

Éditorial

QUE S'EST-IL DIT LORS DE LA 1^{RE} ÉDITION DE L'ECOSM ?

INTRODUCTION

Dans ce numéro d'*Oil & Gas Science and Technology*, se trouve une sélection d'articles issus de la conférence internationale 2006 de l'IFP, présentant les dernières tendances concernant le contrôle, la simulation et la modélisation des systèmes de motorisation. Ce nouveau congrès sur l'Ingénierie de conception des groupes moto-propulseur avait pour but d'offrir une vue d'ensemble des avancées actuelles en matière de modélisation et de contrôle moteur. Le contrôle moteur joue un rôle de plus en plus essentiel dans la conception des véhicules. Étant intimement lié à l'électronique, son développement fulgurant n'étonnera personne et ce, même si la technologie qui le constitue demeure dans certains cas plutôt classique.

La conception du contrôle moteur basée sur la Théorie du Contrôle est relativement récente : elle réunit deux domaines scientifiques qui, tout en apprenant l'un de l'autre, se considèrent réciproquement avec un certain scepticisme scientifique. D'une part, les développements des systèmes de conception des groupes moto-propulseur sont voués à l'échec si les nouvelles technologies moteur (HCCI/LTC/CAI) ne sont pas capables de concevoir des régulateurs appropriés. D'autre part, la théorie du contrôle ne permet pas de résoudre de façon systématique un problème donné sans une maîtrise parfaite de la physique impliquée dans la modélisation du système en question.

Dans ce contexte, l'objet du Congrès était de mettre en valeur les interactions existant entre différents domaines scientifiques impliqués dans des objectifs de recherche communs. Ainsi, en associant les étapes de modélisation du système et de conception de la commande, tout en prenant en compte les enjeux de l'automobile, le contrôle moteur permet de véritables innovations dans la sphère de l'Ingénierie de conception des groupes moto-propulseur.

1 MODÉLISATION POUR L'AMÉLIORATION DU CONTRÔLE OU CONTRÔLE PAR MODÉLISATION ?

La première séance entrait dans le vif du sujet en présentant les différentes étapes de la modélisation de la transmission, ainsi que les outils de simulation. Dans le processus de conception de la commande, la modélisation du moteur joue un rôle primordial en tant que :

- Simulateur, dont les modèles physiques reproduisent les phénomènes et les dynamiques physiques qui doivent être contrôlés, même si cela ne correspond pas à la représentation mathématique de l'utilisation du problème dans les algorithmes de contrôle.
- Environnement de simulation, utilisé tout au long de la conception, depuis le test unitaire de la loi de contrôle avec un modèle local, jusqu'au test avec le simulateur de transmission complet.

Cette séance a été introduite par le discours d'ouverture d'**Alain Dauron** intitulé *Commande de transmission à base de modèle : de nombreux usages, sans abus*. Il y a rappelé les contributions de la modélisation dans le cycle de conception du contrôle moteur. D'un point de vue terminologique, l'utilisation du terme modélisation est souvent étendue, dans le cadre du cycle de

développement de transmission, à l'idée de conception à base de modèle, oubliant, de ce fait, sa signification originelle d'observateur d'état.

Lors de cette séance, les exposés présentaient à la fois des environnements de modélisation complets permettant la conception et le test d'une partie du contrôle moteur [Albrecht], et certains aspects concernant exclusivement le système de modélisation [Arsie]. La Modélisation de conception des groupes moto-propulseur n'en est qu'à ses balbutiements et progresse plus rapidement dans ses applications que dans son développement. Pour y remédier, voici quelques objectifs :

- définir son périmètre d'utilisation,
- prouver le réel potentiel qu'il peut apporter au développement automobile,
- symboliser de façon suivie l'innovation que représente le système de conception des groupes moto-propulseur, depuis les nouveaux procédés de combustion jusqu'à son extension aux domaines de contrainte, qui doivent également être imités (ex : la production de polluant ou agrément de conduite).

2 AUX LIMITES DE LA STABILITÉ : LE RÔLE PRIMORDIAL DU CONTRÔLE

La deuxième séance s'est intéressée aux problèmes de contrôle dus aux nouveaux procédés de combustion diesel et essence tels que le HCCI, LTC ou CAI. Lors de cette séance, il a été démontré que même si les innovations faites dans le domaine des nouveaux systèmes de combustion donnent vie à des moteurs plus propres et plus efficaces, elles génèrent toutefois également des problèmes de contrôles plus complexes. Certes, la technologie du moteur possède une place importante, cependant, le système de contrôle moteur devient quant à lui crucial. Plusieurs exposés ont illustré ce fait et ont proposé des méthodes de contrôle adaptées afin de remédier à ces problèmes spécifiques. La combustion HCCI ne peut être réalisée que dans des conditions de fonctionnement très limitées (composition du carburant, températures) ; ne pas les respecter pourrait conduire à un grave dysfonctionnement de la combustion, et pourrait nuire à la stabilité du système [Avolio, Karrelmeyer]. Un contrôle adapté représente la clé de voûte permettant d'assurer et de maintenir la stabilité du système.

Ainsi, il n'est plus considéré comme « présomptueux » d'associer l'analyse de la stabilité du système en boucle fermée, à une analyse de robustesse. Les ingénieurs chargés de développer le contrôle moteur en ont même fait un de leurs soucis principaux. Afin de réguler la composition du combustible admis dans le cylindre avant la phase de combustion, le contrôle de la boucle de l'air est amplement remanié via diverses techniques automatiques, dans le but d'élargir la boucle du système et d'obtenir ainsi une meilleure maîtrise du fort taux d'EGR [Nitsche, Chauvin, Daeubler].

La boucle d'air joue un rôle de premier plan pour les moteurs HCCI CI. Elle fournit en effet un taux de RGE élevé tout en maintenant un haut débit d'air. Pour cela, il est nécessaire d'y intégrer les nouveaux turbocompresseurs dont le contrôle est adapté [Nitsche, Eriksson].

3 HARMONISATION DES CONTRÔLES MOTEUR À ALLUMAGE COMMANDÉ ET À INJECTION DIRECTE

La troisième séance a débuté avec la commande du turbochargeur au sein d'une nouvelle approche du contrôle de la boucle d'air. Ici, le problème de contrôle est indépendant du système de combustion du moteur. Dans son discours d'ouverture intitulé *Modélisation et contrôle de moteurs suralimentés à allumage commandé et à injection directe*, **Lars Eriksson** a fait la synthèse de ce sujet primordial que sont les nouvelles technologies moteur.

L'ensemble des articles présentés dans ce numéro, sur le contrôle moteur essence, s'appuie chacun sur des architectures moteur différentes mais néanmoins complémentaires : le principe de

réduction de la cylindrée et l'utilisation de déphaseur d'arbre à came pour lesquels prévaut l'approche fondée sur la modélisation, visant à réguler l'air et les gaz résiduels enfermés dans le cylindre [Le Solliec, Öberg]. Le choix du superviseur aérodynamique pour les stratégies de « déphasage » est effectué par modélisation. Cette méthode, fondée sur un support de simulation, permet d'optimiser les bienfaits potentiels qu'apporterait une telle technologie [Filipi].

4 COMMANDE DE TRANSMISSION HYBRIDE : CONTINUATION OU RUPTURE ?

Enfin, la dernière séance du congrès, qui n'était pas la moindre, était consacrée au contrôle et à la modélisation de la chaîne de traction hybride ir. Ce sujet d'actualité n'a pas été couvert de façon exhaustive lors de la séance. Toutefois, plusieurs exposés offrent une bonne vue d'ensemble des techniques de contrôle et de modélisation appliquées à la conception de transmission hybride. Dans son discours d'ouverture intitulé *Modélisation et contrôle des systèmes de propulsion avancés*, **Lino Guzzella** a présenté les différents thèmes scientifiques concernés : depuis les paradigmes de la modélisation jusqu'à la commande optimale.

La majorité des exposés traite du contrôleur d'énergie, un des éléments primordiaux de la commande de transmission hybride. Différentes approches quant à la maîtrise de l'énergie ont été présentées [Barbarasi, Beck] depuis les techniques de commande optimale jusqu'à la commande prédictive. D'autres exposés donnent quelques exemples parmi la large gamme des applications, comme le semi-hybride [Tona, Kitte].

ENCORE À L'ÉTUDE...

ECOSM a offert à tous ses participants l'occasion d'échanger sur différents thèmes techniques et scientifiques. Échanger c'est aussi, parfois, exprimer sa différence de point de vue. Voilà la recette d'une conférence sans fadeur !

Tout le monde s'accordera à dire que la modélisation et la commande de transmission sont encore en pleine expansion ; en tant que membres actifs dans ces deux domaines, il nous appartient, forts de notre savoir scientifique, de les aider à se développer dans les meilleures conditions possibles.

REMERCIEMENTS

Ce numéro d'*Oil & Gas Science and Technology* inclut une sélection d'exposés résultant de la première édition d'ECOSM ; malheureusement, certains d'entre eux n'ont pas pu être inclus à ce numéro pour diverses raisons.

Un grand merci à tous les auteurs de ce numéro d'OGST. Je souhaiterais également étendre ces remerciements à tous les participants de la première édition d'ECOSM.

La réussite de cette conférence incite fortement l'IFP à organiser une seconde conférence dans un avenir proche, à laquelle vous êtes tous les bienvenus...

Gilles Corde

*Département Traitement des mesures, Automatismes et Contrôle
Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées
IFP*

Editorial

WHAT WAS INSIDE THE 1st EDITION OF ECOSM?

INTRODUCTION

This issue of *Oil & Gas Science and Technology* includes selected papers from the 2006 IFP International Conference on New Trends in Engine Control, Simulation and Modelling. This new edition of Powertrain Engineering congress, proposed an overview of the current advances in the field of engine control and modelling. Engine control is playing an ever increasingly important place in the design of vehicles. Because engine control is intimately linked with electronics, its growth seems obvious and very fast to everybody and this, even though the technology inside remains in some cases rather conservative.

The design of engine control based on the Control Theory is still rather young: it unites two scientific fields which are learning to know each other but each of which considers the other with (scientific) scepticism: on the one hand, powertrain system evolutions are doomed to failure (guaranteed to lead nowhere) if the new engine technologies (HCCI/LTC/CAI) do not come with adequate controllers; on the other hand, Control Theory does not provide a systematic response to a given problem without a thorough knowledge of the underlying physics via the modeling of the system considered.

In this context, the purpose of the congress was to highlight the interaction between different scientific fields involved in the same research objectives. The engine control combines the System Modeling stage and the Control Design stage taking the engine or vehicle issues into account to lead to successful innovation in the field of Powertrain engineering.

1 MODELING TO SUPPORT CONTROL OR MODEL-BASED CONTROL?

The first session related directly to the powertrain modeling approaches and simulation tools. In the control design process, the engine modelling task plays a central part as:

- a simulator with physical based models which reproduce physical phenomena and dynamics to be controlled even if it does not correspond to the mathematical representation of the problem use in the control algorithms,
- a simulation environment which will be used during the whole phase of Design, from the unitary test of the control law with a local model, to the test with the complete Powertrain simulator.

This session opened with the keynote speech of **Alain Dauron**, “*Model-Based Powertrain Control: many uses, no abuse*”, which gave an assessment of the contribution of modeling in the engine control design cycle. This use of modeling is often extended in terminology, in the powertrain development cycle to the Model-based-design, by forgetting its original signification as a state-observer.

In this session, papers presented both complete modelling environments allowing the design and the test of part of the engine control [*Albrecht*] and aspects purely related to modeling system

[Arsie]. As Powertrain Modeling is emergent, more in its application than its development, the following objectives to manage its development could be fixed:

- define its perimeter of use,
- demonstrate its real potential in supporting automobile development,
- represent and follow the innovation of the powertrain system from the new combustion processes to its extension to the constraints domain which must also be modelled such as pollutant production or driveability.

2 TOWARDS THE LIMITS OF STABILITY: LEADING ROLE OF THE CONTROL

The second session focused on control issues produced by the new gasoline and diesel combustion processes such as HCCI, LTC or CAI. This session illustrated the fact that innovations in the field of new combustion systems provide cleaner and more efficient engines but involve more complex control issues. The engine technology is still of great importance but the engine control system becomes a critical part. Several papers illustrated this point and showed suitable control methods to face these specific problems. HCCI combustion is feasible under very restrictive running conditions (compositions of the gas, temperatures); a failure to respect them can result in a serious dysfunction of the combustion, potentially leading to system instability [Avolio, Karrelmeyer]. Adequate control becomes a necessary key element to ensure and maintain the stability of the system.

Thus, the stability analysis of the closed-loop system, combined with a robustness analysis stops being a “theoretical vanity” but becomes a central issue for any engineer in engine control development. To control the composition of gases fed to the cylinder before the combustion phase, AirPath control is largely reorganized by using various automatic techniques with an objective to increase the band-width of the system for a better transient management of high EGR rates [Nitsche, Chauvin, Daeubler].

The AirPath plays a leading role in HCCI CI engine, by providing high EGR rate while maintaining high air flow rate: it involves the integration of the new turbocharger technologies with their dedicated control [Nitsche, Eriksson].

3 CONVERGENCE OF THE SI, CI ENGINE CONTROL

The third session began with the turbocharger control within a novel AirPath structure. Here, the associated control problem is independent of the engine combustion system. **Lars Eriksson**, in his keynote speech, “*Modelling and Control of Turbocharged SI and DI engines*”, presented a synthesis on this fundamental subject dealing with the emergent engine technologies.

The set of themes of gasoline engine control is proposed with different but complementary engine architectures and objectives: the downsizing concept with the use of variable valve timing camshafts where the model-based approach to manage the air and the residual gases trapped into the cylinder is prevalent [Le Solliec, Öberg]. The choice within the Air supervisor of the “dephasing” strategies is addressed via modelling. This method based on simulation support helps to optimize the potential benefits carried out by this technology [Filipi].

4 CONTROL OF HYBRID POWERTRAIN: A CONTINUATION OR A BREAKDOWN?

Last but not the least, the ECOSM congress finished with a session dedicated to the Control and Modeling of Advanced Power Sources. This is a topical subject which was not exhaustively handled in this session, but several papers give a good overview of Modeling and Control techniques applied in hybrid powertrain design. **Lino Guzzella**, through his keynote speech, “*Modeling and Control of Advanced Propulsion Systems*”, presented the different scientific topics concerned: from the Modeling paradigms to the Optimal Control.

Most of the papers concern the Energy supervisor, which is one of the key points for an hybrid powertrain control. Different approaches to deal with the power management were presented [Barbarasi, Beck] from Optimal Control techniques to predictive control. Others papers gave some examples of a wide range of applications: the mild-hybrid [Tona, Kitte].

STILL IN PROGRESS...

ECOSM was a good opportunity for each participant to exchange in these scientific and technical fields: exchange means sometimes, expressing different points of view and this is a recipe for a tasty conference...

Everybody will agree that these two domains, Powertrain Modelling and Control are in their expansion phase and as actors in these fields, it is up to us that they grow-up in the best conditions based on our scientific skills.

ACKNOWLEDGEMENTS

This *Oil & Gas Science and Technology* edition includes some of the highlight papers of the first edition of ECOSM; unfortunately, some papers could not take place in this edition for different reasons.

I would like to thank all the authors of this OGST edition, and extend my acknowledgements to all the participants of the first edition of ECOSM.

The success of this conference is a strong motivation for IFP to organise a second edition in the near future, to which all are invited...

Gilles Corde
*Signal Processing, Automation and Control
Department, Technology, Computer Science, and Applied Mathematics Division
IFP*