est généralement considéré comme un ensemble constitué d'un grand nombre d'entités en interaction et dont le comportement global et son évolution ne peuvent pas être prévus par le calcul ou par un observateur extérieur. Ainsi, un système est dit complexe si le résultat final n'est pas prédictible autrement que par l'expérience ou la simulation, même en connaissant parfaitement l'ensemble de ses constituants et toutes les règles qui les lient. Ainsi, l'existence de tels systèmes remet en cause l'approche réductionniste (Nagel 1961) qui considère que la nature complexe des choses peut être réduite à une somme de principes fondamentaux. Les systèmes complexes sont ainsi caractérisés par l'apparition de phénomènes émergents dont l'existence et la nature ne peuvent pas être déduite de la connaissance de l'ensemble des constituants du système. De même que l'étude des systèmes complexes ne peut pas être envisagée dans un cadre réductionniste, la notion d'émergence pose le même type de problème. Dans (Memmi 1996), par exemple, la notion d'émergence est réduite à un problème de description et d'explication. De ce point de vue, l'émergence n'est pas une propriété du système mais une propriété du point de vue que l'on porte sur lui. Dans (De Wolf et al. 2005), un système est défini comme ayant des propriétés émergentes lorsque des phénomènes apparaissent dynamiquement au niveau macroscopique sous l'action des interactions qui lient les constituants du système au niveau microscopique.

La caractérisation de l'émergence est primordiale dès lors que l'on veut analyser, simuler ou contrôler des systèmes complexes. Les travaux précédemment menés au sein du LE2I ont permis particulièrement de mettre en place des indicateurs inspirés de la physique pour construire des modèles de prise de décision pour le contrôle de véhicules autonomes (Dafflon et al. 2015), (Dafflon et al. 2014), (Gechter et al. 2011), (Contet et al. 2009), pour la détection de leader pour la conduite en convoi (Dafflon et Gechter 2015) ou pour définir des stratégies de simulation en regroupant des entités aux comportements similaires dans le cadre de la simulation de foules (Gaud et al. 2007).

L'objectif de cette thèse est d'approfondir ces approches de caractérisation de l'émergence en s'appuyant sur des principes extraits de la physique. Parmi les pistes envisagées, il s'agira de s'inspirer des modèles utilisés en physique statistique et en thermodynamique pour décrire selon deux échelles différentes (microscopique et macroscopique) les mêmes transformations. Pour le moment, les modèles que nous avons développés reposent sur une seule fonction d'évaluation des phénomènes émergents. Grâce à la fonction de partition, il est possible de construire plusieurs fonctions correspondant chacune à un aspect de l'évolution du système. Ces fonctions correspondent toutes à des fonctions d'états dont la valeur ne dépend pas de la trajectoire du système dans l'espace d'état. Or, dans certains cas, il semble intéressant de prendre en compte l'évolution du système, en particulier pour la prise de décision. Pour cela, il est nécessaire de construire des variables d'états à l'instar de celles utilisées dans les systèmes thermodynamiques en plus des fonctions d'états classiquement utilisées. Ceci permettrait de caractériser les transformations subies par le système et d'exploiter cette connaissance à la fois pour la conception de SMA et pour leur exploitation applicative.

D'un point de vue applicatif, le travail se placera dans la continuité des travaux réalisés par le LE2I sur le contrôle de véhicule autonome et la simulation de systèmes de transports intégrant ainsi le travail de cette thèse dans le programme **CPER Mobilitech** (volet véhicule intelligent et autonome).

Contact :

Franck GECHTER

Email : [franck.gechter@utbm.fr](mailto:franck.gechter@utbm.fr)

Web : [http://www.multiagent.fr/People:Gechter\\_franck](http://www.multiagent.fr/People:Gechter_franck)