Modulowatt : description d'un système innovant de recharge de véhicule électrique

Samer Ammoun, Clément Boussard, Laurent Bouraoui

▶ **To cite this version:**

Samer Ammoun, Clément Boussard, Laurent Bouraoui. Modulowatt : description d'un système innovant de recharge de véhicule électrique. 6th National Conference on Control Architectures of Robots, INRIA Grenoble Rhône-Alpes, May 2011, Grenoble, France. 5 p. inria-00603337

HAL Id: inria-00603337

https://inria.hal.science/inria-00603337

Submitted on 24 Jun 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modulowatt : description d'un système innovant de recharge de véhicule électrique

Samer Ammoun, Clément Boussard, Laurent Bouraoui

***Abstract*— Ce papier présente l'architecture d'un système innovant de recharge de véhicules électriques. Ce système tente de répondre d'une façon systémique aux éléments freins à l'introduction du véhicule électrique dans l'espace urbain. Basé sur le concept de connexion automatique mains libres, le système Modulowatt (infrastructure de recharge + système embarqué dans les véhicules) propose un domaine d'applications à plusieurs innovations étudiées dans le cadre des systèmes de transports intelligents comme la conduite autonome, la communication V2I et V2V, la perception, etc. Ce papier présente une partie de ces innovations réalisée dans le cadre d'un démonstrateur présentée au salon de l'automobile 2010 de Paris.**

I. INTRODUCTION

Le véhicule électrique (VE) suscite actuellement un intérêt grandissant puisqu'il est présenté par les autorités publics et les constructeurs automobiles comme le moyen de déplacement de demain. L'histoire du véhicule électrique a connu plusieurs tentatives d'introduction sur le marché qui ont toutes été condamnées à l'échec pour diverses raisons. Les obstacles majeurs qui freinent l'adoption du VE par les conducteurs se résument en trois points:

- L'autonomie limitée
- Le temps de la recharge des batteries
- Le coût élevé dû au prix des batteries intégrées

En ce qui concerne l'adéquation du VE avec l'utilisation courante des conducteurs, un sondage réalisé en 2010 durant le salon de l'automobile de Paris [1] montre que 89% des personnes parcourent des trajets de moins de 100 Km par jours, que 67% sont prêts à faire un effort financier pour acquérir une voiture électrique et que le frein essentiel à l'utilisation du véhicule en ville est la difficulté de trouver une place de stationnement (41% des personnes sondées).

A partir de ce sondage et de plusieurs autres études, il s'est avéré que la réussite de l'introduction du véhicule électrique est conditionnée par plusieurs facteurs d'ordre pratiques et commerciales:

- L'existence d'une infrastructure de recharge suffisamment accessible par les conducteurs.
- L'aisance et la facilité de la manœuvre de branchement aux bornes de recharge qui deviendra un geste quotidien (jusqu'à plusieurs fois par jour) pour les conducteurs. Plus banalisé ce geste sera, plus rapide le VE sera adopté
- L'adoption de politiques urbaines qui favorisent l'existence des VE en ville comme la réservation des places de stationnement à ceux-ci, ce qui encouragera les citadins à investir dans ce nouveau type de mobilité
- L'émergence de nouvelles offres de mobilité comme l'auto-partage ou les véhicules en libre service. En effet, de nouveaux "opérateurs d'électromobilité" commencent à proposer des services de ce genre en zone urbaine comme l'Autolib à Paris [2] et le Car2go[3] en Allemagne et en Amérique du nord.

Modulowatt est un nouveau concept qui tente de proposer une approche systémique au problème de l'introduction des VE dans les villes. En effet, Cette nouvelle approche permet de répondre à plusieurs niveaux aux défis liées à l'introduction de l'électromobilité dans les villes:

- Simplifier et sécuriser les manœuvres liées à l'usage du VE : rechargement, facturation, paiement.
- Réserver progressivement le stationnement de surface en ville à des VE de taille réduite en utilisant le levier financier provenant des stationnements existants pour financer l'installation de nouvelles bornes de recharge sur la voie publique.
- Assurer le repositionnement des véhicules en libre service, après leur utilisation entre stations saturées et stations vides, à partir d'une solution de convoyage souple et peu onéreuse.

Pour répondre à ces approches, Modulowatt propose donc un système complet réparti entre le véhicule et l'infrastructure de recharge. Ce système est basé sur l'automatisation de la connexion, de la recharge et du paiement avec un modèle économique progressif de déploiement qui tient compte de la progressivité de l'arrivée des véhicules électriques dans l'espace urbain.

Dans la suite du papier, le premier paragraphe présente l'architecture générale du système Modulowatt. Les paragraphes suivants rentrent plus en détails en étudiant chaque partie de cette architecture.

II. ARCHITECTURE DU SYSTÈME MODULOWATT

Comme son nom l'indique, le domaine des systèmes de transport intelligents ITS vise à définir une nouvelle relation entre les trois piliers de la conduite : le véhicule – le conducteur – et l'environnement routier en introduisant de l'intelligence dans les véhicules et leurs environnements.

This work was supported by the French agency for sustainable development ADEME

S. Ammoun is with Modulowatt ingénierie, 64 Bis avenue de New York, Paris, France samer.ammoun@modulowatt.com

C. Bousard and L. Bouraoui are with INRIA
clement.boussard@inria.fr
laurent.bouraoui@inria.fr

L'automatisation de la conduite constitue la phase ultime qui consiste à éliminer l'erreur humaine de la boucle de contrôle de la conduite [4].

D'autre part, le transport terrestre autonome constitue une application directe des avancées et des techniques de la robotique mobile dans un nouvel environnement avec une infrastructure dédiée (environnement routier) et des robots non holonomes à quatre roues (véhicule) en interaction fortement dynamique avec cet environnement.
A l'image des robots mobiles, les véhicules (et l'infrastructure routière) se dotent de nouveaux équipements et capteurs qui leur permettent de:

- Percevoir
- Se localiser
- Communiquer
- Interpréter et comprendre
- Planifier, prendre des décision
- Agir ou informer

En vu de la complexité et de la diversité de l'environnement routier, la route vers l'automatisation complète de la conduite est en train de passer par des étapes intermédiaires qui facilitent l'acceptabilité de ce concept par les décideurs et le grand public. Partant de ce principe, les concepts et systèmes proposés dans le cadre des ITS peuvent être classés en deux approches:

- Systèmes informatifs d'assistance au conducteur qui se limitent à agréger des recommandations (ou alertes) au conducteur qui reste le seul maître à bord
- Systèmes actifs qui agissent directement sur des éléments du véhicule sans intervention du conducteur dans le but de limiter l'erreur humaine. Plus ou moins intrusifs, la finalité de ces systèmes est l'amélioration de la sécurité et du confort du conducteur.

La complexité et la diversité de l'environnement routier font que la route vers l'automatisation complète de la conduite est en train de passer par des étapes intermédiaires qui facilitent l'acceptabilité de ce concept par les décideurs et le grand public.

Le concept Modulowatt s'inscrit en partie dans ce domaine de développement. En effet, Modulowatt propose d'augmenter la compétitivité des véhicules électriques en les dotant d'une intelligence qui permet à la fois de faciliter les manœuvres liées à son utilisation ainsi que l'ouverture vers d'autres applications à fortes valeurs ajoutées.

Le système Modulowatt est articulé autour de plusieurs idées forces:

- L'automatisation du raccordement entre la voiture et la borne de charge soit faite sans intervention humaine. Ce raccordement automatique facilite cette manœuvre et permet de coupler automatiquement le stationnement et la recharge. Ceci aura un impact sur la quantité de batteries nécessaire sur les véhicules et par la suite sur le prix et le poids des VE.
- La possibilité de raccorder en série plusieurs véhicules à une même borne de recharge. Cette aptitude permet de résoudre le problème des bornes de recharge condamnées par un véhicule stationné et chargé.
- La capacité de déplacement autonome du véhicule à basse vitesse pour assurer le bon positionnement avant le raccordement et pour reconstituer les files de recharge après départ d'un des véhicules de la file.
- L'utilisation du même dispositif de raccordement comme un système d'accrochage physique qui permet de conduire un train de véhicules en convoi matériel dans un premier temps. L'objectif étant d'éliminer, dans une seconde phase, cette liaison physique et de passer en convoi immatériel complet. Cette option permet par exemple de repositionner en groupe les véhicules en libre service entre les différentes stations.

Afin de réaliser ces fonctions, le système Modulowatt prévoit l'équipement de l'infrastructure de recharge et les voitures par un ensemble de dispositifs (capteurs, actionneurs et ordinateurs) schématisés respectivement sur les Fig. 1 et Fig. 2.

Dans la suite du papier, nous présenterons en détails les composants clefs de cette architecture.

A. La procédure de connexion

La procédure de connexion à une borne de recharge en surface est toujours initié par le véhicule. La première accroche se fait par liaison radio. Le véhicule commence par envoyer son intention de stationnement et de recharge. Une fois acceptée par la borne, le module de perception commence par estimer la position du véhicule par rapport à la mire de la borne. A ce stade, la conduite du véhicule est complètement prise en compte par l'ordinateur à bord jusqu'à l'arrivée à la place de stationnement. Cette conduite automatique est censé assurer une position suffisamment précise. Bien stationné, le véhicule envoie une demande de connexion à la borne de recharge par voie hertzienne et la connexion se fait par un bras mécanique (voir Fig.3) qui va assurer la connexion physique entre la borne et le véhicule.

Fig. 3. Le véhicule connecté à la borne de recharge

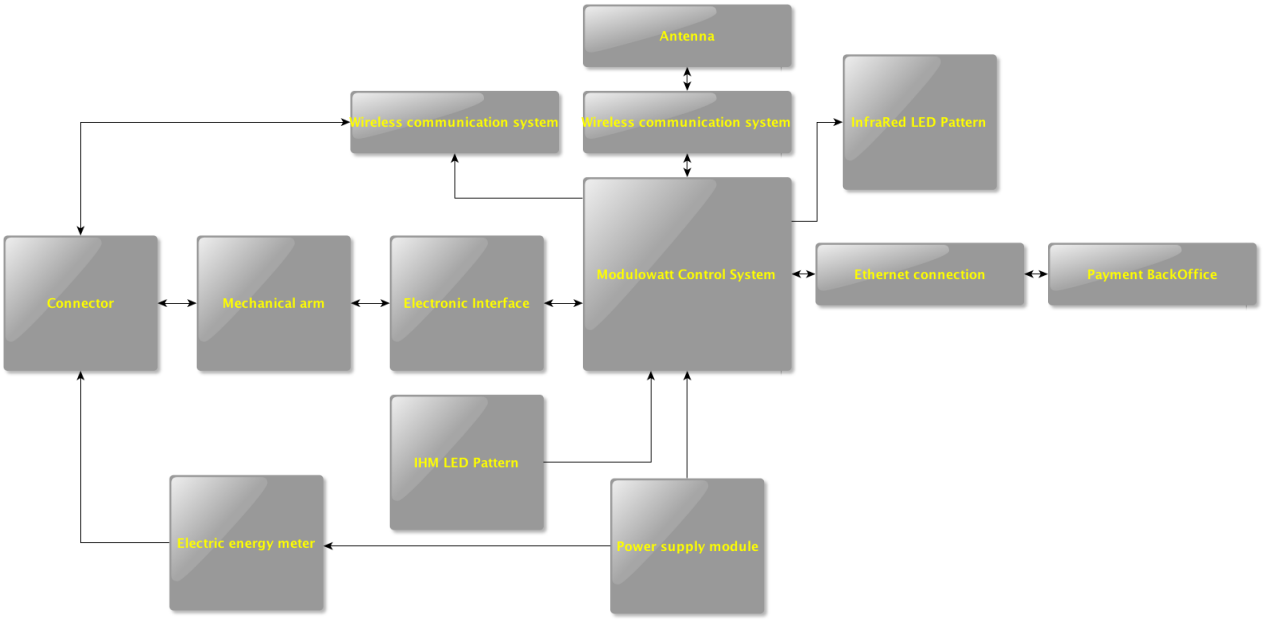

Fig. 1. Schéma des blocs fonctionnels de la borne

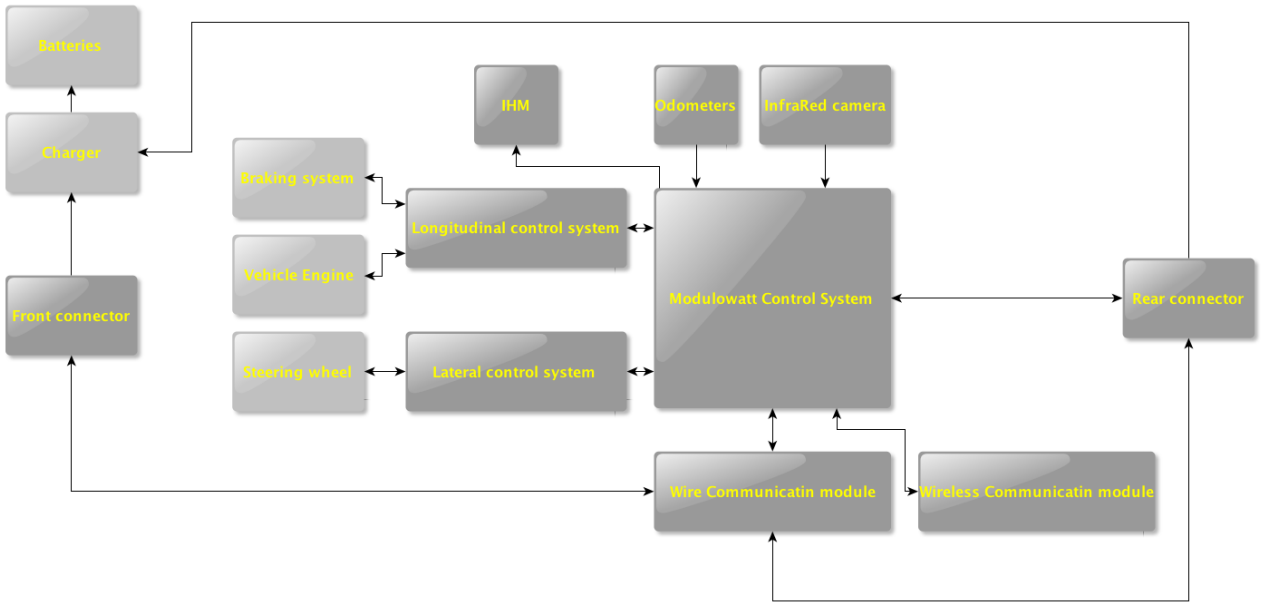

Fig. 2. Schéma bloc du système embarqué sur le véhicule

B. Le module de perception

Le véhicule doit pouvoir se positionner par rapport au véhicule avec un cube d'incertitude de dimension 100, 40, 40 mm dans les directions longitudinales, latérales et vérticales respectivement.

Afin d'assurer ce positionnement précis, un système de perception est mis en place dans la borne et le véhicule. La borne est équipée d'une mire constituée de diodes infrarouges. Le véhicule, lui, est équipé d'une caméra sensible à l'infrarouge. L'algorithme de détection et d'estimation de la position 3D relative du véhicule par rapport à la borne est effectuée sur la base d'une version itérative de l'algorithme POS (Pose from Orthography and Scaling) nommée POSIT[5]. L'algorithme POS estime la projection perspective sur la base d'une projection orthogonale et définit la matrice de rotation et le vecteur de translation de la mire en résolvant un système linéaire. Le POSIT (pour POS avec ITérations) itére les résultats du POS pour améliorer la précision des points de mesure. POSIT permet en même temps d'accélérer la convergence du système d'estimation. Des campagnes de mesure sont actuellement en cours pour valider cet outil d'estimation de la position 3D en utilisant

des moyens sophistiqués de mesure de référence.

C. La conduite autonome

Ce paragraphe présente la loi de commande appliquée au véhicule afin qu'il vienne se positionner correctement par rapport à la borne pour que celle-ci puisse déployer son bras.

Dans un premier temps, nous présenterons la structure théorique et algorithmique pour ensuite présenter son implémentation avec le logiciel RTMaps permettant d'envoyer les commandes au véhicule.

1) Structure théorique et algorithmique du contrôle: Le principe de la commande est essentiellement basé sur la détermination d'un modèle de référence d'évolution de l'interdistance entre le véhicule et la borne couplé à une mesure de l'interdistance. Cette commande est directement inspirée de travaux réalisé pour piloter une voiture en Stop&Go [6]. Ce couplage (présent dans notre cas sous la forme d'une différence) permet de mettre en place un contrôleur en boucle fermé (voir Fig.4).

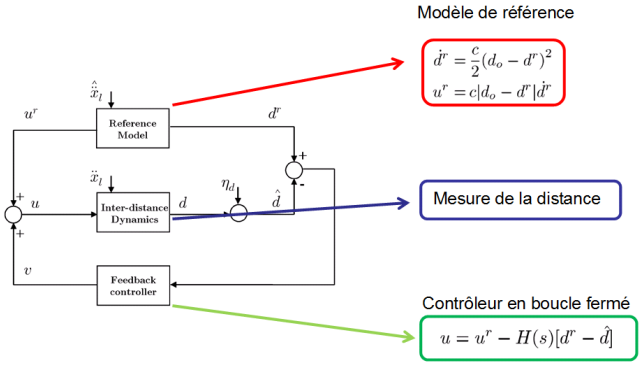

Fig. 4. Principe de fonctionnement de la loi de commande

D'un point de vue plus pratique, cet algorithme de contrôle peut être représenté sous la forme suivante (voir Fig.5)

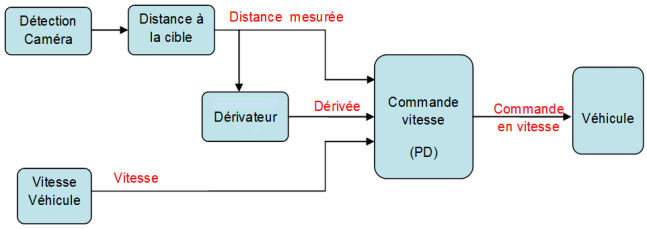

Fig. 5. Architecture générique d'une conduite autonome

III. La communication sans fil

Les systèmes de conduite coopérative constituent un thème de recherche d'actualité. Avec le succès de la télécommunication mobile, cette thématique vise à introduire des fonctionnalités de communications entre les voitures et les infrastructures routières (V2I) et entre les véhicules eux memês (V2V).

La recherche sur ce sujet est très large : elle s'étend de la définition des applications coopératives et de leurs études jusqu'à l'élaboration des matériels et des protocoles qui vont garantir le succès de ces technologies.

Depuis quelques années, Les constructeurs automobiles européens se sont regroupées en consortium (le car 2 car Communication consortium [7] pour promouvoir ces technologies. Cette task-force a réussi finalement à obtenir la réservation d'une bande de fréquence de 30 MHz en Europe dédiée au réseau véhiculaire.

Les caractères fortement dynamique et géométriquement structuré du réseau véhiculaire nécessitent l'adaptation des protocoles de communication des réseaux mobiles pour les rendre compatibles avec ces caractéristiques.

Au niveau de la couche physique, la technologie IEEE 802.11 P a été conçue spécialement pour ce type de réseau.

Au niveau de la couche réseau, les travaux de recherche se focalisent sur l'optimisation du Mobile IPv6, du NEMO [8] et du routage géographique [9] pour répondre aux exigences des applications VANET.

Le réseau véhiculaire (ou VANET), qui constitue un nouveau domaine d'application aux réseaux mobiles, a suscité un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique et des industriels du domaine autour du monde. Cet intérêt grandissant a poussé l'ISO à mettre en place une nouvelle architecture réseau CALM [10] qui garantit l'interopérabilité entre les différentes technologies mobiles.

L'approche de Modulowatt consiste à promouvoir ce concept de communication sans fils en équipant les véhicules et les infrastructures de recharge par des moyens de communication afin d'assurer le positionnement, la signalisation avant la recharge et le paiement des services offerts aux véhicules (tels le stationnement, la recharge, etc.)Le schéma de communication de Modulowatt est un schéma de communication bidirectionnelle de point à point. Nous concevons actuellement un système de communication basé sur la technologie CEN DSRC[11]. Nous adaptons cette technologie aux spécifications du schéma fonctionnel du système de parking automatique. En parallèle à cela, nous suivons de près le développement industriel des nouvelles générations de matériel de communication dédiés à l'automobile afin de garantir l'évolutivité de notre concept.

IV. CONCLUSIONS

Dans ce papier, nous avons présenté l'architecture du système Modulowatt de recharge de véhicules électriques. Grâce à ce système, le raccordement, la recharge et le paiement se font d'une manière automatique. Nous avons ainsi présenté en détails les différents modules qui constituent ce système. Les résultats intermédiaires de ce projet de 30 mois ont été présentés au Salon de l'Automobile de Paris 2010. La deuxième partie du projet est consacrée à la validation fonctionnel de ce système et à l'étude et le développement de la solution de départ en convoi.

V. REMERCIMENTS

Un démonstrateur de ce projet est réalisé dans le cadre du projet Amare[12] financé par l'ADEME[1].

REFERENCES

[1] Sondage réalisé par la société Modulowatt pour le quotidien 20 minutes pendant le salon de l'automobile de Paris. Disponible en ligne : http://modulowatt.com/pdf/MODULOWATT_sondageVE_Mondial2010.pdf
[2] Site internet de l'AutoLib http://www.autolib.fr
[3] Site internet du Car2GO http://www.car2go.com/
[4] "Advanced Urban Transport: Automation Is on the Way", Michel Parent, IEEE Intelligent Systems, March-April 2007, Volume : 22 , Issue:2, On page(s): 9
[5] "Model-Based Object Pose in 25 Lines of Code, Daniel Dementhon", Larry S. Davis In European Conference on Computer Vision (1992), pp. 335-343.
[6] "Estimation et contrôle pour le pilotage automatique de véhicule: Stop&Go et Parking automatique", Sungwoo Choi, Thèse de doctorat de l'Ecole des Mines de Paris, Septembre 2010.
[7] Site web du car 2 car communication consortium : http://www.car-to-car.org/
[8] "NEMO meets VANET: A Deployability Analysis of Network Mobility in Vehicular Communication", Baldessari, R.; Festag, A.; Abeille, J.; 7th International Conference on ITS Telecommunications, 2007, Page(s): 1 – 6
[9] "Geographical information extension for IPv6: Application to VANET", Khaled, Y.; Tsukada, M.; Ernst, T.; 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications,(ITST),2009, Page(s): 304 – 3008
[10] "CVIS: CALM proof of concept preliminary results", Ernst, T.; Nebehaj, V.; Srasen, R.; 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications,(ITST),2009, Page(s): 80 – 85
[11] CEN ISO/TS 14907-1:2010 : Electronic fee collection - Test procedures for user and fixed equipment - Part 1: Description of test procedures (ISO/TS 14907-1:2010)
[12] Le site web du projet AMARE : http://www.modulowatt.com/Modulowatt_Projets.html

[1]Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie