This paper is a part of the hereunder thematic dossier published in OGST Journal, Vol. 67, No. 4, pp. 539-645 and available online [here](#)

Cet article fait partie du dossier thématique ci-dessous publié dans la revue OGST, Vol. 67, n°4, pp. 539-645 et téléchargeable [ici](#)

DOSSIER Edited by/Sous la direction de : **A. Sciarretta**

Electronic Intelligence in Vehicles Intelligence électronique dans les véhicules

Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 67 (2012), No. 4, pp. 539-645

Copyright © 2012, IFP Energies nouvelles

- 539 > Editorial
- 547 > *Design and Optimization of Future Hybrid and Electric Propulsion Systems: An Advanced Tool Integrated in a Complete Workflow to Study Electric Devices*
Développement et optimisation des futurs systèmes de propulsion hybride et électrique : un outil avancé et intégré dans une chaîne complète dédiée à l'étude des composants électriques
F. Le Berr, A. Abdelli, D.-M. Postariu and R. Benlamine
- 563 > *Sizing Stack and Battery of a Fuel Cell Hybrid Distribution Truck*
Dimensionnement pile et batterie d'un camion hybride à pile à combustible de distribution
E. Tazelaar, Y. Shen, P.A. Veenhuizen, T. Hofman and P.P.J. van den Bosch
- 575 > *Intelligent Energy Management for Plug-in Hybrid Electric Vehicles: The Role of ITS Infrastructure in Vehicle Electrification*
Gestion énergétique intelligente pour véhicules électriques hybrides rechargeables : rôle de l'infrastructure de systèmes de transport intelligents (STI) dans l'électrification des véhicules
V. Marano, G. Rizzoni, P. Tulpule, Q. Gong and H. Khayyam
- 589 > *Evaluation of the Energy Efficiency of a Fleet of Electric Vehicle for Eco-Driving Application*
Évaluation de l'efficacité énergétique d'une flotte de véhicules électriques dédiée à une application d'éco-conduite
W. Dib, A. Chasse, D. Di Domenico, P. Moulin and A. Sciarretta
- 601 > *On the Optimal Thermal Management of Hybrid-Electric Vehicles with Heat Recovery Systems*
Sur le thermo-management optimal d'un véhicule électrique hybride avec un système de récupération de chaleur
F. Merz, A. Sciarretta, J.-C. Dabadie and L. Serrao
- 613 > *Estimator for Charge Acceptance of Lead Acid Batteries*
Estimateur d'acceptance de charge des batteries Pb-acide
U. Christen, P. Romano and E. Karden
- 633 > *Automatic-Control Challenges in Future Urban Vehicles: A Blend of Chassis, Energy and Networking Management*
Les défis de la commande automatique dans les futurs véhicules urbains : un mélange de gestion de châssis, d'énergie et du réseau
S.M. Savaresi

Éditorial

INTELLIGENCE ÉLECTRONIQUE DANS LES VÉHICULES

Le moteur à combustion interne alimenté par des hydrocarbures est depuis plus d'un siècle une composante majeure de notre vie quotidienne et a largement contribué à l'essor du transport comme facteur clé de notre développement économique. Durant cette période, les évolutions des contextes énergétique, économique et environnemental ont régulièrement amené à explorer des voies nouvelles et à réaliser des transformations technologiques fortes.

La réglementation Européenne EC 443/2009 contraint pécuniairement les constructeurs à réduire les émissions moyennes de dioxyde de carbone des véhicules particuliers qu'ils vendent dans l'UE. Les constructeurs qui dépasseront cet objectif devront payer une pénalité. Cette réglementation prévoit aussi des bonifications pour les véhicules sobres ; tout ceci est une incitation à l'introduction de technologies innovantes.

Ces technologies innovantes sont de plus en plus complexes, mariant des composants de plus en plus nombreux et variés ; leur optimisation à la conception et leur contrôle à bord du véhicule nécessitent une approche en système global et une gestion sophistiquée que seule l'électronique permet.

Il y a 25 ans, on disait souvent qu'il y avait autant de calculateurs dans une voiture qu'il y en avait dans les premiers Airbus, nés au début des années 70.

Ce parallèle demeure : nos voitures ont des électroniques aussi complexes que les Airbus d'il y a quinze ans, comme l'illustre la figure ci dessous extraite d'une présentation de J. Beretta (PSA) intitulée « *Les systèmes électroniques embarqués : un enjeu majeur pour l'automobile* » :

Sous le vocable « électronique », on regroupe :

- l'aspect matériel avec une évolution considérable des variables prises en compte, des capteurs, des capacités mémoire et des vitesses de calcul pour assurer le temps de réponse nécessaire, particulièrement pour les fonctions de motorisation et de sécurité ;
- l'aspect logiciel : systèmes d'exploitation, logiciels de recherche d'optimum, multiplexage, réseaux, standardisation des codes, des fonctions et des interfaces, méthodologie, voire automatisé du développement.

Les domaines d'application sont très variés, de l'autoradio ou des premières injections électroniques aux systèmes de contrôle de trajectoire et du freinage et à la gestion de la régénération d'un filtre à particule par exemple ; de plus, la voiture devient communicante avec des services associés.

L'électronique est incontournable dans la mise en œuvre et l'optimisation des solutions technologiques utilisées dans le transport.

Un autre exemple illustré ci-dessous (J. Beretta – PSA) résume bien l'omniprésence maintenant de l'électronique dans les fonctions du véhicule :

Depuis qu'elle gère des fonctions sécuritaires du véhicule (freinage anti-bloquant, contrôle de trajectoire, etc.), l'électronique a dû non seulement améliorer la fiabilité, mais aussi la sûreté de fonctionnement.

Dans ce contexte, ce dossier thématique de la revue OGST propose de présenter quelques aspects de la recherche & développement en cours dans ce domaine, dans des laboratoires de différentes universités d'Australie, des USA, de France, d'Italie, des Pays-Bas, de Suisse et dans les équipes d'IFP Energies nouvelles et chez un grand constructeur.

Parmi les domaines où l'électronique a permis de transformer complètement le véhicule, notons principalement :

- la fonction propulsion ;
- la fonction agrément à bord ;
- la fonction sécurité (active et passive) ;
- la fonction interface avec l'extérieur.

Ce numéro d'OGST vous propose une sélection d'articles concernant le premier domaine, en relation avec l'énergie, thème de base de la revue :

- le premier papier « *Design and optimization of future hybrid and electric propulsion systems: an advanced tool integrated in a complete workflow to study electric devices* » de **F. Le Berr**, **A. Abdelli**, **D.-M. Postariu** et **R. Benlamine** présente un outil complet de conception et de prédimensionnement d'une chaîne motrice électrique ; un exemple d'application du prédimensionnement est donné pour un moteur à aimants permanents tout comme celui du couplage avec une étude par éléments finis pour un moteur à induction. Cet outil peut aussi être une base pour le système de management à bord du véhicule ;
- le deuxième papier, toujours dans le domaine de la conception, intitulé « *Sizing stack and battery of a fuel cell hybrid distribution truck* » de **E. Tazelaar**, **Y. Shen**, **P.A. Veenhuizen**, **T. Hofman** et **P.P.J. van den Bosch**, présente différentes voies pour dimensionner la puissance et la capacité de la batterie et la puissance de la pile à combustible d'un camion de livraison hybride à pile à combustible. Il propose aussi des stratégies de commande pour réduire la consommation d'hydrogène, avec des exemples sur trois types de cycle de conduite ;
- le développement des véhicules électriques et des hybrides rechargeables pose le problème de l'impact de leur recharge sur le réseau de distribution électrique ; le papier « *Intelligent Energy*

Management for Plug-in Hybrid Electric Vehicles: the Role of ITS Infrastructure in Vehicle Electrification » de **V. Marano, G. Rizzoni, P. Tulpule** et **Q. Gong**, présente la situation aux États-Unis et les solutions envisagées pour la recharge “intelligente” planifiée et contrôlée par communication entre les véhicules et le réseau ;

- un bon moyen de réduire la consommation est d’optimiser l’appel à l’énergie embarquée ; c’est l’écodriving, applicable à tous les types de motorisation ; le papier « *Evaluation of the energy efficiency of a fleet of electric vehicle for eco driving application* » de **W. Dib, A. Chasse, D. Di Domenico, P. Moulin** et **A. Sciarretta** propose une méthode d’optimisation du profil des vitesses du véhicule électrique pour parcourir un trajet donné en un temps imposé ; il peut être adapté au pilotage à bord du véhicule et ouvre la porte à une généralisation pour une flotte de véhicules, voire pour une ville ;
- beaucoup de publications traitent de l’optimisation de la consommation d’énergie du véhicule électrique hybride ; peu abordent la question de l’optimisation d’autres aspects également importants ; le papier « *On the Optimal Thermal Management of Hybrid-Electric Vehicles with Heat Recovery Systems* » de **F. Merz, A. Sciarretta, J.-C. Dabadie** et **L. Serrao** présente une approche généralisée pour combiner la gestion de l’énergie (supervision du groupe moto-propulseur) et le thermo-management (notamment le chauffage de l’habitacle et la température du catalyseur de post-traitement des émissions du moteur thermique) dans les véhicules hybrides électriques ; il inclut le cas de départ à froid ;
- les véhicules électriques, hybrides ou non, ne doivent pas nous faire oublier le véhicule conventionnel à moteur à combustion interne qui restera pour encore longtemps largement majoritaire dans les ventes et sur nos routes ; la batterie au plomb est jusqu’à maintenant exclusivement utilisée pour assurer notamment le démarrage, et l’état de charge de ces batteries a toujours été difficile à prédire, mettant en question la fiabilité de ce démarrage ; le papier « *Estimator for Charge Acceptance of Lead Acid Batteries* » de **U. Christen, P. Romano** et **E. Karden** présente l’approche intéressante et claire d’un modèle phénoménologique utilisé pour réaliser un estimateur de l’acceptation de charge à court terme ;
- pour clore ce dossier, le papier « *Automatic-Control Challenges in Future Urban Vehicles: a Blend of Chassis, Energy, and Networking Management* » de **S.M. Savaresi** élargit notre vision et fait un zoom sur le futur, parfois déjà très proche, des véhicules urbains qui devront réduire leur emprise au sol, réduire leurs émissions de CO₂ et le coût d’exploitation, améliorer la sécurité et la charge utile rapportée à la masse à vide.

Nous pensons que ce numéro d’OGST vous apportera des éléments de réponse et de réflexion et nous vous souhaitons une bonne et passionnante lecture.

Claude Delarue
Membre du comité éditorial
Coordinateur technique du GFC/CLFT

Editorial

ELECTRONIC INTELLIGENCE IN VEHICLES

For more than a century, hydrocarbon-fuelled internal combustion engines have been a major part of our daily lives and have contributed significantly to the growth of transportation sector thus playing a key role in our economic development. During this period, changes in the energy, economic and environmental contexts have steadily resulted in the exploration of new paths as well as significant technological transformations.

The European regulation EC 443/2009 financially forces manufacturers to reduce the average carbon dioxide emissions from passenger cars sold in the EU. Manufacturers who exceed this target must pay a penalty. This regulation also provides bonuses for energy-efficient vehicles; all these measures act as an incentive for the introduction of innovative technologies.

These innovative technologies are becoming more complex and combine components that are becoming more numerous and more varied; their design optimization and on-board control require a global system approach and sophisticated management that only electronics can provide. Twenty-five years ago, it was often said that there were as many computers in a car as there were in the first Airbus, which was first manufactured in the early 1970s.

The same parallel exists today: our cars have electronic components that are as complex as the Airbus fifteen years ago, as seen in the following figure taken from a presentation by J. Beretta (PSA) entitled “On Board Electronic Systems: a Major Challenge for the Automotive”:

Under the term of electronics, we can include the following:

- the material aspect with considerable developments in the variables taken into account, sensors, memory capacities and calculation speeds to ensure an appropriate time response, particularly for the engine and safety functions;
- the software aspects: operating systems, optimal search software, multiplexing, networks, code, functions and interfaces standardization, methodologies, even automation of the development process.

There are many different areas of application: from the car radio and the first electronic injection systems to vehicle stability control and braking systems and particulate filter regeneration

management, as an example; furthermore, the car can now communicate with the related services. Electronics are a key part of the implementation and optimization of the technological solutions used in transportation.

Another example presented in the following figure (J. Beretta – PSA) summarizes how the use of electronics is now in almost every vehicular function:

Since electronics has begun to be used to manage the safety functions of the vehicle (anti-lock brakes, stability control, etc.), not only the reliability but safe operation of electronics have improved.

Within this context, the aim of this thematic dossier of OGST is to present some research & development aspects in this field that are currently on-going in laboratories at various universities in Australia, the USA, France, Italy, the Netherlands, Switzerland and in IFP Energies nouvelles teams as well as at a large manufacturer.

From the areas in which electronics have completely transformed vehicles, we can particularly mention:

- the propulsion function;
- the comfort and convenience function;
- the safety function (active and passive);
- the external interface function.

This OGST issue proposes a selection of articles for the first area, related to energy, which is a basic theme for this journal:

- the first paper “*Design and optimization of future hybrid and electric propulsion systems: an advanced tool integrated in a complete workflow to study electric devices*” by **F. Le Berr**, **A. Abdelli**, **D.-M. Postariu** and **R. Benlamine** presents a comprehensive design and pre-sizing tool for an electric powertrain; an example for the application of pre-sizing is given for a permanent magnet motor and an example of coupling with a finite element analysis for an induction motor. This tool could also serve as a basis for a vehicle’s on-board management system;
- the second paper, also in the field of design, entitled “*Sizing stack and battery of a fuel cell hybrid delivery truck*” by **E. Tazelaar**, **Y. Shen**, **P.A. Veenhuizen**, **T. Hofman** and **P.P.J. van den Bosch**, presents different ways to define both the required power and capacity of a battery and the power of a fuel cell for a fuel cell hybrid delivery truck, as well as control strategies to reduce hydrogen consumption, with examples of three types of test cycles;
- the development of electric vehicles and plug-in hybrids raises the question of the impact of recharging these vehicles on the network; the paper “*Intelligent Energy Management for Plug-in Hybrid Electric Vehicles: the Role of ITS Infrastructure in Vehicle Electrification*” by **V. Marano**, **G. Rizzoni**, **P. Tulpule** and **Q. Gong**, discusses the situation in the United States and the solutions being considered for the planned and controlled “intelligent” recharging via communication between the vehicles and the network;

- a good way to reduce consumption is to optimize the call for on-board energy; this is called Eco-Driving, and it can be applied to all types of engines; the paper “*Evaluation of the energy efficiency of a fleet of electric vehicles for eco-driving application*” by **W. Dib, A. Chasse, D. Di Domenico, P. Moulin** and **A. Sciarretta** provides a method for optimizing the velocity profiles of electric vehicles in order to travel a certain distance in a given amount of time; it can be adapted to the vehicle’s on-board driving system and opens the door for this method to be more generally applied to a fleet of vehicles, or even a city;
- many publications deal with the optimization of energy consumption in hybrid electric vehicles; few address the issue of optimization of other equally important aspects; the paper “*On the Optimal Thermal Management of Hybrid-Electric Vehicles with Heat Recovery Systems*” by **F. Merz, A. Sciarretta, J.-C. Dabadie** and **L. Serrao** provides a generalized approach for combining energy management (powertrain supervision) and thermal management (particularly heating the passenger compartment and the catalyst temperature for the post-treatment of emissions from a combustion engine) in hybrid electric vehicles; this article also discusses the case of cold starting;
- hybrid or non-hybrid electric vehicles should not distract us from conventional combustion engine vehicles which, for a long time to come, will continue to account for the vast majority of sales and will dominate our roads; until now, the lead acid battery is used exclusively to ensure start-up and it has always been difficult to predict the charge status of these batteries, calling start-up reliability into question; the paper “*Estimator for Charge Acceptance of Lead Acid batteries*” by **U. Christen, P. Romano** and **E. Karden** gives a clear and interesting approach for a phenomenological model used to estimate short-term charge acceptance;
- to end this issue, the paper “*Automatic-control challenges in future urban vehicles: a blend of chassis, energy, and networking management*” by **S.M. Savaresi** encourages us to broaden our views and look to the future, which is sometimes already quite close, of urban vehicles that must reduce their footprint, reduce CO₂ emissions and operating costs, improve safety and payload relative to unladen mass.

We expect that this dossier of OGST will give you some elements of answers and reflection and we wish you a good and exciting reading.

Claude Delarue
Editorial Committee Member
Technical coordinator of the GFC/CLFT