

## Méthode de contrôle optimal à deux niveaux et son application à la répartition du couple dans un véhicule hybride

Olivier COTS, IRIT/INP-ENSEEIH7 - Toulouse

Rémy DUTTO, Vitesco Technologies, IRIT/INP-ENSEEIH7, IMT - Toulouse

Sophie JAN, IMT - Toulouse

Serge LAPORTE, IMT - Toulouse

Le principe du maximum de Pontryagin fournit des conditions nécessaires d'optimalité pour des problèmes de commande optimale. Cependant, pour certaines applications industrielles, plus précisément sur des temps longs, la méthode classique de résolution de ces conditions nécessaires (méthode de tir) peut avoir des problèmes de convergence [2] et/ou être trop coûteuse en temps pour être utilisée dans une solution embarquée.

La méthode proposée pour y remédier est basée sur une formulation à deux niveaux du problème de commande optimale. Nous établissons un lien fort entre cette nouvelle approche et la méthode de tir multiple en utilisant la relation entre les co-états et la fonction valeur de Bellman [1]. Nous profitons de cette formulation bi-niveaux pour introduire des approximations des fonctions valeurs de Bellman par des réseaux de neurones afin d'accélérer le processus de résolution. En effet, cette approximation permet de transformer le problème de commande optimale à deux niveaux en un problème d'optimisation en dimension faible (*Macro*) et un ensemble de problèmes de commande optimale indépendants sur des intervalles de temps plus courts (*Micro*).

Cette méthode sera appliquée au problème de répartition de couple d'un véhicule hybride sur le cycle de référence WLTC. L'objectif est de minimiser la consommation en carburant tout en imposant un état de charge final de batterie fixé. La méthode proposée sera comparée à la méthode de tir simple en terme d'optimalité et de temps de calcul.

[1] A. E. Bryson, Y. C. Ho. *Applied Optimal Control*. Taylor and Francis Group, New York, 1975.

[2] A. Rao. *A survey of numerical methods for optimal control*. Advances in the Astronautical Sciences, **135**, 2010.