

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI  
Publicat de  
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași  
Tomul LIX (LXIII), Fasc. 2, 2013  
Secția  
ELECTROTEHNICĂ. ENERGETICĂ. ELECTRONICĂ

## GESTION DE L'ÉNERGIE DANS UN VÉHICULE HYBRIDE PARALLÈLE

BY

NAZIH MOUBAYED<sup>1,\*</sup> et FADI CHEHADI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Libanaise, Faculté de Génie 1, Tripoli, Liban

<sup>2</sup>Université Libanaise, École Doctorale des Sciences et de Technologie, Hadath, Liban

Reçue: 14 Mai 2013

Acceptée pour publication: 18 June 2013

**Résumé.** Face aux effets néfastes des polluants automobiles sur la santé et l'environnement, les réglementations de plus en plus sévères sont à la base d'un effort de recherches importantes afin de réduire ces émissions. Vue la nécessité de développer des formes alternatives de transport, plusieurs axes de recherche se concentrent sur la conception et l'évolution des véhicules hybrides. Cet article permet de répondre aux incertitudes qui subsistent dans ce domaine. Le principal objectif, lors de la conception d'un véhicule hybride, est d'obtenir une voiture avec un poids, un volume et un coût minimal tout en tenant compte des besoins en énergie avec une puissance minimale.

Dans cet article, la modélisation des véhicules conventionnels et hybrides est traitée. Pour les véhicules hybrides, des techniques avancées de commande sont ensuite utilisées pour proposer de nouvelles stratégies de gestion de l'énergie, à savoir, la programmation logique et les réseaux de neurones. Les courbes de simulation du véhicule hybride, qui résultent de ces deux méthodes de commande et concernant la consommation et les émissions des gaz polluants, ont été comparées entre elles et avec celles du véhicule conventionnel.

**Mots-clés:** Véhicule conventionnel; véhicule hybride parallèle; modélisation; moteur diesel; machine à courant continu; programmation logique; réseaux de neurones; simulation.

---

\* Auteur à correspondre: *e-mail*: nmoubayed@yahoo.com

## 1. Introduction

La prise de conscience collective des dérèglements climatiques a conduit les pouvoirs publics à mener une politique de réduction des émissions des gaz polluants, en particulier les gaz à effet de serre (Moubayed et Bernard, 2012). Principal responsable de ces modifications, le secteur des transports, a été la cible de différentes démarches incitatives et légales visant la réduction des émissions de dioxyde de carbone des automobiles (Moubayed, 2011; Dernayka *et al.*, 2009). C'est dans ce contexte que les constructeurs des véhicules de l'Association des Constructeurs Européens d'Automobile (ACEA) se sont engagés à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de leur gamme de véhicules, de 25% en moyenne, entre 1995 et 2008. Ceci avait été traduit par une consommation de l'ordre de 6 l pour 100 km de déplacement pour les véhicules à essence (5,3 l pour les véhicules diesel), pour un cycle européen normalisé. Parallèlement à cet engagement, les émissions de polluants locaux, pouvant avoir une influence sur la santé des populations, tendent à être réduites par la mise en place de normes de plus en plus strictes (Euro 4 puis Euro 5) (Blin, 1991).

Les progrès technologiques représentent un moyen privilégié pour faire face à cet ensemble de contraintes environnementales. Plusieurs solutions techniques existent, les plus prometteuses demandent l'amélioration du moteur thermique ou de la transmission. Au cours des dernières décennies, le moteur thermique a connu différentes améliorations, la plupart visant la réduction de la consommation du véhicule en usage. Techniquement, ces améliorations se traduisent par une augmentation du rendement dans la plage d'utilisation principale du moteur, c'est-à-dire à charge partielle (CITEPA, 2009). Le procédé d'amélioration de la transmission le plus efficace est son contexte de l'hybridation. Dans son application la plus courante, elle consiste à embarquer, en plus du moteur thermique, une machine électrique alimentée par une batterie (Al-Sheikh & Moubayed, 2012; Lhomme, 2007; Kouta *et al.*, 2008; El-Jamal & N. Moubayed, 2010). Un nouveau convertisseur réversible peut être utilisé pour la traction, ce qui permet de concentrer l'utilisation du moteur thermique dans sa plage de meilleur rendement, c'est-à-dire à forte charge.

L'objectif de cet article est d'évaluer les synergies possibles entre ces deux démarches. En particulier, il s'agit de savoir si les améliorations actuelles et futures des véhicules hybrides et conventionnels offrent le même gain, en terme de réduction de consommation et de minimisation des émissions des gaz à effet de serre.

En fait, cet article est divisé en cinq sections. Dans la deuxième section, nous détaillons le contexte qui a conduit au développement de ce sujet. La troisième section présente les modalités de réalisation du simulateur du véhicule conventionnel. La quatrième section discute les résultats de consommation et d'émission pour un véhicule électrique hybride obtenus à partir des simulateurs. Deux méthodes de commande sont alors utilisées et développées. La cinquième section est dédiée aux conclusions.

## 2. Revue sur les véhicules hybrides

Les Gaz à Effet de Serre (GES) ont vu leur concentration en augmentation considérablement au cours des deux derniers siècles du fait du développement des activités humaines. En fait, il existe deux voies principales de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> qui constitue le principal GES émis par le secteur d'activité du transport :

a) la première voie porte sur l'utilisation de carburants présentant un faible niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> en termes de bilan;

b) la seconde voie consiste à réduire la consommation à l'usage, par différents biais. La résistance à l'avancement du véhicule a été réduite. Il s'agit maintenant de réduire le poids du véhicule, et d'améliorer le rendement du moteur thermique et de la chaîne de traction.

L'étude présentée dans cet article est orientée vers l'amélioration de la chaîne de traction dans un véhicule.

Les véhicules hybrides intègrent des moteurs thermiques puissants avec l'assistance d'autres sources de traction de natures électriques. On distingue:

a) *Hybride Série*: C'est le moteur électrique qui assure seul la traction du véhicule (Paganelli, 1999). Le principal avantage de ce type d'architecture réside dans l'absence du lien mécanique entre le moteur thermique et les roues.

b) *Hybride Parallèle*: Il existe plusieurs structures parallèle: soit le moteur électrique est sur le train arrière et le moteur thermique sur le train avant, soit les deux moteurs sont placés sur le même arbre (Larminie & Lowry, 2003). Dans ces deux cas, ces deux moteurs permettent la génération du couple simultanément.

c) *Hybride Série-Parallèle*: Ce type de configuration combine les propriétés des deux structures précédentes, mais comprenant une liaison mécanique additionnelle (du moteur thermique vers les roues) par rapport à l'architecture série et un générateur additionnel par rapport à l'architecture parallèle (Winterbonne & Horlock, 1984).

Un véhicule hybride comporte:

a) *Le moteur thermique* (MT). Il est, en général, du type à combustion interne: moteur à essence ou moteur diesel.

b) *Le moteur électrique* (ME). Ce moteur peut fonctionner aussi en générateur. Les principaux moteurs utilisés sont: le moteur à courant continu, le moteur asynchrone, le moteur synchrone à aimant permanent et le moteur à reluctance variable.

c) *La batterie*. Plusieurs types de batteries sont envisagés: les batteries au plomb (Mosdale, 2008; Moubayed *et al.*, 2009; Chan, 1993; El-Ali *et al.*, 2009a; El-Ali *et al.*, 2009b), les batteries Ni-Cd (Nickel cadmium) (Mosdale, 2008), les batteries Ni-MH (Nickel Hydrure Métallique) (Ni-MH Batteries, 2000; Dirani *et al.*, 2013) et les batteries Lithium-ion (Lithium-ion Overview, 2000).

Les modes de fonctionnement des véhicules hybrides sont (Dernayka *et al.*, 2008; Reik, 1999; Badin *et al.*, 2004):

- a) Mode 1: Moteur seulement électrique, en marche.
- b) Mode 2: Modèle hybride/assistance électrique.
- c) Mode 3: CVT «Continues Velocity Transmission» ou boîte de vitesse.
- d) Mode 4: Freinage.
- e) Mode 5: Moteur thermique en marche.
- f) Mode 6: Régénération.
- g) Mode 7: Chargement de la batterie lorsque le véhicule est en mode d'arrêt.

### 3. Commande d'un véhicule conventionnel

#### 3.1. Modélisation d'un véhicule conventionnel

L'implantation du moteur diesel dans les véhicules conventionnels apporte un intérêt supplémentaire du fait que ses émissions polluantes sont plus faibles que celles du moteur à essence (Peysson *et al.*, 2006). La modélisation du moteur diesel ainsi que celle du véhicule conventionnel ont été implantées dans le logiciel MATLAB / SIMULINK (Fig. 1).

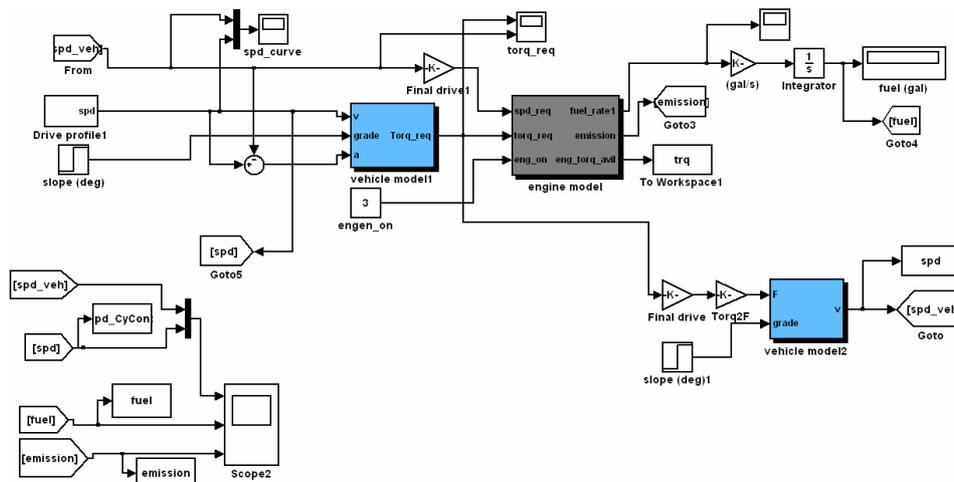


Fig. 1 – Bloc de simulation du véhicule conventionnel dans Matlab/Simulink.

Le bloc «véhicule model 1» modélise le couple mécanique sur l'arbre vilebrequin pour générer le couple demandé «torq-req» à partir de la vitesse et des conditions routières. Ce bloc est caractérisé par les entrées suivantes :

- a) la vitesse du véhicule:  $spd$ ;
- b) la pente:  $grade$ ;
- c) la différence des vitesses: ( $a = spd - spd\_veh = consigne - vitesse$  du véhicule).

Le bloc «véhicule model 2» génère la vitesse instantanée du véhicule par intégration de la force d'inertie par unité de masse. De même, en tenant compte des forces résistives dues au frottement et à la résistance de l'air, ce bloc a comme entrées:

- a) la pente : grade,
- b) les forces.

Le bloc «engine model» permet de calculer la consommation du fuel et l'émission des GES à partir des abaques de fuel et d'émission d'un moteur Toyota PRIUS de 47 kW.

Les entrées de ce bloc sont:

- 1° la vitesse demandée du véhicule: spd-req;
- 2° le couple demandé: torq-req;
- 3° l'état du moteur thermique: eng-on.

Les sorties sont:

- 1° l'état du carburant: fuel-rate1;
- 2° l'émission de GES;
- 3° le couple du moteur thermique: T\_e.

### 3.2. Résultats de la simulation

Le cycle de conduit Japonais est celui qui a été pris comme référence dans les simulations du fonctionnement du véhicule conventionnel. La Fig. 2 montre que la vitesse modélisée suit la consigne du cycle de conduit durant la durée de fonctionnement. Les caractéristiques de ce cycle sont : durée 660 s, distance de parcours 4,16 km, vitesse moyenne 22,68 km/h, vitesse maximale 69,97 km/h, accélération maximale 0,79 m/s<sup>2</sup>, décélération maximale 0,83 m/s<sup>2</sup> et six arrêts.

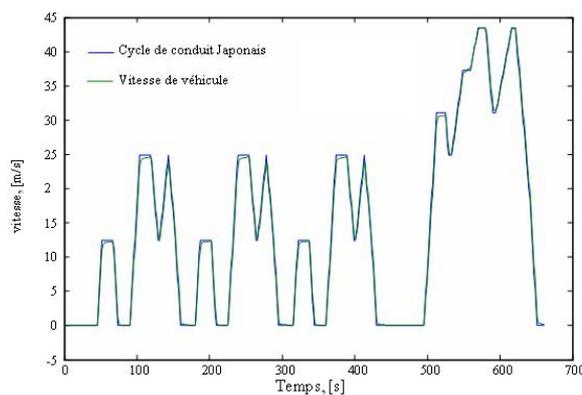


Fig. 2 – Évolutions instantanées de la vitesse.

Le cycle japonais est simulé dans le but d'étudier la consommation du fuel. La Fig. 2 montre une bonne concordance entre la consigne d'entrée et la vitesse du véhicule. Un léger retard a été noté au début des paliers. La Fig. 3 décrit l'évolution de la consommation du fuel. Les trois premiers sous-cycles

ont reproduit trois gradients de consommation équivalente avec un décalage du aux cumuls des consommations précédentes. Au-delà de 500 s un gradient important de consommation a été indiqué. La consommation finale est de l'ordre de 0,19 gallons.

Enfin, les émissions des gaz à effet de serre sont représentées dans la Fig. 4. Les trois courbes d'émission des GES se ressemblent avec un décalage entre elles. Le débit maximal pour le CO<sub>2</sub>, HC et NO<sub>x</sub> sont, respectivement, 0,18 g/s ; 0,9 g/s et 0,04 g/s.

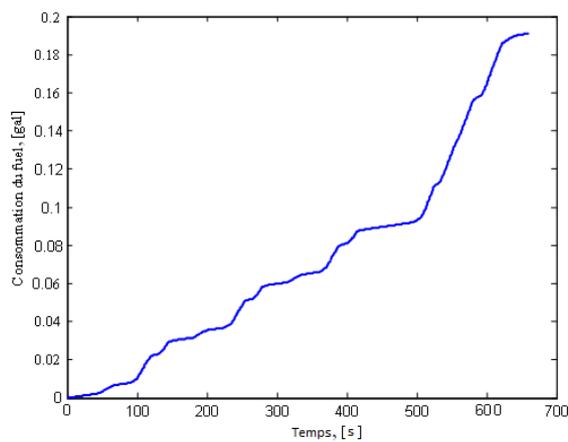


Fig. 3 – Consommations en fuel.

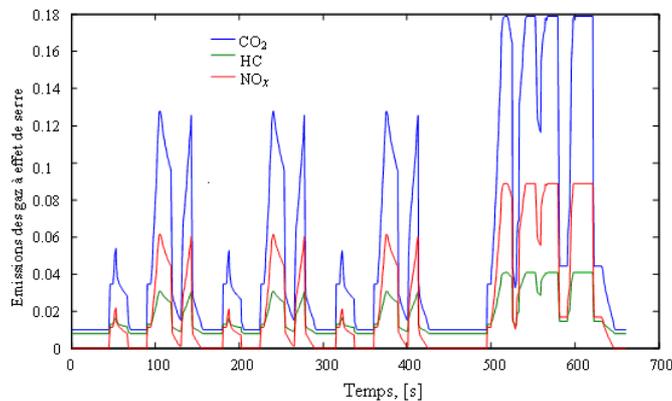


Fig. 4 – Emission des GES.

#### 4. Commande d'un véhicule hybride parallèle

##### 4.1. Modélisation d'un véhicule hybride

Pour compléter la modélisation d'un véhicule hybride parallèle, il était nécessaire d'ajouter au schéma bloc du véhicule conventionnel de la Fig. 1 le modèle des composants qui concernent la partie électrique: moteur électrique

(type courant continu), batterie (type Ni-MH) et convertisseurs statiques. La Fig. 5 représente l'implantation complète du véhicule hybride étudié dans MATLAB / SIMULINK.

Le bloc «Electrical system» modélise les deux systèmes : batterie et machine électrique. Les entrées de ce bloc sont:

- le couple commandé:  $t_m\text{-cmd}$ ;
- le mode de fonctionnement;
- la vitesse du moteur électrique:  $w$ .

Les sorties sont :

- l'état de charge: SOC;
- le couple de sortie:  $T_m\text{-out}$ .

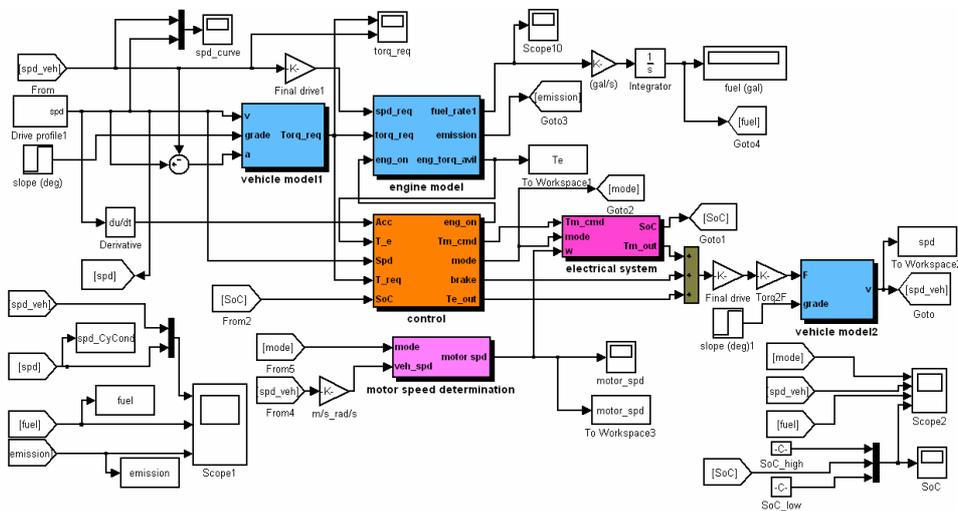


Fig. 5 – Bloc de simulation du véhicule hybride parallèle dans Simulink.

Le bloc «Motor speed determination» détermine la vitesse du moteur électrique, « $W$ »; il a comme entrées le mode de fonctionnement et la vitesse du véhicule.

Le bloc de contrôle est celui qui est responsable de la coordination entre les deux sources de propulsion du véhicule: le moteur thermique et le moteur électrique. Ce bloc possède cinq entrées et cinq sorties. Les entrées sont:

- Acc: accélération du véhicule;
- $T_e$ : couple moteur diesel;
- Spd: vitesse du véhicule;
- $T_{req}$ : couple demandé;
- SOC: état de charge de la batterie.

Les sorties de ce bloc sont:

- eng\_on: mode de fonctionnement du moteur diesel en marche;
- $T_m\text{-cmd}$ : couple commandé;
- mode: le mode choisi;

- d) brake: freinage;
- e)  $T_{e\_out}$ : couple de sortie (du véhicule).

#### 4.2. Contrôle d'un véhicule hybride par programmation logique

Le bloc de contrôle est formé de deux sous-blocs (Fig. 6). Le premier détermine le mode actuel convenable aux signaux d'entrées et le deuxième partage les couples selon le mode choisi. Le fonctionnement de ce bloc peut être décrit de la façon suivante :

1° Lorsque le véhicule est immobile, les deux moteurs électrique et thermique sont à l'arrêt.

2° Au démarrage, la mise en mouvement du véhicule est assurée par le moteur électrique et cela jusqu'à des vitesses élevées.

3° À des vitesses élevées, le moteur thermique remplace le moteur électrique.

4° En phase de grande accélération, les deux moteurs sont mis en marche simultanément, ce qui permet d'avoir des accélérations équivalentes ou même supérieures.

5° Lors du freinage et de décélération, l'énergie cinétique est récupérée pour charger les batteries.

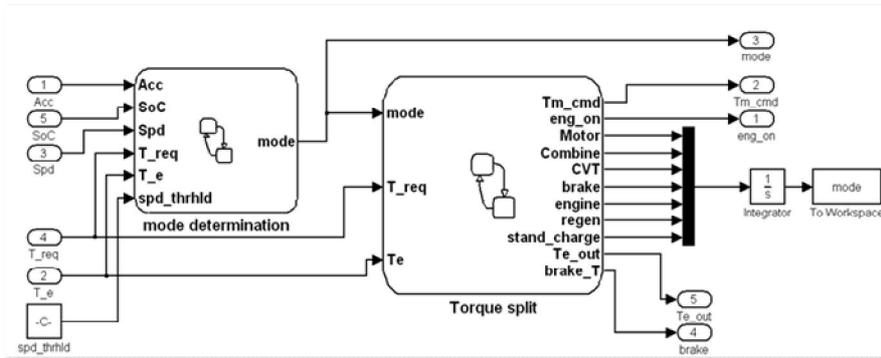


Fig. 6 – Mode de fonctionnement et gestion des couples dans Simulink.

#### 4.3. Contrôle d'un véhicule hybride par réseaux de neurones

Dans la suite, les outils des réseaux de neurones sont utilisés dans la classification des modes de fonctionnement et le réseau multicouche dans la gestion des couples. La modélisation des blocs réseaux de neurones est réalisée par la bibliothèque complémentaire des réseaux de neurones du SIMULINK.

Les deux sous-blocs de classification des modes de fonctionnement et celui de la gestion des couples, représentés dans la Fig. 7, constituent le bloc de contrôle à base des réseaux de neurones du véhicule hybride.

Le mode de fonctionnement d'un véhicule hybride parallèle dépend normalement de la vitesse ( $Spd$ ), du couple demandé ( $T_{req}$ ), du pourcentage de l'énergie de la batterie et de l'écart entre la vitesse demandée et la vitesse du

moteur électrique. Pour mieux gérer le système de distribution des couples, la génération des modes de fonctionnement a été réalisée selon les mêmes critères imposés dans le contrôle par programmation logique.

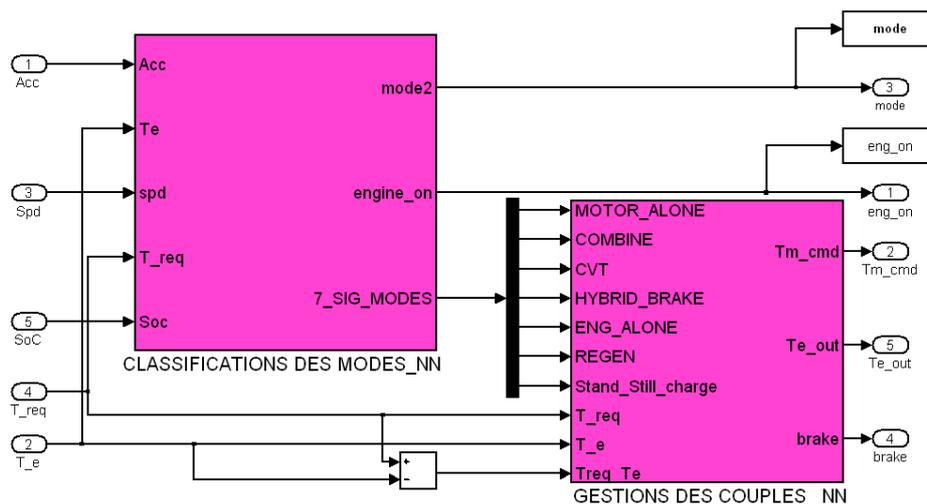


Fig. 7 – Bloc de contrôle à base de réseaux de neurones dans Simulink.

#### 4.4. Résultats et interprétations

Un cycle de conduit Japonais a aussi servi pour effectuer les simulations nécessaires. Les figures suivantes respectent un formalisme où il est représenté en fonction du temps:

- le profil de la vitesse du véhicule;
- la consommation cumulée du fuel;
- l'émission des GES tels que: le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), les hydrocarbures (HC) et l'oxyde d'azote ( $\text{NO}_x$ );
- le couple demandé par le conducteur;
- l'état de charge de la batterie;
- la vitesse linéaire du moteur électrique.

La Fig. 8 décrit, sur toute la plage de fonctionnement, les vitesses du véhicule selon le cycle du conduit Japonais. Ces vitesses sont, respectivement, celles d'un véhicule conventionnel, d'un véhicule hybride parallèle contrôlé par programmation logique et par réseaux de neurones. Cette figure montre que ces vitesses suivent le cycle du conduit proposé. Cependant, un léger retard de vitesse est signalé pour les deux types de commande, par programmation logique et par réseaux de neurones.

La Fig. 9 représente les courbes obtenues de la consommation de fuel. Ces courbes sont quasiment parallèles. Ils traduisent un écart de consommation de fuel variant d'un système de contrôle à un autre. Par comparaison de ces résultats, la commande du véhicule par programmation logique réduit la

consommation du fuel. Cette réduction s'élève à 4,55% par rapport au véhicule conventionnel.

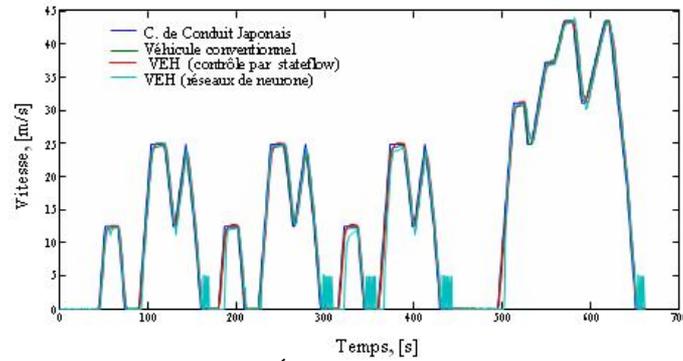


Fig. 8 – Évolution de la vitesse.

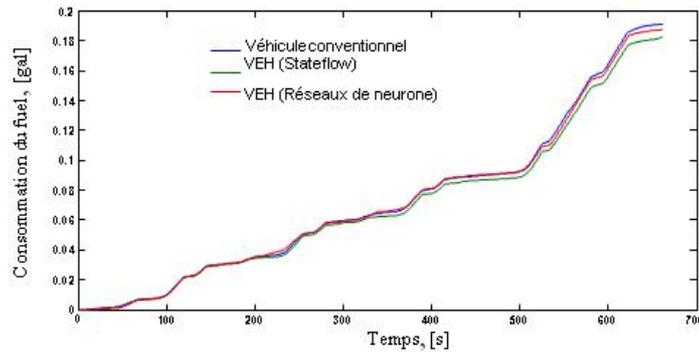


Fig. 9 – Consommation en Fuel.

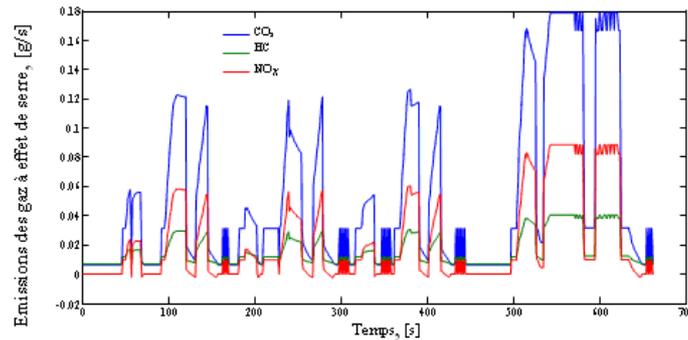


Fig. 10 – Émission des GES.

Pour le même cycle de conduit, les émissions des GES du véhicule hybride contrôlé par réseaux de neurones (Fig. 10) restent presque identiques à celles émises par le véhicule contrôlé selon la méthode de programmation logique et plus atténuées que celles émises par le véhicule conventionnel.

Le couple demandé par le conducteur est illustré par la Fig. 11 pour les deux systèmes de contrôle. Lors de la commande par réseaux de neurones, apparaissent des pics de couple. La présence de ces pics s'explique par le traitement des valeurs moins estimées par le réseau de neurones. Ces valeurs ont de mauvaises influences sur la consommation en fuel et en électricité.

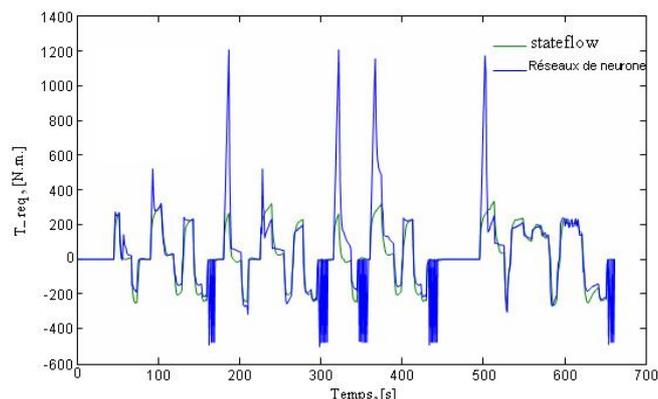


Fig. 11 – Couple demandé.

L'évolution temporelle de l'état de charge de la batterie, SOC, est représentée dans la Fig. 12. Il s'agit ici de déterminer l'influence du système de contrôle sur l'évolution du SOC. Du résultat obtenu, l'état de charge des deux systèmes de contrôle a une tendance similaire. Ces états sont directement liés au couple demandé nécessaire au déplacement du véhicule. Cependant, quelques gradients de charge et de décharge plus importants apparaissent pour le véhicule contrôlé par réseaux de neurones. Ces gradients sont dus à la consommation de puissance surestimée demandée par le conducteur. Enfin, les deux méthodes de contrôle demandent le même état de charge au début et à la fin du cycle.

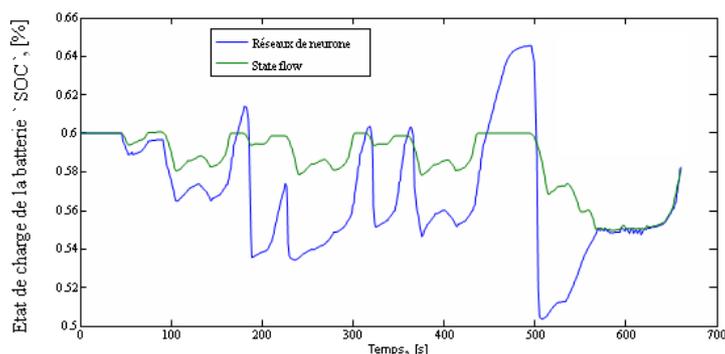


Fig. 12 – État de charge de la batterie.

Selon les deux modes de contrôle, l'évolution de la vitesse du moteur électrique (ME) du véhicule hybride est illustrée par la Fig. 13. Une bonne

concordance a été remarquée sauf aux points moins estimés par le réseau de neurones.

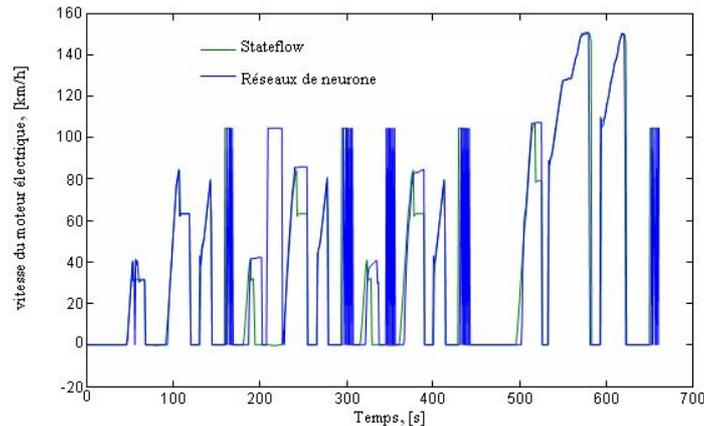


Fig. 13 – Vitesse linéaire du ME.

## 5. Conclusions

Face à la nécessité de réduire les émissions des gaz polluantes produites par les véhicules à combustion interne, le véhicule hybride est actuellement une solution crédible. Dans cet article nous avons décrit les différents composants des véhicules hybrides. Par la suite, les blocs de simulation d'un véhicule classique ont été intégrés dans un modèle de véhicule hybride parallèle complet défini par les caractéristiques de son châssis et de ses composants électriques. Un contrôle par programmation logique a été appliqué. Ceci a permis de déterminer le gain en consommation et le gradient d'émission des GES pour un cycle de conduit Japonais. Finalement, le bloc de contrôle prédéfini a été remplacé par un autre, basé sur une architecture de réseaux de neurones.

Les résultats de simulation montrent que l'activation du freinage régénératif permet la récupération de l'énergie thermique et sa transformation en énergie électrique. Autrement dit, la recharge de la batterie est essentiellement assurée par le freinage régénératif. Le mode tout électrique est souvent employé dans les phases de reprise ou de décollage du véhicule. Les vitesses du véhicule suivent convenablement le signal du cycle de conduit Japonais. Cependant, un léger retard a été signalé pour les deux systèmes de commande (programmation logique et réseaux de neurones). De plus, les gains en consommation les plus élevés sont obtenus pour la commande par programmation logique. La réduction des niveaux de consommation spécifique remarquée était de l'ordre de 4,55% par rapport au cas d'un véhicule conventionnel, alors que la réduction entre les deux types de commande traités par programmation logique et par réseaux de neurones était de 2,72%.

## REFERENCES

- Al-Sheikh H., Moubayed N., *Health Status and Diagnosis of Batteries in Renewable Energy Systems: An Overview*. EPE 2012, Internat. Conf. a. Expos. on Electr. a. Power Engng., Iași, October 25-27, 2012, 922-927.
- Badin F., Desbois-Renaudin M., Trigui R., Jeanneret B., Malaquin B., Scordia J., *Véhicules hybrides, quels choix pour quels gains en émissions de gaz à effet de serre*. Alternatives Énergétiques dans l'Automobile, avril 2004.
- Blin M., *Le moteur Diesel et la pollution*. Séminaire "Camion 91", Belgique, Octobre 1991.
- Chan C.C., *An Overview of Electric Vehicle Technology*. Proc. of the IEEE, **81**, 9, 1202-1213 (1993).
- Dernayka H., Ecaterina B.A., Moubayed N., Outbib R., *Commentaires sur les composants d'un véhicule hybride*. Bul. Inst. Politehnic, Iași, **LV (LIX)**, 3, s. Électrot., Énerg., Électron., 67-79 (2009).
- Dernayka H., Moubayed N., Outbib R., *Revue sur l'histoire des véhicules*. IEEI'08, 2<sup>nd</sup> Internat. Symp. on the History of the Electr. Engng. a. of Tertiary-Level Engng. Educ., **4**, Iași, Oct. 3-5, 2008, 5-12.
- Dirani H.C., Semaan E., Moubayed N., *Impact of the Current and the Temperature Variation on the Ni-Cd Battery Functioning*. The Internat. Conf. on Technol. Adv. in Electr., Electron. a. Comp. Engng., Konya, Turkey, May 9-11, 2013, 339-343.
- El-Ali A., Kouta J., Al-Samrout D., Moubayed N., Outbib R., *A Note on Wind Turbine Generator Connected to a Lead Acid Battery*. SIELMEN 2009, 7<sup>th</sup> Internat. Conf. on Electromecan. A. Power Syst., **I**, Iași, Oct. 8-9, 2009a, 341-344.
- El-Ali A., Kouta J., Al-Samrout D., Moubayed N., Outbib R., *A Study Case of Photovoltaic Generator Connected to a Lead Acid Battery*. SIELMEN 2009, 7<sup>th</sup> Internat. Conf. on Electromecan. A. Power Syst., **II**, Iași, Oct. 8-9, 2009b, 353-356.
- El-Jamal J., Moubayed N., *Electrical Energy Storage Systems – Modeling and Simulation of a Lead Acid Battery*. EPE 2010, 6<sup>th</sup> Internat. Conf. on Electr. a. Power Engng., **I**, Iași, Oct. 25-27, 2010, 77-81.
- Kouta J., Dernayka H., El-Ali A., Moubayed N., Outbib R., *Modélisation et simulation du fonctionnement des accumulateurs électriques*. CIFMA03, 3<sup>ème</sup> Congrès Internat. Francophone de Mécanique Avancée, 21-23 April 2008, Alep, Syrie, 1-6.
- Larminie J., Lowry J., *Electric Vehicle Technology Explained*. John Wiley & Sons Ltd., NY, 2003.
- Lhomme W., *Gestion d'énergie de véhicules électriques hybrides basée sur la représentation énergétique macroscopique*. Thèse de doctorat, Université des Sci. et Technol. de Lille, 2007.
- Mosdale R., *Transport Électrique Routier. Batteries pour véhicules électriques*, Technique de l'ingénieur, 10 Février 2008.
- Moubayed N., Bernard M., *Environnement au Liban: le rôle des medias et des universités*. X<sup>èmes</sup> J. Internat. de Technol. JIT 2012, 12 - 14 avril 2012, Ouagadougou - Burkina Faso, 1-5.
- Moubayed N., El-Ali A., Outbib R., *Control of an Hybrid Solar-Wind System with Acid Battery for Storage*. WSEAS Trans. on Power Syst., **4**, 9, 307-318 (2009).

- Moubayed N., *Gestion de l'énergie dans les systèmes électriques: Hybridation des sources et segmentation de puissance*. Mémoire de l'Habilitation à Diriger les Recherches de l'Université Libanaise. Spécialité : Génie Electrique. Beyrouth, Liban, Septembre 2011.
- Paganelli G., *Conception et commande d'une chaîne de traction optimisée pour véhicule hybride parallèle thermique et électrique*. Thèse de Doctorat, Univ. de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Lab. d'Autom., de Mécan. et d'Inform. Ind. et Hum., 1999.
- Peysson F., Noura H., Younes R., *Diagnostic de défauts sur un moteur Diesel*. Conf. Internat. Francophone d'Automatique, CIFA 2006, 31 mai...1<sup>er</sup> juin 2006, Bordeaux, France.
- Reik W., *Electrical Motor in the Drive Train*. Techn. Rep., Luk Gmbh & Co, Bühl, 1999.
- Winterbonne D.E., Horlock J., *The Thermodynamics and Gas Dynamics Internal Combustion Engines*. Oxford Sci. Publ., London, 1984.
- \* \* *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et de la directive européenne relative aux plafonds d'émissions nationaux (NEC)*. Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, Mars 2009.
- \* \* *Lithium-Ion Overview*. Panasonic, Technical Handbook, 2000.
- \* \* *Ni-MH Batteries*. Panasonic, Technical Handbook, 2000.

## GESTIUNEA ENERGIEI ÎNTR-UN VEHICUL HIBRID PARALEL

(Rezumat)

Se studiază modelarea vehiculelor convenționale și hibride. Pentru vehiculele hibride sunt utilizate tehnici avansate de comandă, propunând noi strategii de gestiune a energiei bazate pe utilizarea programării logice și a rețelelor neuronale. Curbele de simulare a funcționării vehiculului hibrid care se obțin cu ajutorul acestor două metode de comandă, referitoare la consumul de combustibil și emisia de gaz poluant, au fost comparate între ele și cu cele ale vehiculelor convenționale.