



Le Véhicule Hybride du LAMIH



Une réalisation collective...

Le projet véhicule hybride a été réalisé par une équipe transversale du LAMIH regroupant des automaticiens et des mécaniciens. Leurs domaines de recherche sont respectivement :

- la modélisation et la commande de systèmes (thème Système Flous);
- la modélisation et la conception de mécanismes.

Cette activité de recherche sur le véhicule hybride parallèle a débutée en 1996, en partenariat avec PSA Peugeot-Citroën et avec le soutien financier de l'ADEME et du FEDER.

Les sujets abordés sont :

- en automatique : l'élaboration de stratégies de commande du groupe moto-propulseur visant à en minimiser la consommation de carburant ;
- en mécanique : la conception d'organes mécaniques optimisés pour ce type de véhicule.



Le prototype réalisé



Les principales caractéristiques du démonstrateur conçu au LAMIH sont les suivantes :

- Architecture parallèle à addition de couples simple arbre, moteur électrique accouplé en permanence à l'arbre primaire de la boîte de vitesses par une cascade de pignons ;
- Boîte de vitesses mécanique pilotée à 2 rapports ;
- Moteur thermique dérivé d'un TU3JP (puissance maximale : 55 kW à 5800 tr/min, couple maximal : 115 Nm à 3400 tr/min) ;
- Moteur électrique à courant continu et à excitation séparée (puissance maximale : 43 kW, couple maximal : 130 Nm) ;
- Batterie de type plomb pur (tension nominale : 240 V, capacité : 26 Ah, poids : 200 kg).

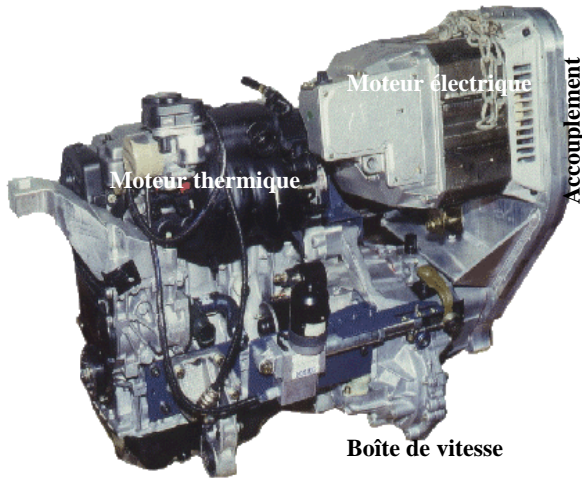


Photo du groupe motopropulseur

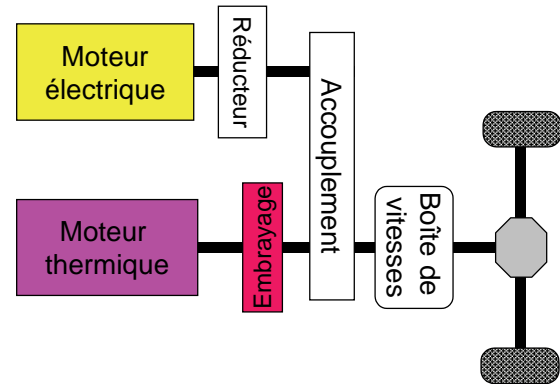


Schéma du groupe motopropulseur

Comment ça marche ?

Un véhicule hybride met en œuvre deux sources d'énergie pour assurer sa propulsion, généralement un ou plusieurs moteurs électriques sont associés à un moteur thermique. L'objectif est une diminution de la consommation de carburant et des émissions de polluants, une amélioration du confort de conduite, sans aucune contrainte d'autonomie.

On distingue trois principaux modes de fonctionnement possibles. D'une façon très générale, afin simplement de fixer les idées, on peut les résumer de la manière suivante :

le mode *thermique pur* correspond à une propulsion intégralement assurée par le moteur thermique, les performances en termes de consommation et de pollution sont alors similaires à celles d'un véhicule conventionnel ;

le mode *électrique pur* correspond à une propulsion intégralement assurée par le moteur électrique. Le véhicule est alors dit ZEV (Zero Emission Vehicle) et les performances en terme de dynamique et d'agrément de conduite sont similaires à celles d'un véhicule électrique. De manière évidente ce mode conduit à plus ou moins long terme à la décharge des batteries ;

le mode *hybride* correspond à une propulsion assurée par les deux moteurs simultanément. Plusieurs cas de figures sont envisageables. En traction, l'énergie nécessaire à la propulsion du véhicule peut être délivrée soit par les deux moteurs, soit



par le moteur thermique seul, le moteur électrique étant utilisé pour recharger les batteries en roulant. En freinage, le moteur électrique récupère une partie de l'énergie cinétique du véhicule ainsi qu'un supplément délivré par le moteur thermique.

Mode électrique pur	Freinage du véhicule : $C_r(t) < 0$	<p>$C_r(t) < 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) = 0$ $C_r(t) \leq 0$</p>	<u>Freinage récupératif en mode électrique pur :</u> L'énergie cinétique du véhicule est récupérée par le moteur électrique pour recharger les batteries.
	Traction du véhicule : $C_r(t) \geq 0$	<p>$C_r(t) \geq 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) = 0$ $C_r(t) \leq 0$</p>	<u>Traction en mode électrique pur :</u> Le moteur électrique fournit l'intégralité de l'énergie nécessaire à la propulsion du véhicule.
Mode thermique pur	Traction du véhicule : $C_r(t) \geq 0$	<p>$C_r(t) = 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) > 0$ $C_r(t) > 0$</p>	<u>Traction en mode thermique pur :</u> Le moteur thermique fournit l'intégralité de l'énergie nécessaire à la propulsion du véhicule.
	Freinage du véhicule : $C_r(t) < 0$	<p>$C_r(t) = 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) = 0$ $C_r(t) \leq 0$</p>	<u>Freinage en mode thermique pur :</u> Le moteur thermique n'étant pas réversible, l'intégralité de l'énergie cinétique du véhicule est dissipée sous forme de chaleur dans les freins.
Mode Hybride	Traction du véhicule : $C_r(t) \geq 0$	<p>$C_r(t) \geq 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) > 0$ $C_r(t) > 0$</p>	<u>Traction du véhicule en mode hybride :</u> Les deux moteurs participent à la propulsion du véhicule.
	Traction du véhicule : $C_r(t) \geq 0$	<p>$C_r(t) < 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) > 0$ $C_r(t) > 0$</p>	<u>Traction du véhicule en mode hybride :</u> Le moteur thermique fournit l'intégralité de l'énergie nécessaire à la propulsion du véhicule ainsi qu'un supplément qui est récupéré par le moteur électrique afin de recharger les batteries.
	Freinage du véhicule : $C_r(t) < 0$	<p>$C_r(t) < 0$ Moteur électrique Moteur thermique $C_{th}(t) > 0$ $C_r(t) \leq 0$</p>	<u>Freinage récupératif en mode hybride :</u> L'énergie cinétique du véhicule et l'énergie produite par le moteur thermique sont récupérées par le moteur électrique afin de recharger les batteries.

Problématique de la commande

A chaque instant, le conducteur demande, via la position de la pédale d'accélérateur, un certain couple aux roues pour faire avancer le véhicule. Dans le cas d'un véhicule conventionnel, cette demande est envoyée directement au moteur thermique. Dans le cas d'un véhicule hybride, elle est envoyée à un calculateur qui va calculer comment répartir cette demande entre les deux moteurs.

La répartition doit se faire en prenant en compte deux paramètres essentiels :

La consommation de carburant du moteur thermique : plus on demande au moteur thermique de fournir de l'énergie au véhicule, plus la consommation de carburant augmente. On a donc intérêt à limiter l'utilisation du moteur thermique.


La gestion de l'énergie stockée dans la batterie : Lorsqu'on utilise le moteur électrique pour faire avancer le véhicule, on décharge la batterie. Etant donné que la gestion de l'énergie électrique ne doit pas limiter l'autonomie du véhicule, il est nécessaire de ne pas trop décharger les batteries et par conséquent de plutôt utiliser le moteur thermique.

Il faut donc trouver un compromis entre la consommation de carburant et l'état de charge des batteries.

De nouveaux projets

CISIT

Dans le cadre du projet Campus International pour la Sécurité et l'Intermodalité dans les Transport du CPER 2007-2013, une étude concernant la gestion énergétique des véhicules de type « micro-Hybride » est en cours. L'objectif est d'évaluer les gains potentiels (en terme de consommation de carburant & réduction des émissions de polluant) d'une hybridation légère avec un alterno-démarrreur de faible puissance (donc à très bas coût).

Cette étude est réalisée avec le soutien de la région Nord Pas-de-Calais  et en

collaboration avec VALEO VEES 

Le projet est financé par :

BelHySyMa

Le projet « **BelHySyMa** » porte sur l'étude de systèmes d'hybridation avec alternodémarrreur de forte puissance, entraîné par courroie, pour l'optimisation des moteurs à fort «downsizing». Il s'agit d'une collaboration entre :

- VALEO VEES 
- FH Electronics 
- L'INRETS (LTE, Bron) 
- L'UVHC (LAMIH, Valenciennes)  

Le projet est financé par :

- Le Fond Unique Interministériel 
- La région Nord Pas-de-Calais 
- Le FEDER  **F.E.D.E.R.**



Le but du projet « **BelHySyMa** » est d'optimiser une solution d'hybridation de 3^{ème} génération abordable pour le plus grand nombre avec un impact significatif sur les émissions de CO₂ au niveau mondial. La mise en application d'une telle technologie requiert le développement de stratégies spécifiques, permettant leur couplage avec le groupe motopropulseur, et plus globalement le véhicule. L'optimisation de ces stratégies visant à offrir les meilleures prestations en termes de consommation de carburant et d'agrément de conduite est l'objectif de ce présent projet.

Cette solution, basée sur une machine électrique de forte puissance à entraînement par courroie, offrira les fonctions Stop & Start, freinage récupératif, aide au décollage et contribution à la traction. L'appoint de couple permettra de maintenir les performances des moteurs à fort « downsizing » à un niveau équivalent à celui des motorisations actuelles et rendra ainsi possible leur généralisation avec un surcoût acceptable.

Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ de ce système est de l'ordre de 25% à 30% dans le cas de l'application au moteur turbo-essence à fort « downsizing » (gains turbo-compression et hybridation conjugués).

Ce projet se situe dans le contexte général du développement de véhicules hybrides électriques. Il est communément admis que de telles solutions ont vocation à s'imposer durablement sur le marché, à condition qu'elles puissent être généralisées par une technologie faiblement intrusive et adaptable aux véhicules conventionnels (automobiles et utilitaires légers).

HYBRELEC

Objectifs

Les véhicules électriques et hybrides seront déployés lorsqu'ils seront proposés à un prix abordable. Aujourd'hui, le coût d'un véhicule électrique ou hybride rechargeable est principalement lié au système de traction, à la batterie et à l'infrastructure. L'objectif de VALEO et de ses partenaires, le CEVAA, GKN, l'IFP, l'INRETS, LEONI, LEROY SOMER, MICHELIN et l'UVHC LAMIH, est de proposer une filière française d'optimisation système pour l'électrification de la chaîne de traction (équipement véhicules électriques et hybrides), basée sur des briques mécatroniques génériques, en utilisant des moyens de simulation et d'expérimentation partagés pour le déploiement à grande échelle des véhicules décarbonés.

Enjeux

Les enjeux du projet pour les systèmes de gestion énergétique (électrique et thermique) sont :

La démonstration de la réalité industrielle et de la compétitivité de cet ensemble de technologies (chaîne de traction, architecture de gestion thermique, stockage d'énergie, câblage ...) qui passe par l'optimisation technicoéconomique d'un ensemble générique et la démonstration sur véhicule,

La mise en oeuvre d'un ensemble cohérent et optimisé de briques technologiques avec la prise en compte des contraintes d'intégration véhicule, l'amélioration du rendement global de la chaîne de traction et l'intégration de la fonction charge rapide,

La validation de l'ensemble des technologies, mis en oeuvre, en conditions et environnement réels par des essais sur banc de validation et de caractérisation et sur les véhicules démonstrateurs, et

L'optimisation de la gestion énergétique (électrique et thermique) en vue d'améliorer l'autonomie en tout électrique et de réduire de façon significative les émissions de CO2 par le développement et l'utilisation d'une plateforme de simulation véhicule, le développement de stratégies de supervision et la mise au point des démonstrateurs.

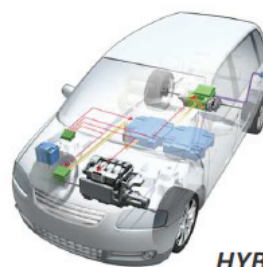
Démonstrateurs

Les véhicules démonstrateurs, l'un tout électrique et l'autre hybride rechargeable, constituent l'enveloppe des architectures (combinaison de technologies) probables sur les véhicules électriques et hybrides rechargeables du futur. Les contraintes d'intégration étant liées à la plateforme véhicule visée et à son usage, ils permettront de dégager des standards communs aux véhicules électriques et hybrides.

HYBRELEC 1
Tout électrique
Usage urbain et périurbain



HYBRELEC 2
Hybride rechargeable
Usage mixte



Perspectives

Le projet HYBRELEC vise à apporter aux constructeurs et équipementiers nationaux un leadership technologique dans le développement et l'industrialisation des véhicules électriques et hybrides afin de commercialiser sur les marchés automobiles du monde entier à partir de 2012/2013, un ensemble de technologies robustes apportant une réduction significative des émissions de CO2 et proposées à un prix abordable pour le plus grand nombre.



Contacts

Pour de plus amples informations, n'hésitez pas nous contacter :

Sébastien DELPRAT – Thierry Marie GUERRA
Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'informatique Industrielles et Humaines
(LAMIH – UMR CNRS 8530)

S. Delprat, T.M. Guerra
03 27 51 14 88 / 13 37

{ guerra,sebastien.delprat,jean-jacques.santin }@univ-valenciennes.fr

Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et
Humaines
Campus du Mont Houy
59313 Valenciennes cedex 9 – France