

GESTION DE L'ENERGIE A BORD DES VEHICULES

Décembre 2011

La gestion de l'énergie à bord des véhicules vise à optimiser le rendement énergétique global et à gérer la répartition des divers modes de fonctionnement, notamment en valorisant une partie de l'énergie actuellement dissipée : énergie de freinage, énergie thermique du moteur et du pot d'échappement, motorisations hybrides, etc.

ELECTRIFICATION DES VEHICULES

L'électrification des véhicules vise à diminuer la dépendance au pétrole et à réduire les émissions de CO2. L'hybridation permet de choisir la motorisation optimale (thermique, électrique ou combinée) en fonction du cycle de conduite, en vue notamment de réserver l'usage du moteur thermique à ses plages de meilleur rende-

ment (c'est-à-dire sur route essentiellement). La motorisation électrique quant à elle assure les faibles régimes et fortes charges.

L'augmentation de la puissance électrique disponible à bord des véhicules peut se faire à différents niveaux, avec des performances variables en termes d'émissions de polluants.

Technologie	Principe	Gain sur les émissions de CO2
Stop&start	Arrêt du moteur thermique lors des arrêts du véhicule	5 à 7% en cycle mixte 10 à 15% en conduite urbaine
Mild hybrid	Assistance au moteur thermique pendant les phases motrices	30% en conduite urbaine
Full hybrid	Fonctionnement tout électrique possible sur de très courtes distances	40% en conduite urbaine 10 à 20% sur route Nul sur autoroute
Hybride 2 ^{ème} génération	Fonctionnement tout électrique possible sur de plus longues distances (10 à 60 km) - Rechargeable sur le réseau électrique (Plug-in)	

D'autres pistes d'amélioration de l'hybridation sont possibles, telles que la récupération de l'énergie de freinage ou l'accroissement du couple moteur. Le choix des technologies dépend de la gamme de véhicule, des conditions d'usage et des performances souhaitées.

VEHICULE HYBRIDE RECHARGEABLE

Travaux de l'IFP Energies Nouvelles

Selon l'IFP Energies nouvelles, les véhicules hybrides plug-in devraient permettre

des gains de l'ordre de 40% sur la consommation d'énergie. C'est pourquoi l'institut se concentre sur le développement de cette technologie, et plus largement sur l'optimisation de l'énergie à bord d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules (prise en compte des interactions entre le véhicule

et son environnement par la mise en œuvre des TIC). [4]

Dans le cadre du projet HyHIL (Hybrid Hardware-in-the-Loop), IFP Energies Nouvelles a développé une plate-forme virtuelle. Il s'agit d'un ensemble d'outils de simulation temps réel, appliqué à un banc moteur à haute dynamique. Le système est exploité pour optimiser et valider des motorisations hybrides. En particulier, des architectures hybrides peuvent être testées sur la base d'un moteur thermique installé sur banc, tous les autres composants (moteur électrique, transmission, batterie, ...) étant simulés. [4]



Projet SYNERGY : Réduction des émissions [5]

Le projet SYNERGY (SYstème d'admission Novateur pour des Emissions de CO2 Réduites adapté à un Groupe motopropulseur Diesel hYbride) a pour objectif de réduire de 20% les émissions de CO2 des moteurs diesel pour l'automobile, tout en abaissant les émissions de polluants. Labellisé par les pôles Mov'eo et Véhicules du Futur, ce projet ANR explore deux voies d'amélioration :

- une boucle d'air incluant une suralimentation, le refroidissement des gaz à l'admission et une distribution variable. Les émissions de NOx seront réduites au moyen d'une suralimentation en charge partielle. Une double suralimentation sera évaluée par rapport aux émissions de CO2. Les gains sur les émissions de CO2 seront obtenus par downspeeding couplé à une optimisation des réglages moteurs pour obtenir le meilleur compromis NOx / CO2. Par ailleurs, une distribution variable sera mise en œuvre pour la réduction de HC-CO.

- La récupération d'énergie lors des phases de décélération, via l'hybridation du moteur. Une hybridation de type « boost » sera testée vis-à-vis de son potentiel de réduction des émissions de CO2 et de NOx.

Renault, Faurecia, Valeo, Delphi, l'École Centrale Nantes, Mechadyne et Honeywell sont partenaires du projet.

VOLVO : Premier Diesel hybride plug-in [6; 7]

Au salon de l'automobile de Genève de 2011, Volvo Cars a présenté le premier véhicule diesel hybride plug-in. Baptisé V60, il a été développé en partenariat avec le fournisseur d'énergie suédois Vattenfall, avec lequel Volvo a créé une co-entreprise.

Le véhicule peut fonctionner avec le moteur thermique seul, en mode hybride diesel-électrique ou avec le moteur électrique uniquement, ce qui représente une première. La technologie offre à la fois une très faible consommation et des émissions de CO2 fortement réduites, et des performances élevées avec une grande autonomie. La motorisation électrique est alimentée par une batterie lithium-ion, rechargeable en cinq heures sur une prise secteur standard. L'énergie de freinage est récupérée.

L'un des objectifs du projet a consisté à maintenir le plaisir de conduite, associé à une réduction des émissions polluantes. L'autonomie en mode purement électrique est de 50 km. En mode hybride, les émissions de CO2 du V60 sont inférieures à 50 g/km. Le fonctionnement diesel seul quant à lui offre une puissance de 215 + 70 CV et une accélération de 0 à 100 km/h en 6,9 secondes.

La mise sur le marché du véhicule est prévue pour 2012 en Suède. Il sera produit par Volvo ; Vattenfall de son côté développera un système de charge.

GESTION DES BATTERIES [8]

Dans le cas des batteries lithium-ion qui sont les plus utilisées, la procédure de charge optimale à respecter est une charge en tension continue – courant continu : dans un premier temps la tension de cellule maximale est obtenue par un courant continu, puis la tension est main-

tenue et l'intensité de charge est réduite progressivement. Les régleurs de charge sont réalisés avec des convertisseurs continu-continu dotés d'une boucle d'asservissement en tension et en température. En effet, les surtensions ou les températures trop élevées génèrent des risques d'explosion, et à l'inverse une tension ou une température trop faible peut conduire à des pertes de capacité de la batterie, des courts-circuits internes et une instabilité lors des recharges suivantes.

Les différentes cellules d'une batterie sont susceptibles de décharger plus ou moins vite en raison des tolérances de fabrication. La cellule la moins chargée définit le seuil minimal en-deçà duquel la batterie doit être rechargée. La charge encore disponible dans les autres cellules est alors indisponible. Pour rééquilibrer les niveaux de charge des cellules, deux solutions sont possibles :

- **Equilibrage passif** : les cellules les plus chargées sont déchargées via des résistances ; une grande partie de l'énergie électrique est dissipée sous forme de chaleur. Bien que cette solution soit peu efficace, elle est couramment répandue en raison de sa simplicité en termes de logiciels et d'électronique.
- **Equilibrage actif** : une partie de l'énergie des cellules les plus chargées est transférée aux cellules les moins chargées, d'où de faibles pertes d'énergie et une efficacité globale nettement supérieure. La mise en œuvre de cette technologie nécessite néanmoins de perfectionner les circuits électroniques de transfert d'énergie.

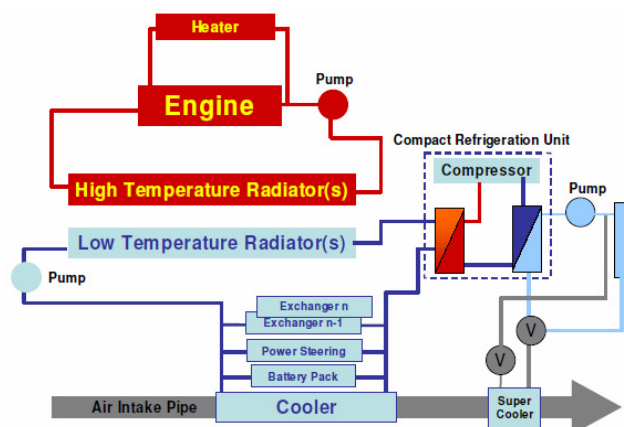
ENERGIE THERMIQUE

Projet TIFFE : Intégration des systèmes thermiques [9 ; 10]

Le projet européen TIFFE (Thermal systems integration for fuel economy) vise à développer un système thermique intégré pour véhicules pour optimiser la gestion thermique à bord (habitacle et température des systèmes auxiliaires) et l'efficacité énergétique. Les principaux axes sont :

- Conditionnement d'air à double circuit : un circuit pour transférer la puissance de refroidissement et l'autre pour rejeter la chaleur ;

- Système de rejet de chaleur à deux niveaux : un seuil de température pour le rejet de la chaleur à température élevée (par exemple la chaleur perdue du moteur), et une température pour refroidir localement les systèmes auxiliaires ;
- Echangeurs de chaleur innovants : échangeurs fluide-fluide compacts et application aux technologies de rejet fluide-air ;
- Fluides de refroidissement innovants, tels que par exemple les nanofluides.



Architecture globale du système de refroidissement [10]

Les travaux visent une réduction de la consommation de carburant de 15% grâce à :

- l'amélioration de l'aérodynamisme (nouvelle conception de l'avant du véhicule) et l'augmentation de l'efficacité des systèmes auxiliaires grâce au refroidissement local,
- un meilleur rendement du moteur, obtenu par le contrôle précis des échanges de chaleur et l'amélioration de l'admission ;
- la réduction des redémarrages du moteur sur les véhicules hybrides ou stop&start pour le confort thermique en cabine, grâce au nouveau conditionnement d'air et à l'inertie thermique étudiée ;
- une unité de réfrigération compacte.

Deux véhicules prototypes seront réalisés et testés en laboratoire et sur route : un diesel stop&start et un diesel hybride.

Engagé en juin 2009, le projet se terminera en novembre 2012. Il est doté d'un budget de 3,6 M€. Les travaux sont menés par le centre de recherche Fiat SCPA (coordina-

teur), Maflow, Sintef Energiforskning, l'Université technique de Braunschweig, Ford et Denso Thermal Systems.

Projet NOWASTE: Récupération de chaleur dans l'automobile [11]

Le centre de recherche Fiat pilote également le projet européen NOWASTE (Engine Waste Heat Recovery and Re-Use), dédié à la récupération de l'énergie thermique des véhicules. L'objectif du projet est de transformer l'énergie thermique dissipée par les moteurs, soit environ 60% de l'énergie de combustion, en énergie mécanique ou électrique. Cela permettra d'augmenter l'efficacité énergétique globale du véhicule, et de réduire la consommation et les émissions de CO₂ de 10 à 15%. Ces gains pourront encore être supérieurs dans le cas de motorisations hybrides susceptibles de stocker l'énergie récupérée pour la réutiliser.

La réutilisation de chaleur par cycle thermodynamique (cycle de Rankine), déjà exploitée dans les systèmes statiques, nécessite des adaptations pour être opérationnelle dans l'automobile : développement de composants et d'architectures, intégration au système d'échappement.

La faisabilité de la technologie sera démontrée sur banc d'essai et au moyen d'un véhicule prototype à propulsion hybride. L'objectif consiste à réaliser un système permettant au moins 12% d'économies de carburant, pour un coût inférieur à 4500 € et un poids maximal de 150 kg.

Ce projet de 4,5 M€ a démarré en octobre cette année et s'étend jusqu'en mars 2015. AVL List GmbH, Volvo Technology, Dell'Orto SPA, Faurecia Systèmes d'échappement et l'université de Liège en sont les partenaires.

GESTION GLOBALE DE L'ÉNERGIE

Projet OPENER : Gestion et récupération de l'énergie [12]

Le projet européen OPENER (Optimal Energy consumption and Recovery), engagé en mai 2011 pour une durée de trois ans, vise à augmenter l'autonomie des véhicules électriques grâce à une gestion intelligente de l'énergie et sa récupération. Les solutions proposées intégreront des

sous-composants existants, incluant des capteurs embarqués et extérieurs au véhicule. L'objectif est de développer un gestionnaire d'énergie coordonnant les stratégies de contrôle.

Le système fournira au conducteur une information basée sur l'architecture du réseau comprenant la batterie, le moteur électrique, le système de récupération d'énergie de freinage et la navigation satellite. En parallèle, la sécurité sera assurée par l'intégration des contrôleurs de stabilité et des capteurs environnementaux.

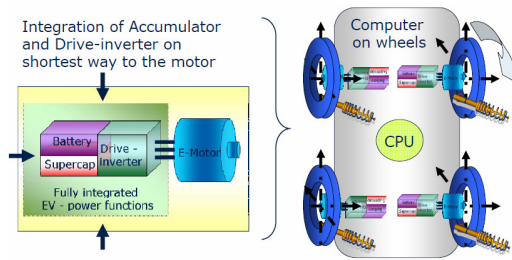
OPENER prend en compte les conditions aux limites pour le freinage électrique, c'est-à-dire les limites de traction, les températures et la charge de la batterie. Le conducteur est assisté pour maximiser la récupération d'énergie en évitant l'usage des freins à disque lorsqu'ils ne sont pas nécessaires. L'assistance inclue la distance de freinage estimée, la visualisation de la capacité de récupération et des conseils de freinage basés sur le trafic, les données de navigation et les données issues de la communication entre véhicules et avec l'infrastructure.

A l'issue du projet, la faisabilité de la technologie sera démontrée avec deux véhicules électriques testés en conditions réelles.

Partenaires: Robert Bosch GmbH, Robert Bosch Car multimedia, Fundacion para la promocion de la innovacion, investigacion y desarrollo tecnologico en la industria de la automocion de Galicia, AVL LIST GMBH, PSA, Centre de recherche en informatique de l'université de Karlsruhe

Projet CASTOR: Système de propulsion distribué pour véhicule électrique [13 ; 14]

Le principal objectif du projet européen CASTOR consiste à intégrer un système innovant de propulsion distribuée sur un véhicule entièrement électrique. Les travaux visent un gain d'énergie de 10 à 20% par rapport aux systèmes actuels de propulsion, une réduction de coût de l'ordre de 25%, une amélioration de la sécurité et une augmentation de l'autonomie de 15 à 20% en raison d'un meilleur rendement et d'une réduction de masse.



Principe de propulsion distribuée [14]

Le stockage d'énergie sera intégré au système de propulsion. De nouveaux types de conversion seront mis en œuvre (conversion directe de puissance par exemple) pour réduire le nombre d'intermédiaires actifs.

L'un des axes du projet consiste à mettre au point un système de contrôle électrique intelligent afin d'améliorer la gestion de l'énergie et de la propulsion via un réseau intelligent à bord du véhicule.

Par ailleurs, le projet vise à simplifier la chaîne de production à travers la simplification de l'architecture.

Le projet s'étale de juin 2010 à mai 2013. Il est financé par un budget de 5,3 M€.

Partenaires : Infineon Technologies, Magnomatics Limited, Ficomirrors, Volkswagen, Centre de recherche Fiat, Stiftelsen Sintef, université de Sheffield

INTEGRATION DES VEHICULES AU RESEAU DE PRODUCTION D'ELECTRICITE

Les énergies renouvelables (éoliennes, solaires, ...) sont par nature fluctuantes, ce qui rend délicat leur intégration sur le réseau. Une des solutions évoquées pour stocker l'électricité produite à partir de sources renouvelables consiste à utiliser les véhicules comme réservoirs tampons : c'est le concept « vehicle to grid ». Il s'insère tout naturellement dans les « smart grids » (réseaux intelligents), dans lesquels flux énergétiques et flux de communication se superposent. [15; 16]

Projet Move In Pure

Le projet Move In Pure de la [Compagnie Nationale du Rhône](#) (CNR) s'inscrit dans cette démarche d'intégration du véhicule électrique dans le réseau pour lisser les irrégularités des énergies renouvelables.

La CNR, filiale de GDF-Suez, produit de l'électricité exclusivement à partir de sources renouvelables, principalement grâce à ses barrages sur le Rhône.



Un premier démonstrateur a été présenté en décembre 2010. Un boîtier de commande est installé dans les véhicules ou sur les bornes de recharge. Piloté à distance via GPRS par le centre de gestion de la CNR, il sert de contacteur et mesure l'énergie distribuée. Lorsque l'utilisateur a connecté son véhicule au réseau, il indique la durée de stationnement et la charge souhaitée (complète ou partielle). Avec ces informations, la CNR peut choisir le moment de rechargement du véhicule en fonction des fluctuations de la production électrique. L'énergéticien propose d'intéresser financièrement l'utilisateur en contrepartie de la souplesse de gestion qu'il apporte.

D'ici fin 2011, le quartier Confluence du Grand Lyon a prévu de s'équiper d'une flotte de véhicules électriques en auto-partage basée sur la technologie développée dans Move In Pure. [17 ; 18 ; 19]

Références

- [1] Le véhicule électrique : vers une gestion de l'énergie intelligente, Février 2011, Livre blanc de Parthiban Periyaswamy et Philippe Vollet http://www2.schneider-electric.com/documents/support/livres-blancs/livre-blanc_vehicule-electrique-gestion-energie-intelligente.pdf
- [2] Technologie clé - Gestion de l'énergie à bord des véhicules http://www.industrie.gouv.fr/techno_cles_2010/html/trans_67.html
- [3] La plate-forme Steeve, une nouvelle plate-forme pour le développement des batteries électriques http://www.cea.fr/energie/les_batteries_electriques_de_demain-34621
- [4] L'électrification des véhicules : Les travaux de l'IFP, Juin 2009
- [5] IFP Energies nouvelles, Électrification et hybridation

- <http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/axes-de-recherche/transports-innovants/electrification-et-hybridation>
- [6] Volvo : un véhicule hybride plug-in en 2012
<http://www.usinenouvelle.com/article/volvo-un-vehicule-hybride-plug-in-en-2012.N68082>
- [7] <http://www.vattenfall.com/en/presskit-joint-venture-with-volvo.htm>
- [8] Technologies et développements pour les véhicules électriques de demain
<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/61512.htm>
- [9] TIFFE Thermal systems integration for fuel economy
http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=10825377&pid=13&q=3C93D0AD44EF73FBBCD11A3D953B64B6&type=adv
- [10] <http://www.tiffe.eu/>
- [11] Projet NOWASTE
http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=12347812&pid=11&q=3C93D0AD44EF73FBBCD11A3D953B64B6&type=adv
- [12] OPENER
http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=12069106&pid=7&q=28C6D3B3B7A354D668CA5C761CE516E4&type=adv
- [13] CASTOR
http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=11454983&pid=3&q=28C6D3B3B7A354D668CA5C761CE516E4&type=adv
- [14] http://www.ict4fev.eu/public/documents/dg-info-cluster-event-2010/projects/04_CASTOR.pdf
- [15] SmartGrid Partie 4 – Intégrer les Véhicules électriques et les ENR dans l'intelligence du réseau électrique
- [16] Laboratoire Transports Environnement (LTE) ; Les actions de recherche en thématique véhicules électriques et hybrides
<http://www.inrets.fr/ur/lte/lesthemes/pagesdethemes/B2ARhybrid.html#gestionenergie>
- [17] <http://blogs.grandlyon.com/plan-climat/2011/10/04/move-in-pure-a-confluence/>
- [18] Move In Pure, le véhicule électrique branché aux énergies renouvelables
<http://www.cleantechrepublic.com/2011/03/04/move-in-pure-vehicule-electrique-energies-renouvelables/>
- [19] Gestion de l'énergie dans les véhicules hybrides, Rochdi TRIGUI, INRETS-LTE, Réseau National MEGEVH, Journées Club EEA. Lille 11-12 mars 2009
<http://jeea2009.polytech-lille.net/presentation/trigui.pdf>

Ensemble pour les entreprises de la mécanique



Karine MONES
Département Veille Technologique et Stratégique
Cetim - B.P. 80067
60304 Senlis Cedex
Tél. : 03 44 67 35 17
karine.mones@cetim.fr

Clémence BENOIT WANG
Chargée de mission filière automobile Ile-de-France
Tél. : 06 24 66 21 51
clemence.benoit@pole-moveo.org



Retrouvez nos notes de veille dans la Mécathèque du site Cetim :
<http://www.cetim.fr/cetim/fr/Mecattheque>



Consultez le guide des Technologies prioritaires 2015 sur le site Cetim :
<http://www.cetim.fr/cetim/fr/Mon-espace> - Cliquez sur : technos 2015