

Éditorial

L'automobile, autrefois considérée comme un vecteur de croissance économique et de progrès social, est depuis ces dernières décennies également jugée du point de vue de ses impacts négatifs, parmi lesquels :

- la contribution à la congestion des villes ;
- la sécurité, qui s'est néanmoins largement améliorée, tant du point de vue de la sécurité active que de la sécurité passive ;
- la consommation importante de ressources naturelles ;
- l'émission de polluants, dorénavant bien contrôlée ;
- la production de gaz à effet de serre, essentiellement sous forme de CO₂, liée à l'utilisation de produits pétroliers du fait de la large domination de l'essence.

Les nombreuses activités de recherche et de développement technologique apportent chaque jour des solutions et orientations pour faire face à ces nombreux défis.

Ce numéro spécial de *OGST – Revue d'IFP Energies Nouvelles* donne des exemples de ces travaux :

- la réduction drastique des émissions de CO₂, grâce à l'amélioration continue des moteurs à combustion interne (qui resteront pendant une longue période un élément majeur du système à propulsion, y compris pour les véhicules hybrides) et au développement des systèmes à propulsion électrique ;
- la réduction continue des émissions de polluants, grâce à une compréhension et une optimisation accrues du système alimentation en air/alimentation en carburant/combustion/traitement catalytique ;
- la modélisation, soit pour une optimisation aux différents stades de la conception, soit pour les systèmes de contrôle embarqués de plus en plus perfectionnés pour des solutions de plus en plus complexes.

Ces papiers sont issus de la conférence E-COSM 2009.

Claude Delarue
Membre du Comité de Rédaction d'*OGST*
Vice-Président du GFC CLFT

PERSPECTIVES ET TEMPS FORTS D'E-COSM 2009

Ce numéro spécial d'*OGST – Revue d'IFP Energies nouvelles* comprend des versions étendues d'une sélection de papiers présentés à E-COSM 2009, le séminaire 2009 de l'IFAC sur le contrôle, la simulation et la modélisation de moteur et de groupe moto-propulseur ("*Workshop on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling*"), organisé à IFP Energies nouvelles, à Rueil-Malmaison, France, du lundi 30 novembre au mercredi 2 décembre 2009.

Deuxième d'une série de conférences commencée en 2006, l'E-COSM 2009 a été organisée conjointement par "Les Rencontres Scientifiques d'IFP Energies nouvelles" et l'IFAC, et

sponsorisée par la SEE (NMO française de l'IFAC), le GdR MACS, le Comité Technique IFAC 7.1 sur le Contrôle Automobile (*Automotive Control*) et quatre autres Comités Techniques de l'IFAC.

E-COSM 2009 avait pour objectif d'examiner les développements les plus récents dans le domaine du contrôle et de la modélisation des moteurs et des groupes moto-propulseur, en privilégiant l'interaction entre la conception du contrôle-commande et la validation d'une part, et la modélisation et simulation physique d'autre part. Comme pour la première édition, le but était d'offrir aux chercheurs et praticiens universitaires et industriels travaillant dans le secteur du contrôle-commande pour l'automobile une opportunité de se rencontrer les uns les autres et d'échanger leurs points de vue et idées.

En effet, parmi les 138 participants issus de 15 pays (principalement France, Allemagne, Suisse, Royaume-Uni et États-Unis) et les 44 papiers présentés à la conférence, la contribution de l'industrie s'est révélée significative. La qualité du processus de sélection était garantie par le Comité International du Programme (IPC), composé de 23 éminents scientifiques dans le domaine, présidé par Lino Guzzella, de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, Suisse, et Lars Eriksson, de l'Université de Linköping, Suède, ainsi qu'un groupe de plus de 100 référés coordonnés par 27 éditeurs associés. Nous tenons à remercier l'ensemble des membres de l'IPC, des référés et des éditeurs associés pour leur contribution au succès de cet événement.

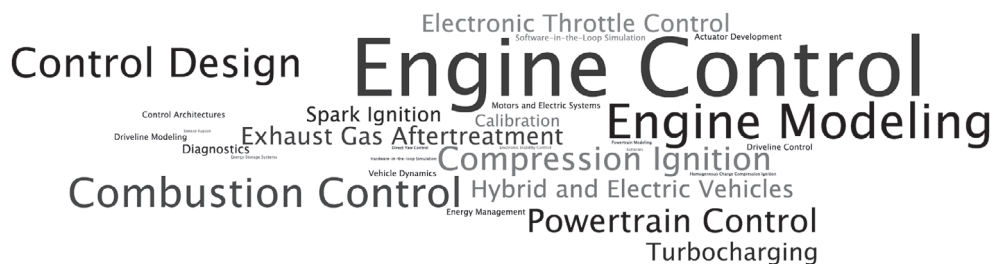


Figure 1

Nuage de mots-clés d'E-COSM 2009.

L'examen du nuage de mots-clés de la figure 1 montre que la conférence était effectivement axée sur le contrôle et la modélisation du moteur (et du groupe moto-propulseur) dont tous les thèmes "classiques" étaient bien représentés. Ces thèmes étaient présents dans les deux premières sessions de la conférence, respectivement dans "Module carburant moteur et combustion" (*Engine fuel path and combustion*) et "Module air moteur" (*Engine air path*). La session 3 était dédiée aux "Véhicules hybrides, composants électriques et gestion de l'énergie" (*Hybrid vehicles, electric components and energy management*). La session 4, sur les "Applications de commande optimale et prédictive" (*Applications of optimal and predictive control*), reflétait parfaitement l'intérêt croissant pour ces approches de conception de contrôle-commande, encore peu répandues dans le monde de l'automatique pour l'automobile. Un thème important pour le véhicule d'aujourd'hui, qui n'avait pas été traité dans l'édition précédente d'E-COSM, a été illustré par la session 5 sur "Les émissions et le post-traitement de moteur" (*Engine emissions and after-treatment*). La session 6, qui comprenait des papiers sur "La calibration, les actionneurs et capteurs du moteur" (*Engine calibration, actuators and sensors*), était précédée d'une intéressante session spéciale illustrant les résultats obtenus par les cinq institutions participant, avec six contributions, à une analyse comparative pour évaluer des systèmes de contrôle du papillon, conçus et calibrés selon différentes approches, dans des cadres à la complexité croissante.

LES ARTICLES DE CE NUMÉRO SPÉCIAL D'OGST

La sélection de papiers faite par *OGST – Revue d'IFP Energies nouvelles* ne prétend pas refléter toute la diversité des thèmes présentés à la conférence. Au lieu de cela, nous nous sommes concentrés sur un sous-ensemble des points forts de la conférence, en invitant les auteurs sélectionnés à fournir des versions étendues et améliorées de leurs contributions à E-COSM.

L'article "Stratégie de simulation dynamique pour la conception du contrôle de la combustion PCCI" (*A dynamic simulation strategy for PCCI combustion control design*), présenté en séance plénière par N. Peters, qui entame ce numéro, souligne parfaitement le dosage équilibré de modélisation, simulation et commande qui est nécessaire à tirer le maximum d'une technologie moteur avancée pour laquelle le système de contrôle est critique.

Les trois articles :

- "Modèle orienté contrôle d'un turbocompresseur à géométrie variable pour moteur à deux boucles EGR" (*Control oriented model of a variable geometry turbocharger in an engine with two EGR loops*);
- "Contrôle EGR et VGT avec action intégrale pour moteur Diesel" (*Nonlinear EGR and VGT control with integral action for Diesel engines*), et
- "Propriétés systèmes et contrôle des moteurs Diesel à turbocompresseurs avec EGR à haute et basse pression" (*System properties and control of turbocharged Diesel engines with high and low pressure EGR*);

illustrent les différentes facettes de ce qui est probablement le sujet le plus actif aujourd'hui en matière de commande de moteurs : le contrôle basé sur modèle du module air moteur.

La commande prédictive en temps réel est-elle réellement applicable aux applications de contrôle moteur ? Les articles :

- "Un cadre de conception pour la commande prédictive de moteur" (*A design framework for predictive engine control*) (exposé en séance plénière de L. Del Re);
- "Commande prédictive non linéaire par retour de sortie implémentable en temps réel pour un module air de moteur Diesel" (*A real-time implementable NMPC output feedback for a Diesel engine air path*), et
- "Commande prédictive non linéaire sous contraintes de la combustion basse température de l'essence" (*Constrained non-linear predictive control of gasoline low-temperature combustion*);

offrent tous une réponse positive, mais avec des approches différentes. Le lecteur décidera lequel est le plus convaincant. Conjointement, il convient de noter que des stratégies de commande optimale établies comme celle illustrée par "Un compensateur LQR de couple transmission avec gestion du jeu d'engrènement" (*A powertrain LQR-torque compensator with backlash handling*) offre des bénéfices indiscutables pour le contrôle de transmission.

Le papier "Contrôle des systèmes de réduction catalytique sélective par urée pour applications Diesel US" (*Control of urea SCR systems for US Diesel applications*) de l'exposé en séance plénière de M. Van Nieuwstaadt présente un des thèmes les plus appréciés qui ont été examinés à la conférence : la modélisation et contrôle des dispositifs de post-traitement des gaz d'échappement.

Il est suivi de trois articles illustrant les aspects de modélisation, calibration et contrôle sur différents systèmes de post-traitement :

- "Effets de mémoire persistants et comportement dynamique mi- et post-brique des catalyseurs à trois voies" (*Persistent memory effects and the mid- and post-brick dynamic behaviour of three-way automotive catalysts*);
- "Modélisation cinétique des aspects dynamiques de la réduction catalytique sélective standard au NH_3 sur les catalyseurs commerciaux $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ et fer-zéolite pour le post-traitement des gaz d'échappement des moteurs Diesel" (*Kinetic modeling of dynamic aspects of the standard $\text{NH}_3\text{-SCR}$ reaction over $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ and fe-zeolite commercial catalysts for the aftertreatment of Diesel engines exhausts*), et

- “Performances réalisables en pratique dans le contrôle de la température du catalyseur d’oxydation Diesel” (*Practical achievable performance in Diesel oxidation catalyst temperature control*).

Ce numéro spécial s’achève sur deux articles qui traitent de la “couche basse” du contrôle moteur, si importante pour assurer le fonctionnement correct du système tout entier :

- “Estimation du décalage PMH d’après des données de pression cylindre basées sur le modelage du dégagement de chaleur” (*TDC offset estimation from motored cylinder pressure data based on heat release shaping*), et
- “Contrôle papillon basé sur modèle utilisant des compensateurs statiques et le placement de pôles” (*Model-based throttle control using static compensators and pole placement*).

Ce dernier décrit la meilleure contribution (le “gagnant”) à l’évaluation comparative de différents systèmes de contrôle papillon.

PASSÉ, PRÉSENT ET FUTUR D’E-COSM

Depuis la première édition d’E-COSM en 2006, l’idée que le développement des nouvelles technologies automobiles doit être accompagné (dès le début) par la conception de stratégies de contrôle avancées a gagné du terrain. E-COSM 2009 a confirmé que le contrôle est un facteur clé de réussite pour les technologies exigeantes du moteur, de la transmission et du véhicule, à condition qu’un soutien solide depuis la modélisation et la simulation physiques soit disponible.

Cela dit, si le contrôle basé sur modèle pour les applications automobiles peut dorénavant être considéré mature dans sa totalité, de nombreuses approches prometteuses, largement couronnées de succès dans d’autres domaines industriels, en sont toujours à leurs prémices. Les stratégies de contrôle basées sur l’optimisation en temps réel en sont un cas typique, tout comme la conception de contrôleurs multi-variables dans une structure de contrôle en couple du groupe moto-propulseur. De façon plus générale, les innovations de l’industrie automobile n’ont pas toutes tenu leurs promesses : les attentes en termes de fiabilité accrue, de consommation réduite de carburant et d’émission de polluants, à des coûts abordables, demeurent très importantes. Par exemple, les systèmes de diagnostic embarqués, qui jouent un rôle de plus en plus important pour les véhicules modernes, vont offrir de nombreuses nouvelles opportunités à la recherche. Dans de nombreux domaines, l’intérêt portera moins sur le composant que sur le système et l’intersystème, avec d’importantes contributions des nouvelles technologies de l’information et de la communication. En 2012, il est attendu que ces nouvelles tendances soient au cœur de la prochaine conférence internationale E-COSM qui, une fois de plus, espérons-le, sera une sphère intéressante de discussion des derniers développements de recherche universitaire ainsi que de retours d’expérience industrielle dans le déploiement d’applications concrètes.

Paolino Tona
Président du Comité Organisateur National d’E-COSM 2009
IFP Energies nouvelles

Editorial

The Automobile, formerly considered as vector of economic growth and social progress, is for the last decades also looked under the angle of its negative impacts, among which:

- contribution to the congestion of cities;
- safety, which has largely improved, under the aspect of active safety as well as the aspect of passive safety;
- important taking of natural resources;
- pollutant emission, now well controlled;
- production of greenhouse gases, essentially in the form of the CO₂ bound to the use of oil products as fuel very widely prevail.

The numerous activities of research and technological development bring every day solutions and the orientations to face these various challenges.

This special issue of the OGST journal gives some examples of these works:

- the drastic reduction of CO₂ emissions by the continuation of the improvement of the internal combustion engines which will remain for a long time a major element of the propulsion system, including in the hybrid battery-driven vehicles, and the development of the electric propulsion systems;
- the continuation of the reduction of pollutants by a better understanding and an optimization of the system air supply/fuel supply/combustion/catalytic treatment;
- the modeling, either for an optimization at the various stages of the design, or for the more and more refined in-board control systems of the more and more complex solutions.

These papers are derived from the conference E-COSM'09.

Claude Delarue
Member of OGST Board of Editors
Vice-Chairman of GFC CLFT

OUTLOOK AND HIGHLIGHTS FROM E-COSM'09

This issue of *OGST – Revue IFP Energies nouvelles* includes extended versions of a selection of papers presented at *E-COSM'09*, the *2009 IFAC Workshop on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling* held at IFP Energies nouvelles, in Rueil-Malmaison, France, from Monday 30 November to Wednesday 2 December in 2009.

The second of a conference series begun in 2006, E-COSM'09 has been organized in the joint framework of “*Les Rencontres Scientifiques d'IFP Energies nouvelles*” and IFAC, and sponsored by SEE (French IFAC NMO), GdR MACS, the IFAC Technical Committee 7.1 on Automotive Control and by four other IFAC Technical Committees.

E-COSM'09 intended to examine the most recent developments in the fields of engine and powertrain control and modeling, emphasizing the interplay between control design and validation on the one hand, and physical modeling and simulation on the other. As in the first edition, the aim was to offer academic and industrial researchers and practitioners working in the automotive control sector an opportunity to meet one another and exchange views and ideas.

Indeed, among the 138 attendees from 15 countries (mostly France, Germany, Sweden, United Kingdom and United States), and the 44 papers presented at the conference, the share from industry proved significant. The quality of the selection process was guaranteed by an

International Program Committee (IPC) composed by 23 leading scientists in the domain, chaired by Lino Guzzella, of ETH Zürich, Switzerland, and Lars Eriksson, of Linköping University, Sweden, and a group of more than 100 reviewers coordinated by 27 associate editors. We would like to thank all the IPC members, reviewers and associate editors for their contribution to the success of this event.

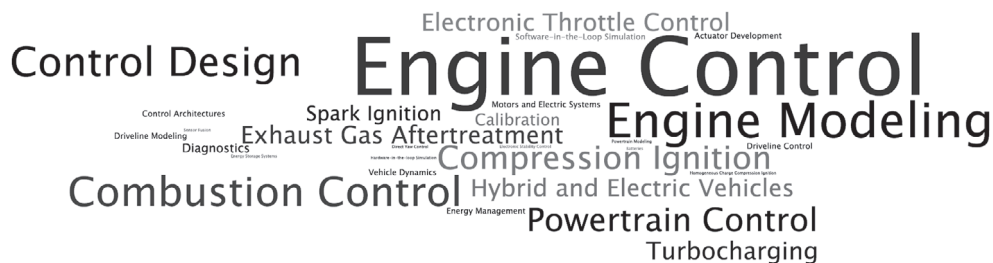


Figure 1
E-COSM'09 keyword tag cloud.

A look at the keyword tag cloud of Figure 1 shows that the conference was indeed centered on engine (and powertrain) control and modeling with all the “classic” topics well represented. These topics were found in the first two sessions of the conference, respectively on *Engine fuel path and combustion* and *Engine air path*. Session 3 was dedicated on *Hybrid vehicles, electric components and energy management*. Session 4, on *Applications of optimal and predictive control*, reflected well the increasing interest in these control design approaches, not yet widespread in the automotive control world. An important topic for nowadays vehicle, which was not covered in the previous edition of E-COSM, was illustrated by Session 5 on *Engine emissions and after-treatment*. Session 6, which included papers on *Engine calibration, actuators and sensors*, was preceded by an interesting special session illustrating the results obtained by the five institutions participating, with six contributions, in a benchmark to evaluate throttle control systems, designed and calibrated following different approaches, in frameworks of increasing complexity.

PAPERS OF THIS OGST SPECIAL ISSUE

Driven by a set of different constraints, the selection of papers made for *OGST – Revue d'IFP Energies nouvelles* is not intended to reflect the full diversity of the topics presented at the conference. We focused instead on a representative subset of the highlights of the conference, inviting the selected authors to provide extended and improved versions of their E-COSM contributions.

The paper “A dynamic simulation strategy for PCCI combustion control design”, from the plenary lecture of N. Peters, which opens this issue, highlights well the balanced mix of modeling, simulation and control that is necessary to make the most of an advanced engine technology where the control system is critical.

The three papers:

- “Control oriented model of a variable geometry turbocharger in an engine with two EGR loops”;
- “Nonlinear EGR and VGT control with integral action for Diesel engines” and;
- “System properties and control of turbocharged Diesel engines with high- and low-pressure EGR”;

illustrate different facets of what is probably the most active subject today in engine control: model-based air-path control.

Is real-time constrained model predictive control really feasible for engine control applications? The papers:

- “A design framework for predictive engine control” (plenary lecture of L. Del Re);
- “A real-time implementable NMPC output feedback for a Diesel engine air path”, and
- “Constrained nonlinear predictive control of gasoline low-temperature combustion”;

all give a positive answer, but with different approaches. The reader will decide which is the most convincing one. At the same time, it must be noted that established optimal control strategies as the one illustrated by “A powertrain LQR-torque compensator with backlash handling”, provide undisputable benefits for powertrain control.

The paper “Control of urea SCR systems for US Diesel applications” from the plenary lecture of M. Van Nieuwstaadt introduces one of the most appreciated topic having been investigated at the conference: engine exhaust gas after-treatment modeling and control.

It is followed by three papers illustrating calibration, modeling and control aspects on different after-treatment systems:

- “Persistent memory effects and the mid- and post-brick dynamic behaviour of three-way automotive catalysts”;
- “Kinetic modeling of dynamic aspects of the standard NH_3 -SCR reaction over V_2O_5 - WO_3/TiO_2 and fe-zeolite commercial catalysts for the aftertreatment of Diesel engines exhausts”, and
- “Practical achievable performance in Diesel oxidation catalyst temperature control”.

This special issue is closed by two papers which deal with the “lower layer” of engine control, so important to insure the correct operation of the whole system:

- “TDC offset estimation from motored cylinder pressure data based on heat release shaping”, and
- “Model-based throttle control using static compensators and pole placement”.

The latter describes the best contribution (the “winner”) to the challenging throttle control benchmark.

PAST, PRESENT AND FUTURE OF E-COSM

Since the first E-COSM in 2006, the idea that the development of emerging automotive technologies must be accompanied (from the beginning) by the design of appropriate advanced control strategies has gained ground. E-COSM’09 has confirmed that automatic control is a key success factor for demanding engine, powertrain and vehicle technologies, provided that a solid support from physical modeling and simulation is available. However, if model-based control for automotive applications can now be considered mature as a whole, several promising approaches, largely successful in other industrial domains, are still in their infancy. This is typically the case with the implementation of control strategies based on real-time optimization, but also with the design of truly multiple-input multiple-output controllers in a powertrain torque control structure. More generally, not every innovation in the automotive industry has delivered on its promises: expectations in terms of improved reliability, reduced fuel consumption and pollutant emissions, at affordable costs, remain very high. For instance, on-board diagnostics, which is playing an increasingly important role in modern vehicles, will provide several new opportunities for research. In many domains, the focus will shift from the component level to the system and inter-system levels, with important contributions from the new technologies of information and communication. In 2012, these new trends are expected to be at the core of the next E-COSM International Conference, which will hopefully provide, once again, an interesting arena to discuss the latest academic research developments, as well as industrial experience in deploying “real-world” applications.

Paolino Tona

*Chair of E-COSM’09 National Organizing Committee
IFP Energies nouvelles*