

LA VOITURE ELECTRIQUE EST-ELLE LA SOLUTION?
LA TECHNOLOGIE ELECTRIQUE EST AU CENTRE,
MAIS QU'Y A-T-IL AUTOUR?

Ivan GILLET
Université de Liège

MOTS-CLES : TRANSPORT-VILLE-POLLUTION-SYSTEME PROPRE.

RESUME : La voiture électrique est souvent présentée comme la solution aux problèmes de pollution dans les villes. Quatre prototypes différents sont en développement. Mais leur alimentation en énergie en amont est polluante. A l'avenir, il faudra donc changer radicalement de système pour que l'amont devienne propre. Tout cela implique recherche et éducation.

SUMMARY : The electric car is often described as the answer to the pollution problem in cities. Four different prototypes are being developed. But feeding them with energy is polluting. In order to solve this second problem, the system should be radically changed in the future. All this needs research and education.

technologies/Technologie

XXI^{ES} JOURNÉES INTERNATIONALES

SUR LA COMMUNICATION, L'ÉDUCATION
ET LA CULTURE SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

A. GIORDAN, J.-L. MARTINAND et D. RAICHVARG, Actes JIES XXI, 1999

1. INTRODUCTION

La grande majorité de la population mondiale vit dans les villes ! Dans beaucoup de ces villes, le trafic automobile pose des problèmes intolérables de santé publique, d'environnement et de société. Ces problèmes majeurs de la mobilité dans les villes commencent à faire quelques bruits et à être reliés aux grands défis du prochain millénaire. Périodiquement apparaissent des "scoop" médiatiques quand les cotes d'alerte sont largement dépassées ...Une prise de conscience est en train de s'amorcer et l'on parle de plus en plus de voitures électriques. En fait, de quoi s'agit-il ? Il s'agit réellement d'un enchevêtrement de problèmes parmi lesquels une place centrale est occupée par le mode de propulsion des voitures. Les moteurs d'auto contribuent largement à l'augmentation de "l'effet de serre" par la combustion des carburants fossiles, à diverses pollutions chimiques et, par temps ensoleillé dans les villes, au problème de l'ozone photochimique.

Du point de vue énergétique, toutes ces nuisances proviennent de la "*filière thermodynamique*" des moteurs thermiques, les moteurs à explosion des véhicules. Cette filière thermodynamique est-elle la seule possible ? Non ! De l'énergie chimique des combustibles à l'énergie mécanique de mouvement, il existe une seconde filière : la "*filière électrochimique*" des moteurs électriques. C'est celle qu'utilisent les véhicules électriques.

Ces deux filières énergétiques sont expliquées et comparées dans ma communication par affichage sur la "*pile à combustion électrochimique*" dans le présent volume.

2. QUATRE PROTOTYPES DE VEHICULES ELECTRIQUES

2.1. Actuellement la plupart des grandes firmes automobiles présentent ou préparent des prototypes de véhicules électriques. Jusqu'à présent, ils sont de 4 espèces: deux fonctionnent sur *batterie d'accumulateurs*, et deux sur *pile à combustion électrochimique (pile à combustible)*

- Véhicule à accumulateur

Le moteur électrique de ce véhicule est alimenté par une batterie d'accumulateurs que l'on recharge sur le secteur électrique.

- Véhicule hybride

Celui-ci est équipé d'un moteur thermique classique (à explosion) et d'un moteur électrique sur batterie d'accumulateurs. Ceux-ci sont utilisés séparément (l'un sur route,

l'autre en ville) ou simultanément (le moteur thermique faisant tourner une génératrice pour recharger la batterie)

- Véhicule sur pile à hydrogène directe

Ici, le moteur électrique est alimenté par une pile à combustion électrochimique dont le comburant est l'oxygène de l'air et dont le combustible est de l'hydrogène gazeux provenant d'un réservoir sur le véhicule. Entre la pile à hydrogène et le moteur électrique est intercalé un petit accumulateur qui sert aux accélérations et au freinage à récupération d'énergie.

- Véhicule sur pile à hydrogène indirecte

Le principe est le même que sur le modèle précédent, y compris le freinage à récupération ; mais ici, l'hydrogène pour la pile est produit sur le véhicule lui-même par "réformage" de méthanol. Le véhicule est donc alimenté combustible liquide et non en hydrogène.

2.2. Avantages et Inconvénients des quatre modèles

A côté d'un certain nombre d'avantages complémentaires, variant d'un modèle à l'autre, et que je ne détaillerai pas ici, il est important d'insister sur deux caractéristiques essentielles de ces prototypes: l'une portant sur le véhicule lui-même, l'autre sur "*l'amont*", c'est-à-dire sur l'alimentation en énergie des quatre modèles : deux de ces prototypes sont propres sur le véhicule lui-même; ils ne polluent donc pas la ville; ce sont ceux qui fonctionnent sur accumulateurs d'une part, et sur pile à hydrogène directe d'autre part. Les deux autres prototypes sont polluants : le modèle hybride à cause du moteur thermique classique ; et le modèle à pile à hydrogène indirecte parce que le "réformage" du méthanol requiert un brûleur polluant. Quant à "*l'amont*", il s'agit de la production des formes d'énergie qui alimentent chacun des quatre prototypes: l'électricité pour le véhicule à accumulateurs, le carburant classique pour le modèle hybride, l'hydrogène pour la pile à hydrogène directe, et le méthanol pour la pile à hydrogène indirecte. Ces quatre productions sont malheureusement polluantes par les procédés industriels actuels. Il faudra donc de très sérieuses recherches pour rendre ces productions inoffensives pour l'environnement et la santé.

Pour ce qui concerne, par exemple, le prototype à accumulateurs, deux calculs ont été faits (Wautelet, Cahay, 1998) ainsi qu'une vérification concrète sur le terrain pour le premier:

a) Si l'on considère l'ensemble de la chaîne énergétique depuis la source primaire avec les techniques actuelles, le rendement énergétique global du véhicule à accumulateur est du même ordre de grandeur que celui des véhicules classiques

b) Si l'on voulait remplacer l'ensemble du parc automobile actuel de l'Union européenne par des véhicules à accumulateurs, il faudrait, pour charger ces batteries, construire des centrales électriques supplémentaires pour une puissance totale de 20.000 MW ! Cela correspond à 67 centrales TGV de 300 MW ou 20 centrales nucléaires de 1.000 MW... plus toutes les lignes à haute tension nécessaires pour la distribution !

3. VEHICULES ELECTRIQUES FUTURS ?

Avec les techniques connues actuellement, on peut envisager 6 chaînes énergétiques, entièrement propres et durables, pour les deux types de véhicules électriques qui ne polluent pas eux-mêmes (Figure). Elles partent toutes du Soleil comme source primaire et sont centrées sur l'hydrogène. Pour le véhicule sur pile à hydrogène directe, trois chaînes utilisent l'hydrogène de l'électrolyse de l'eau par l'électricité produite par l'une des trois formes d'énergie dérivées du Soleil que sont l'hydraulique, l'éolienne et la photovoltaïque. Pour le véhicule sur accumulateurs, trois autres chaînes empruntent, du Soleil à l'hydrogène, le même chemin que le précédent, mais cet hydrogène alimente alors des piles à hydrogène fixes pour la production décentralisée d'électricité avec cogénération de chaleur. Cette énergie électrique sert alors à recharger les batteries d'accumulateurs des véhicules, ainsi qu'à divers usages fixes en parallèle avec la chaleur.

En plus des 6 chaînes énergétiques propres et durables, trois autres chaînes peuvent également être étudiées. Elles partent aussi du Soleil et passent par la matière végétale et les quantités considérables de déchets organiques qui en dérivent. A partir de cette matière organique, des procédés connus permettent de fabriquer de l'hydrogène et du méthanol; ce dernier pour alimenter un véhicule électrique fonctionnant sur pile à méthanol. Ce combustible liquide serait beaucoup plus pratique que l'hydrogène pour les usages mobiles. Mais, pour ces trois chaînes énergétiques supplémentaires, il y a encore beaucoup de recherche à faire : d'une part parce que les procédés actuels de fabrication de l'hydrogène et du méthanol à partir de matière organique sont polluants ; d'autre part parce que la pile à méthanol est encore loin d'atteindre les performances de la pile à hydrogène.

4. CONCLUSION

4.1. L'examen des principes techniques des transports électriques nous ramène inéluctablement au problème global de l'énergie. En effet, comme nous l'avons vu, il faudra revoir entièrement l'ensemble de la chaîne énergétique depuis les sources primaires jusqu'au véhicule lui-même. La question est alors : quelle technologie énergétique voulons-nous pour le 3^{ème} millénaire ?

Evidemment, une priorité essentielle sera la recherche pour se débarrasser des techniques polluantes et du gaspillage d'énergie. Mais, ces techniques polluantes existent depuis bien longtemps dans notre civilisation; et la combustion thermique, inéluctablement polluante, est utilisée par l'homme depuis 500.000 ans! Alors pourquoi s'inquiète-t-on seulement maintenant ? Parce que la croissance exponentielle de la population mondiale et de la consommation d'énergie par personne ont porté la pollution à un niveau tel qu'on ne peut plus l'ignorer. Il faudra bien mettre le prix pour venir à bout de ce problème, même si, actuellement, cela paraît non rentable économiquement et utopique. Il y va de la survie de l'espèce humaine!

Mais il faut bien se rendre compte que les choses ne changeront que progressivement, à petits pas, même si c'est pour aboutir à un changement radical à long terme comme, par exemple, le remplacement de la filière thermodynamique, avec ses nuisances, par la filière électrochimique, et cela non seulement pour les transports, mais aussi dans tous les domaines du système énergétique mondial. Ce serait là une véritable rupture !

4.2. Toutes ces transformations énergétiques, cependant, ne suffiront pas, car la voiture électrique, même entièrement propre, ne résoudra pas toute une série d'autres problèmes de notre société comme, par exemple, celui des encombrements dans les villes !

En fait, c'est toute notre civilisation qu'il faudrait revoir de fond en comble, avec ses finalités, ses modes d'organisation et de fonctionnement, ses moyens et ...son système éducatif.

Ce dernier point est primordial car, pour aboutir aux changements souhaitables, il faudra une sérieuse volonté, appuyée par des citoyens lucides, responsables et entraînés, entre autres, à la sobriété. Cela requiert toute une éducation et le développement d'une culture scientifique appropriée. Par exemple : dans le cadre de cette culture scientifique, il serait souhaitable et urgent, que les principes fondamentaux de l'énergétique soient enseignés, dans leur contexte mondial et local, dès l'école secondaire avec, notamment, une comparaison éclairante entre les deux seules filières

énergétiques qui relient l'énergie des combustibles à l'énergie de mouvement Pour cela il faudrait, je pense, un dialogue entre le professeur de chimie et le professeur de physique ...devant les élèves ...et surtout en interaction avec eux : au chimiste, les deux modes de combustion, thermique et électrochimique ; au physicien, d'une part le moteur électrique, d'autre part la conversion de Carnot dans le moteur thermique. L'idéal serait que le professeur de biologie puisse se joindre aux deux autres. Il expliquerait le principe de la combustion biologique, de nature électrochimique, qu'il appelle "respiration cellulaire" dans les "mitochondries" de nos cellules, et il montrerait aussi comment fonctionne le moteur électrique linéaire du muscle en action. Cette approche transdisciplinaire serait un pas important dans la réunion et la structuration de connaissances d'apparences très diverses autour de concepts intégrateurs comme celui de l'énergie et de ses transformations. Aborder ces questions à l'école me semble essentiel au moment où des choix énergétiques majeurs se profilent à l'horizon.

BIBLIOGRAPHIE

WAUTELET M., CAHAY R., 1998 -*La voiture électrique en questions (et réponses)*. I, Bull. ABPPC (Association Belge des Professeurs de Physique et de Chimie) n° 136, p. 17-25.

WAUTELET M., CAHAY.R., DERWA F., 1999 -*La voiture électrique en questions (et réponses)*. II. Bull. ABPPC, n° 141, p. 105-116.

THEATE P., NICOLAY S., RENZONI R., GERMAIN A., 1998 - *Véhicules électriques - Batteries*, Rapport final (batterie IM.Doc.) - CIOR-CE/98-17 réalisé pour le Ministère de l'Environnement, déc. 1998 (57 p.).

AUTEURS MULTIPLES, Janv. 1998 - *La science des transports*, Dossier hors-série, Pour la Science (130 p.).

GILLET I., GILLET-POLIS G., 1993 - *Science et Magie : quelle différence ?* Actes des XVe Journées Internationales sur l'Education Scientifique, p. 181-189.

GILLET I., 1990 - *Energie et environnement*, Bull. ABPPC, n°106, p. 135-151.

DELBAERE R., GILLET I. et collaborateurs, 1981 - *Pour une civilisation du Soleil*, Ed. JEB, Direction générale de la Jeunesse et des Loisirs du Ministère de l'Education nationale et de la Culture française, Bruxelles (342 p.).

McGOWN L.B., BOCKRIS J.O'M., 1980 - *How to obtain abundant clean energy*, Ed. Plenum Press, New York, London (262 p.).

Voir aussi ma communication par affichage sur la pile à combustion électrochimique dans le présent volume.