



HAL
open science

Retour d'expérience sur des véhicules électriques du parc automobiles français

Bruno Béranger, Daniel Chatroux

► **To cite this version:**

Bruno Béranger, Daniel Chatroux. Retour d'expérience sur des véhicules électriques du parc automobiles français. EPF2008 - Electronique de Puissance du Futur, Jul 2008, Tours, France. cea-03293232

HAL Id: cea-03293232

<https://cea.hal.science/cea-03293232>

Submitted on 20 Jul 2021

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.

Retour d'expérience sur des véhicules électriques du parc automobiles français

Bruno Béranger, Daniel Chatroux,
CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs 38054 GRENOBLE cedex 9.

Près de 10 000 véhicules électriques sont apparus ces 15 dernières années dans le paysage automobile français.

Les principaux problèmes de fiabilité rencontrés sur ces véhicules proviennent des batteries. Leur prix élevé induit, sauf cas exceptionnel, un coût kilométrique deux à trois fois supérieur à celui d'un véhicule thermique. Des pannes sur les électroniques et le moteur de traction ont également été relevées.

Des véhicules légers développant une puissance de 15 kW environ avec 60 km à 90 km d'autonomie sont bien adaptés à une utilisation urbaine et périurbaine. Aujourd'hui la demande des particuliers pour des véhicules électriques d'occasion à prix raisonnable est plus forte que l'offre.

Le CEA Grenoble s'investit dans le monitoring de véhicules électriques en vue d'optimiser les architectures électriques et le stockage de l'énergie, grâce à des batteries plus performantes de type Lithium Fer Phosphate par exemple.

I. INTRODUCTION

En France, les 10 000 véhicules électriques fabriqués sont issus de prototypes ayants vu le jour il y a quinze à vingt ans. Actuellement toutes les productions sont arrêtées et il ne reste que quelques milliers de voitures électriques en circulation. Beaucoup sont parties à la destruction, quelques unes vers des pays étranger (les pays Scandinaves plus particulièrement).

La présentation proposée a pour objectif de détailler le retour d'expérience accumulé sur ces véhicules, de mettre en évidence les points techniques qui ont limité les performances de ces véhicules et d'analyser les évolutions technologiques qui permettent de lever ces limitations.

II. PRINCIPAUX VEHICULES ET LEURS CARACTERISTIQUES

Les deux principaux fabricants français ont commercialisé plusieurs modèles de véhicules 100 % électriques à partir de 1990 :

- Express, Clio, Kangoo, AX, Saxo, Berlingo, 106, Partner.

Tous ces véhicules possèdent des batteries de technologie Ni-Cd ouvertes en provenance du même fournisseur. Certaines refroidies par air, d'autres par eau.

Les moteurs sont de type courant continu à excitation séparée, sauf le Kangoo qui est équipé d'un moteur synchrone à rotor bobiné (excitation séparée).

Les Saxo et 106 sont identiques hormis quelques détails d'esthétique. Il en est de même pour les Berlingo et Partner.

Tableau 1 : récapitulatif des caractéristiques principales

Véhicules	Masse (kg)	Puissance maximale (kW)	Tension batterie (V)
AX	950	20	120
Saxo/106	1 090	20	120
Clio	1 220	21	114
Express	1 230	21	108
Partner/Berlingo	1 470	28	162
Kangoo	1800	30	132

Tableau 2 : récapitulatif des caractéristiques principales

Véhicules	Energie (kWh)	Autonomie (km)	Masse des batteries (kg)
AX	12	100	260
Saxo/106	12	80	260
Clio	11,4	70	250
Express	14,7	80	310
Partner/Berlingo	16,2	85	360
Kangoo	13,2	75	280

III. COÛTS D'UTILISATION D'UN VEHICULE ELECTRIQUE

Exemple de coût d'utilisation d'un véhicule électrique pour une Citroën Saxo (tous les montants indiqués sont TTC) :

Consommation énergétique du véhicule : 21 kWh/100 km. Hypothèse de distance parcourue annuellement : 15 000 km, soit 200 trajets de 75 km. La consommation annuelle s'élève donc à 3 150 kWh, soit :

- 195 € au tarif régulé EdF « heures creuses »,

- 325 € au tarif régulé EDF « heures pleines » pour un particulier.

Coût de l'entretien annuel des batteries (4 remises en eau) : environ 250 €.

Coût kilométrique correspondant :

- 2,97 centimes d'€ avec recharges en heures creuses

- 3,83 centimes d'€ avec recharges en heures pleines.

Les véhicules électriques vendus par PSA étaient soumis à un contrat de location / entretien des batteries donc le prix actuel atteint 165 € / mois, soit 1 980 € / an. En incluant le contrat batteries le coût kilométrique passe à :

- 14,5 centimes d'€ avec recharges en heures creuses

- 15,4 centimes d'€ avec recharges en heures pleines.

Les véhicules électriques vendus par Renault n'étaient pas soumis à un contrat de location / entretien des batteries.

Pour comparaison, un véhicule thermique diesel, économique en cycle urbain (5,5 l / 100 km) revient à :

- 7 centimes d'€ / km (prix du gazole retenu : 1,28 € l).

Le prix du contrat de location batterie induit un coût de d'usage deux fois supérieur à celui d'un véhicule thermique. Ce coût est dix fois supérieur à celui de l'électricité de la recharge en heures creuses.

Contrairement à certaines idées reçues, l'entretien d'une Saxo ou 106 électrique n'est pas moins onéreux que celui d'un véhicule équivalent thermique. Cela est dû aux technologies des équipements utilisés : pompe de refroidissement à changer tous les 20 000 km, balais du moteur de traction à vérifier régulièrement et à changer tous les 50 000 km environ. Concrètement pour parcourir 100 000 km le coût d'entretien s'élève à environ :

- 1 200 € pour une Clio 1.5 DCI 80,

- 1 400 € pour une Saxo électrique avec le contrat batteries qui prend en charge les remises en eau.

Il convient également d'évaluer les coûts liés à l'usure des batteries de traction. Une Saxo / 106 électrique utilise 20 modules Ni-Cd 6 V / 100 Ah. Le prix de l'ensemble de ces batteries s'élève à environ 7 000 €. La documentation du véhicule spécifiait une durée de vie des batteries permettant d'effectuer environ 120 000 km (1 500 cycles de 80 km).

En pratique, la réalité fut bien différente : les batteries de certains véhicules n'ont même pas parcouru 20 000 Km (en 4 ans), d'autres parviennent à plus de 150 000 Km. Cet écart est lié au profil d'utilisation des batteries et la fréquence des entretiens. Le coût global d'usage est évidemment radicalement différent entre ces deux cas extrêmes.

Prenons pour le calcul des coûts suivants deux hypothèses moyennes réalistes avec des cycles de 70 km :

- Hypothèse basse : la batterie est mal utilisée (longs stockages chargée, température d'utilisation élevée, entretien correspondant à la spécification constructeur), elle n'effectuera que 500 cycles. La voiture parcourra :

$$500 \times 70 \text{ km} = 35\,000 \text{ km.}$$

Energie restituée :

$$10 \text{ kWh} \times 500 = 5\,000 \text{ kWh}$$

(10 kWh consommés par décharge sur les 12 kWh théoriquement disponibles dans la batterie d'une Saxo ou 106 soit 80 % de profondeur de décharge).

Coût correspondant :

$$7\,000 \text{ €} / 5\,000 \text{ kWh} = 1,4 \text{ €/kWh.}$$

Coût kilométrique d'usure des batteries :

$$7\,000 \text{ €} / 35\,000 \text{ km} = 0,2 \text{ €/km.}$$

Durée de vie de la batterie dans l'hypothèse de 15 000 km/an : 28 mois.

- Hypothèse haute : la batterie est utilisée dans des conditions optimales (mises en eau deux fois plus fréquentes que la spécification du constructeur, température d'utilisation plutôt fraîche, cyclage régulier sans décharge excessivement profonde, jamais de stockage batterie totalement chargée). Dans ce cas la batterie pourra atteindre ou dépasser les 1500 cycles annoncés. La voiture parcourra :

$$1\,500 \times 70 \text{ km} = 105\,000 \text{ km.}$$

Energie restituée :

$$10 \text{ kWh} \times 1\,500 = 15\,000 \text{ kWh.}$$

Coût correspondant :

$$7\,000 \text{ €} / 15\,000 \text{ kWh} = 0,47 \text{ €/kWh.}$$

Coût kilométrique d'usure des batteries :

$$7\,000 \text{ €} / 105\,000 \text{ km} = 6,7 \text{ centimes d'€ / km.}$$

Durée de vie de la batterie dans l'hypothèse de 15 000 km/an : 7 ans.

Nous connaissons un utilisateur pour qui les batteries ont été changées à plus de 200 000 Kilomètres.

Conclusion concernant les coûts :

Le coût élevé des batteries Ni-Cd utilisées sur ces véhicules électriques ou de leur location induit, sauf cas exceptionnel, un coût kilométrique deux à trois fois supérieur à celui d'un véhicule thermique.

Le coût d'utilisation devient équivalent voir inférieur à un véhicule diesel dans le cas où la batterie de traction assure 1 500 cycles dans les conditions réelles d'utilisation.

IV. LA CHAÎNE DE TRACTION

Les batteries :

Batteries communes aux véhicules PSA et Renault : technologie Ni-Cd ouvertes nécessitant des remises en eau régulières (idéalement tous les 3 000 à 4 000 km plutôt que 6 000 à 8 000 km tels issus du calculateur du véhicule).

L'express utilise 18 modules 6 V / 140 Ah refroidis par air.

Le Kangoo embarque 22 modules 6 V / 100 Ah refroidis par air. Ce refroidissement apparait insuffisant et mal réparti compte tenu du niveau des pertes thermiques lors des décharges sous forts courants ou des recharges d'égalisation des éléments.

La Clio fonctionne avec 19 modules 6 V / 100 Ah refroidis par eau glycolée.

Les Saxo / 106 utilisent 20 modules 6 V / 100 Ah refroidis par eau glycolée. La pompe à eau entraînée par un moteur à courant continu à balais, nécessite d'être remplacée tous les 20 000 km.

Sur Berlingo et Partner, les 27 batteries sont refroidies par un circuit d'eau glycolée mis en circulation par une pompe utilisant un moteur brushless sans entretien.



Figure 1 et 2 : vues d'un module de batterie Ni-Cd.

Les moteurs électriques de traction :

Les véhicules PSA utilisent des moteurs de même technologie (courant continu à excitation séparée, réducteur et différentiel par train épicycloïdal intégré) mais de puissances différentes pour les Saxo / 106 et les Berlingo / Partner.

Caractéristiques du moteur pour Saxo / 106 :

- Puissance nominale : 11 kW de 1 600 à 5 500 tr/mn.
- Puissance maximale : 20 kW.
- Couple maximal : 127 N.m de 0 à 1 600 tr/mn.
- Régime maximal : 6 700 tr/mn.
- Sécurité surrégime : 8 000 tr/mn limités par l'électronique.
- Tension nominale : 120 V.
- Courant d'induit nominal : 110 A.
- Courant d'induit maximal : 200 A.
- Tension d'excitation : 90 V.
- Courant d'excitation maximal : 11 A.
- Nombre de balais : 4.
- Refroidissement par air pulsé à 2 régimes suivant la température du moteur.
- Sondes de températures de type CTN noyées dans l'inducteur.
- Rapport de réduction : 1/7,2
- Vitesse pour 1000 tr/mn = 13,96 km/h
- Masse de l'ensemble : 72 kg.

Caractéristiques du moteur pour Berlingo / Partner :

- Puissance nominale : 15 kW de 1 650 à 6 500 tr/mn.
- Puissance maximale : 28 kW de 1 650 à 6 500 tr/mn.
- Couple maximal : 180 N.m de 0 à 1600 tr/mn.
- Régime maximal : 6 700 tr/mn.

- Sécurité surrégime : 8 000 tr/mn limités par l'électronique.
- Tension nominale : 162 V.
- Courant d'induit nominal : 110 A.
- Courant d'induit maximal : 200 A (5 mn)
- Tension d'excitation : 120 V.
- Courant d'excitation maximal : 11 A.
- Nombre de balais : 4.
- Refroidissement par air pulsé à 2 régimes suivant la température du moteur.
- Sondes de températures de type CTN noyées dans l'inducteur.
- Rapport de réduction : 1/7,18
- Vitesse pour 1 000 tr/mn = 15,11 km/h

Les moteurs de l'Express et de la Clio sont également à courant continu et excitation séparée mais le réducteur différentiel n'est pas intégré.

Caractéristiques du moteur pour Express et Clio :

- Puissance nominale : 16 kW à 2 000 tr/mn.
- Puissance maximale : 21 kW à 2 000 tr/mn.
- Couple au démarrage : 125 N.m.
- Masse moteur seul : 75 kg.
- Nombre de balais : 8.

Contrairement aux autres véhicules présentés, le Kangoo est équipé d'un moteur synchrone triphasé à rotor bobiné.

Caractéristiques du moteur pour Kangoo :

- Puissance maximale : 30 kW de 1 850 à 9 500 tr/mn.
- Puissance nominale permanente : 15 kW.
- Couple maximal : 165 N.m de 0 à 1850 tr/mn.
- Régime maximal : 9 500 tr/mn (103 km/h).
- Tension nominale : 132 V.
- Sondes de température dans les bobinages du stator.
- Masse du moteur seul : 60 kg.

Les moteurs à courant continu à balais sont simples à piloter : l'induit nécessite un simple hacheur réversible en courant DC / DC.

Les moteurs synchrones sont commandés par un onduleur DC vers AC.

Pour ces deux types de moteurs, l'excitation est réglée par un hacheur DC / DC.

Les boîtiers électroniques de contrôle pour les véhicules PSA :

L'ensemble des dispositifs électroniques du véhicule est regroupé dans un boîtier en aluminium refroidi par eau (plaque froide sur la face inférieure).

Le boîtier comporte trois systèmes de puissance pour la conversion d'énergie, un discontacteur et un calculateur architecturés suivant le schéma suivant (exemple choisi pour Partner ou Berlingo) :

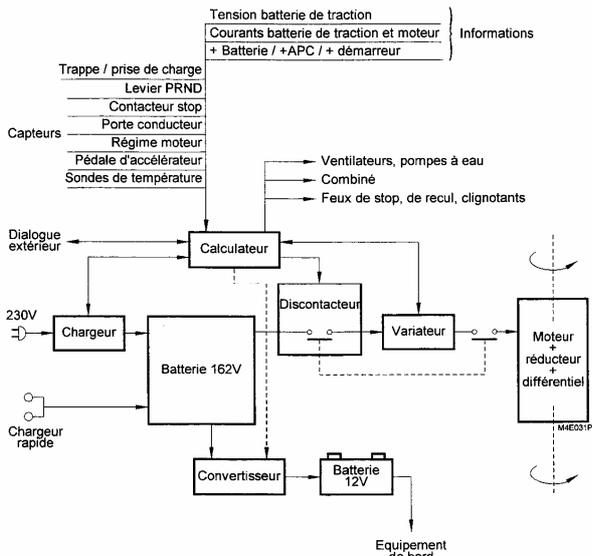


Figure 3 : schéma d'architecture du boîtier électronique pour Berlingo / Partner.

Le calculateur recueille les informations des différents capteurs (température, vitesse, etc.) et effectue des mesures de courant moteur et de tension sur la batterie 162 V. Attention, nous nommons « batterie 162 V » l'ensemble des 27 blocs de 6 V en série. Cette précision est importante puisque le calculateur ne connaît que la tension globale de la batterie. Il n'existe pas de mesure intermédiaire par groupe ou sur chaque module de 6 V. L'inconvénient qui en découle est l'absence de surveillance d'éléments plus faibles susceptibles de voir leur tension s'inverser sous forts courants.

Le calculateur gère les affichages du combiné de bord : vitesse du véhicule, énergie restante dans la batterie, consommation instantanée (ECO), voyants, etc.



Figure 4 : combiné de bord PSA.

Caractéristiques du convertisseur 12 V :

- Tension d'entrée 162 V.
- Tension de sortie 14,1 V.
- Courant de sortie : 70 A maximum.

La charge de la batterie 12 V intervient dans les cas suivants : clé de contact en position APC ou batterie de traction en charge ou batterie de 12 V faible (<11 V).

Technologie à découpage avec transistors Mosfets. Présence d'un isolement galvanique. Refroidissement par une semelle en aluminium vissée sur la plaque à eau.

Caractéristiques du chargeur de la batterie de traction :

- Tension d'entrée : secteur 230 V 50 Hz
- Courant d'entrée maximum : 10, 13 ou 14 Aeff configurable avec l'outil de diagnostic (« Elit » chez Citroën).
- Correction du facteur de puissance.
- Courant de sortie réglé : 0, 5, 10 ou 15 A environ selon les charges programmées.
- Tension de sortie égale à la tension batterie (à vide : 285 V environ).

La technologie est classique pour un chargeur à prélèvement sinusoïdal de cette puissance : un élévateur « boost » incluant la fonction de correction du facteur de puissance (PFC), suivi d'une conversion DC/DC avec isolement galvanique réalisée avec un « pont en H ». Les semi-conducteurs retenus sont des Mosfets.

Refroidissement par une large semelle en aluminium vissée sur la plaque à eau.

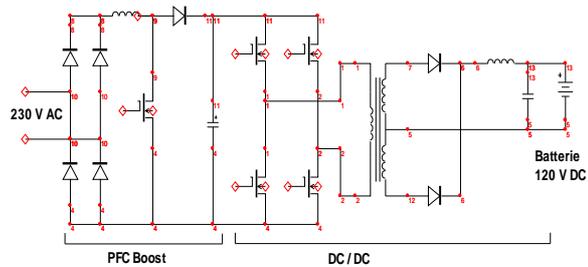


Figure 5 : schéma synoptique du chargeur de la batterie de traction.

Le calculateur pilote le chargeur de batterie afin générer différents courants de charge grâce à un signal PWM.

Charge normale (pour un Berlingo / Partner) :

- Charge à puissance constante pour injecter l'énergie nécessaire à la batterie afin qu'elle atteigne sa capacité nominale de 100 Ah (courant d'environ 15 A).
- Envoi d'un courant constant de 5 A pour surcharger la batterie de 15 % (15 Ah) en fin de cycle d'une charge normale.

Charge d'égalisation (la charge d'égalisation a lieu toutes les 10 charges normales) :

- Charge à puissance constante pour injecter l'énergie nécessaire à la batterie afin qu'elle atteigne sa capacité nominale de 100 Ah (courant d'environ 15 A).
- Envoi d'un courant constant de 5 A pendant 5 heures pour équilibrer les batteries, ce qui correspond à une surcharge de 25 %. Cette phase de surcharge engendre beaucoup de pertes (près de 1 kW) pendant 5 heures.

Charge d'entretien avant remise en eau des batteries ou charge d'initialisation après remplacement de modules défectueux :

- Charge à puissance constante pour injecter l'énergie nécessaire à la batterie afin qu'elle atteigne sa capacité nominale de 100 Ah (courant d'environ 15 A).
- Envoi d'un courant constant de 10 A pendant 5 heures pour élever en température les batteries puis génération d'un courant pulsé 0 – 10 A : courant de 10 A pendant 2 minutes puis 0 pendant 28 minutes et ainsi de suite. Dans cette phase la température des batteries reste élevée et le processus d'électrolyse se poursuit ce qui maintient haut le niveau d'électrolyte dans les éléments. Ainsi le remplissage en eau déminéralisée peut se faire sans risque de débordement d'électrolyte lors des charges ultérieures.

Caractéristiques du variateur :

Les données relatives au déplacement du véhicule sont échangées entre le calculateur et la carte électronique du variateur. Les mesures et les consignes des courants d'induit et d'excitation se font au niveau de cette carte.

Le variateur commande l'excitation du moteur de traction à courant continu. Cette fonction est assurée par un hacheur et un inverseur pour doser le courant d'excitation et choisir le sens de rotation du moteur : la marche avant ou arrière du véhicule est réalisée par l'inversion du sens d'excitation. Le variateur pilote aussi le courant d'induit du moteur pour les phases d'accélération et de freinage récupératif.

La stratégie de commande des courants d'induit et d'inducteur dépend de la vitesse de rotation du moteur :

- En phase d'accélération de 0 à 1 600 tr/mn le courant d'excitation est fixé à 11 A. Le courant d'induit est découpé de manière à ce que sa valeur moyenne puisse varier entre 0 et 200 A selon la position de l'accélérateur.
- En phase d'accélération de 1 600 à 5 500 tr/mn, la pleine tension de la batterie est appliquée sur l'induit tandis que le courant d'excitation est découpé de manière à ce que sa valeur moyenne varie de 11 à 1,2 A selon la vitesse souhaitée.

A l'inverse, la décélération est gérée de la façon suivante :

- De 5 500 tr/mn à 1 600 tr/mn le courant d'excitation croît de 1,2 à 11 A et le courant de recharge de la batterie varie respectivement de 165 A à 5 500 tr/mn à 75 A à 1 600 tr/mn (pédale d'accélérateur complètement relâchée).
- De 1 600 tr/mn à 0 le hacheur de freinage élève la tension d'induit afin de continuer à recharger la batterie sous 75 A à 1 600 tr/mn vers 0 à vitesse nulle.
- L'action sur le frein se différencie du point précédent par le maintien de la recharge de la batterie sous 75 A constants de 1 600 tr/mn jusqu'à 300 tr/mn.

Technologie du variateur :

Le découpage du courant de traction et de freinage est confié à un module IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) Toshiba 400 A / 600 V. Ce composant intègre deux IGBT (bras de pont), chacun avec une diode en antiparallèle, notés T, F, DF et DT sur la figure 6. L'un des

composant assure la fonction de hacheur abaisseur (phase d'accélération à basse vitesse), l'autre permet de réaliser le hacheur éleveur (phase de décélération à basse vitesse). Le découpage du courant d'excitation est réalisé par un IGBT de plus petite puissance (boîtier TO 220).

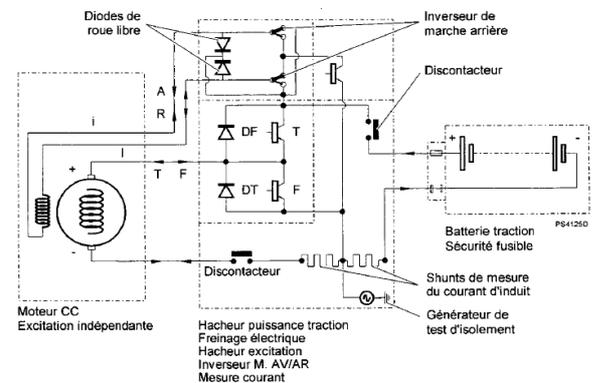


Figure 6 : schéma synoptique du variateur

Un discontacteur ouvrant sur deux pôles assure l'isolement galvanique entre la batterie de traction et l'électronique de contrôle du moteur (la figure 6 ne représente qu'un seul pôle du discontacteur).

V. PROBLEMES DE FIABILITE FREQUENTS

Problèmes liés à l'électronique de puissance :

D'une façon générale, les aspects thermiques n'ont pas été suffisamment pris en compte dans la conception des électroniques de puissance.

Par exemple sur les véhicules PSA, le point faible est la gestion thermique dont souffre particulièrement le chargeur de batteries (environ 70 % des pannes). Vient ensuite le variateur (environ 20 % des pannes) puis le convertisseur 12 V et enfin le calculateur.



Figure 7 : module IGBT explosé. Figure 8 : condensateur polypropylène ayant surchauffé jusqu'à sa destruction.

Le chargeur de batterie est également un point faible sur la Clio. Un condensateur de filtrage spécifique, sous dimensionné et très stressé en courant, vieillit prématurément et provoque des pannes chroniques sur cet équipement (figure 9).



Figure 9 : vue du condensateur incriminé.

Problèmes liés au moteur de traction :

Les informations recueillies tendent à montrer qu'il y aurait eu des problèmes de fabrication au niveau du collecteur du moteur de traction. En s'échauffant le collecteur se déformerait provoquant des arcs électriques entre les balais et les lames du collecteur entraînant la dégradation rapide de ce dernier et une usure prématurée des balais. Grâce au monitoring de véhicules électriques nous notons également que le moteur travaille régulièrement au-delà de sa plage de puissance nominale dans les montées.

L'induit du moteur est refroidi par air. Or, la ventilation n'inclue pas de filtre ce qui provoque des pollutions du collecteur et des balais. Il s'ensuit des défauts d'isolement à cause des poussières de graphite générées par l'usure des balais et transportées par le flux d'air du refroidissement.

Problèmes liés aux batteries de traction :

Les batteries de traction utilisées (Ni-CD ouvertes) rencontrent des problèmes divers et d'origines très variées. La compréhension des causes de défaillance reste difficile et incertaine.

L'expérience montre tout de même que certains profils d'utilisation provoquent des pannes récurrentes :

- La recharge systématique de la batterie dès que le véhicule est stationné et sans tenir compte de la jauge d'énergie au tableau de bord ou les longues périodes d'inutilisation batterie en charge provoquent la « métallisation des plaques » suivi d'une mise en court-circuit interne.
- Les décharges suffisamment profondes des batteries participent à garder une bonne autonomie du véhicule, mais peuvent conduire à la destruction des éléments les plus faibles. La surveillance en tension de l'ensemble de la batterie (avec allumage au tableau de bord d'un voyant lorsque la recharge est nécessaire) ne permet pas de détecter un bloc de 6 V qui serait faible, donc susceptible de voir sa tension s'inverser.
- La fréquence des mises en eau des batteries est commandée par le calculateur en fonction du nombre

d'Ampères heures surchargés. Les batteries Ni-Cd supportent bien la surcharge mais cela entraîne une évaporation de l'eau contenue dans l'électrolyte. Les demandes d'entretien des batteries (mises en eau) par le calculateur sont trop espacées, ce qui provoque la surchauffe des plaques se trouvant émergées.

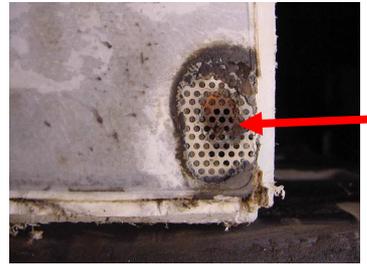


Figure 10 : dégradation des séparateurs, suivi de fusion.

Une mise en eau tout les 3 000 à 4 000 km plutôt que 6 000 km est souhaitable.

Certaines batteries de 2001 utilisées dans de bonnes conditions (cyclages réguliers, températures assez fraîches, remises en eau fréquentes) permettent en ce moment à des Berlingos d'afficher plus de 200 000 km.

VI. AXES DE RECHERCHES

Un nouveau départ pour le développement des véhicules électriques est d'actualité aujourd'hui. Les électroniques de puissances peuvent être conçues pour assurer un haut niveau de fiabilité. Les batteries restent le point crucial et sont à étudier prioritairement pour assurer un coût de l'énergie stockée restituée inférieur à 0,5 €/KWh, (pour être compétitif par rapport au véhicule thermique) et un bon niveau de sécurité. Le coût d'achat doit être maîtrisé, le nombre de cycle en utilisation réelle sur la gamme de température doit atteindre 1 000 à 2 000 cycles. La technologie batterie lithium phosphate qui offre un haut niveau de sécurité intrinsèque et qui existe industriellement aujourd'hui est une bonne candidate pour ce besoin.

La faible autonomie n'est pas un point bloquant pour des véhicules urbains et périurbains. La vitesse maximale est également suffisante (environ 90 à 100 km/h). Pour cela une puissance d'environ 15 kW sur un véhicule léger est convenable.

Le CEA Grenoble mène actuellement des actions de monitoring de véhicules électriques et hybride. Ces travaux permettent d'optimiser les architectures électriques et le stockage de l'énergie.

D'autre part, le remplacement des batteries d'origine Ni-Cd par des batteries lithium phosphate est en cours sur un véhicule électrique démonstrateur.