

CCE

COST

recherche - transport

COST 302

Les perspectives
des véhicules électriques en Europe

Séminaire européen

15-16 octobre 1987 — Bruxelles

Exposés introductifs des rapporteurs
et
résumés des sessions

Édité par :

F. Fabre, A. Klose

Commission des Communautés européennes

Direction générale Transports
Direction générale Science, recherche et développement

1988

EUR 11919 FR

Publié par
COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
Direction générale
Télécommunications, industries de l'information et innovation
L-2920 Luxembourg

AVERTISSEMENT

Ni la Commission des Communautés européennes, ni aucune personne agissant au nom de la Commission n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations ci-après.

Cette publication est aussi éditée dans les langues suivantes:

DE ISBN 92-825-9290-1

EN ISBN 92-825-9289-8

Une fiche bibliographique figure à la fin de l'ouvrage.

Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, 1989

ISBN 92-825-9189-1

N° de catalogue: CD-NA-11919-FR-C

© CECA-CEE-CEEA, Bruxelles • Luxembourg, 1989

Printed in Belgium

PRESENTATION

Les 15 et 16 octobre 1987 s'est tenu à Bruxelles un séminaire européen sur "les perspectives des véhicules électriques en Europe".

Ce séminaire a eu pour but de susciter les réactions les plus autorisées vis à vis des conclusions de l'action de recherche en coopération COST 302 consacrée à l'étude des conditions techniques et économiques de l'utilisation des véhicules routiers électriques en Europe. Organisé par la Commission des Communautés Européennes, en liaison avec la Coopération Européenne dans le domaine de la Recherche Scientifique et Technique (COST), il s'est distingué des autres manifestations internationales qui traitent des véhicules électriques en ce qu'il n'a pas visé à décrire l'état de l'art mais à confronter l'opinion de tous les milieux intéressés (industrie, environnement, économie, administration, pouvoirs politiques locaux et nationaux) sur chacun des thèmes étudiés par COST 302.

Les résultats de l'action COST 302 ont été publiés dans un rapport final qui est paru dans la série "Recherche-Transport" en 1987 (EUR 11115-DE-EN-FR).

Les onze pays qui avaient participé de 1982 à 1986 à cette action (République fédérale d'Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Irlande, Italie, Royaume-Uni, Suède et Suisse) et la Communauté avaient voulu, compte tenu de l'évolution actuelle de la technique et des conséquences socio-économiques prévisibles de l'utilisation des véhicules électriques, disposer des éléments nécessaires à toutes décisions, au niveau national ou européen, sur la mise en oeuvre de ces véhicules.

SOMMAIRE

| | | |
|--|----|-----|
| PRESENTATION | P. | III |
| Comité d'Organisation | P. | VII |
| Allocution d'ouverture de M. E. PENA-ABIZANDA | P. | 1 |
| Allocution de M. G. BRUSAGLINO | P. | 5 |
| | | |
| <u>SESSION 1</u> : ASPECTS TECHNIQUES | | |
| - Introduction par M. le Prof. JENSEN et M. O.S. NISSEN | P. | 10 |
| - Résumé de la session | P. | 16 |
| | | |
| <u>SESSION 2</u> : ENERGIE | | |
| - Introduction par M. A. JOHANSSON | P. | 24 |
| - Résumé de la session | P. | 38 |
| | | |
| <u>SESSION 3</u> : ASPECTS OPERATIONNELS | | |
| - Introduction par M. C. BASSAC | P. | 46 |
| - Résumé de la session | P. | 57 |
| | | |
| <u>SESSION 4</u> : ENVIRONNEMENT | | |
| - Introduction par M. le Dr W. REINHARDT | P. | 68 |
| - Résumé de la session | P. | 72 |
| | | |
| <u>SESSION 5</u> : STANDARDISATION, FISCALITE | | |
| - Introduction par M. J. VOOS | P. | 86 |
| - Résumé de la session | P. | 91 |
| | | |
| <u>SESSION 6</u> : ECONOMIE | | |
| - Introduction par M. le Dr D. RUDD | P. | 98 |
| - Résumé de la session | P. | 106 |
| | | |
| <u>SESSION 7</u> : INDUSTRIE | | |
| - Introduction par M. G. BRUSAGLINO | P. | 120 |
| - Résumé de la session | P. | 124 |
| | | |
| <u>CONCLUSIONS</u> : CONCLUSIONS | | |
| - par M. le Prof. G. MAGGETTO | P. | 148 |
| | | |
| <u>LISTE DES PARTICIPANTS</u> | P. | 156 |

**Organisationskomitee
Organizing Committee
Comité d'organisation**

Vorsitzender - Chairman - Président

G. MAGGETTO (B)

Mitglieder - Members - Membres

C. BASSAC (F)

G. BRUSAGLINO (I)

F. DIERKENS (A.V.E.R.E.)

C. FABJAN (A)

F. FABRE (C.C.E.)

W. REINHARDT (D)

Allocution d'ouverture de
M. EDUARDO PENA-ABIZANDA
Directeur Général des Transports
Commission des Communautés Européennes

Mesdames, Messieurs,

En ouvrant ce séminaire au nom de la Commission des Communautés Européennes permettez-moi tout d'abord de souhaiter la bienvenue à tous les participants.

Je voudrais en particulier remercier Madame Edith CRESSON, ancien ministre de l'industrie de la France et Monsieur le Ministre d'Etat Willy CLAES, ancien ministre de l'économie de la Belgique, qui ont bien voulu accepter de présider chacun une session du séminaire.

Madame Marilies FLEMING, Ministre autrichien de l'Environnement, de la Famille et de la Jeunesse, comptait venir mais en a été empêchée au dernier moment par les obligations de sa charge; c'est M. SCHREIBER, directeur général dans son ministère, qui la remplace.

La présence de ces personnalités souligne l'importance des travaux qui vont se dérouler pendant ces deux journées. Elle nous montre, et d'illustre façon, que le thème du véhicule électrique mérite que l'attention ne se relâche pas sur lui, et tout spécialement au plus haut niveau.

Il n'est pas superflu de le remarquer à un moment où, précisément, comme l'on dit de nos jours, les événements ne sont pas "porteurs".

N'y a t'il pas, en effet, une manière de paradoxe, sinon de défi, à se pencher sur "les perspectives du véhicule électrique en Europe" alors que les prix du pétrole sont bas, que les réglementations abaissent progressivement la pollution de l'air par les véhicules automobiles, que l'industrie automobile européenne lutte difficilement contre ses concurrentes et qu'enfin aucun pas décisif n'a été franchi sur le plan technique pour faire du véhicule électrique l'égal du véhicule thermique ?

Sans empiéter sur vos travaux, dont l'objet sera en partie de déterminer la portée réelle de ces facteurs de circonstance, je voudrais seulement remarquer que le véhicule électrique continue toujours à représenter une solution complète aux problèmes d'atteinte à l'environnement et d'utilisation d'autres sources d'énergie que le pétrole. C'est à ce titre

que les pouvoirs publics ne peuvent relâcher leur attention.

La Commission, pour sa part, a toujours eu le souci de trouver une dimension européenne et d'apporter son soutien aux actions les plus significatives dans ce domaine. Elle l'a fait notamment dans ses programmes de démonstration relatifs à l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Mais elle a aussi participé à l'action COST 302 qui constitue aujourd'hui le fondement de ce séminaire. Chacun, ici, connaît le système de coopération européenne COST qui rassemble 19 pays pour entreprendre des actions de recherche dans divers secteurs, dont celui des transports.

Dans ce cadre l'action COST 302 revêt une importance toute spéciale : c'est en effet la première fois que plusieurs gouvernements ainsi que la Communauté ont décidé d'examiner ensemble, en veillant à préserver l'objectivité la plus grande, tous les aspects techniques et économiques de l'utilisation des véhicules routiers électriques.

Cette action s'est déroulée avec le concours d'experts de haut niveau des 11 pays participants parmi lesquels je me plais à relever les contributions marquantes de 4 pays non-membres de la Communauté : l'Autriche, la Finlande, la Suède et la Suisse.

Les résultats de l'action COST 302 qui serviront de point de départ à vos travaux ne nous promettent pas pour demain le véhicule électrique pour tous. Ils apportent cependant des données réalistes, longuement étudiées, sur l'apparition d'un nombre important de ces véhicules : pour des besoins précis le véhicule électrique serait intéressant et son marché se situerait à une échelle industrielle convenable. C'est là une conclusion importante et encourageante.

Reste à déterminer si les différents facteurs nécessaires à l'utilisation des véhicules électriques pourront jouer dans ce sens. C'est là l'objet précisément de votre séminaire.

Pour atteindre ce but se trouvent ici rassemblés des représentants de tous les milieux qui ont un rôle à jouer dans cette utilisation, je devrais dire : dans cette novation. Assurément je veux voir là un gage du succès de vos travaux et surtout de l'autorité qui s'attachera à leurs conclusions.

S'agissant d'un objet aussi recherché que le véhicule électrique, depuis tant d'années, un peu quelquefois comme un mythe insaisissable, toujours promis et toujours repoussé, contre les pessimistes je songe à la phrase célèbre de FARADAY : "Si nous nous étions attaché à n'agir qu'en fonction des utilisations, on aurait sans doute de meilleures chandelles, mais certainement pas d'électricité".

Je crois aujourd'hui que vous allez apporter la preuve qu'un bond en avant peut découler d'une utilisation réaliste, mesurée, bien adaptée, progressive.

Dans cette voie je vous souhaite un plein succès et je déclare ouvert le séminaire qui, il faut le souligner, s'inscrit dans l'Année Européenne de l'Environnement.

Allocution de

M. Giampiero BRUSAGLINO

Centre de Recherches - Fiat - Torino

Président de l'action COST 302

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Merci Monsieur le Président. Avant toute chose, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers la Communauté Européenne et cela pour diverses raisons.

D'abord, parce qu'elle a su donner la première impulsion au projet COST 302 et parce qu'elle a participé directement à un projet centré sur les grands problèmes des véhicules électriques.

Deuxièmement, parce qu'elle a apporté son soutien à divers programmes de recherche et développement et de démonstration concernant les véhicules électriques et leurs composants, programmes dont il est inutile de souligner la contribution importante qu'ils ont apportée au développement et à la vérification de la technologie.

Troisièmement, parce qu'elle a apporté au programme COST 302 le soutien logistique indispensable à sa préparation et à son développement.

Et enfin, parce qu'elle a bien voulu organiser le présent séminaire et nous accorder, pour le faire, l'hospitalité.

Conformément aux objectifs que s'étaient fixés les 11 pays européens représentés sur cette diapositive, ainsi que la Communauté Européenne en signant la Déclaration Commune d'Intention, cette étude qui s'est étalée sur une période de cinq ans, vise à faire le point des différents aspects liés aux véhicules routiers électriques et à dresser un bilan "coûts/avantages" par rapport aux véhicules classiques. Les gouvernements et les gestionnaires concernés disposeraient ainsi des éléments d'appréciation nécessaires à l'évaluation de la pénétration potentielle des véhicules électriques, compte tenu de la technologie existante et, dans un deuxième temps, à la définition des actions au niveau national et européen en vue d'optimiser les avantages sociaux.

Grâce aux diverses contributions des pays participants, l'action COST 302 a permis de passer en revue les différents aspects énumérés sur cette diapositive : l'impact sur l'énergie et, en particulier sur les économies de pétrole, l'impact sur l'environnement notamment en ce qui concerne la pollution de l'air et le bruit, les aspects relatifs à l'exploitation, notamment les performances et l'évaluation de

la fiabilité de fonctionnement, les progrès techniques réalisés en ce qui concerne le système embarqué de conversion et de stockage de l'énergie ainsi que les chaînes de traction, les aspects industriels comprenant notamment la disponibilité de matières premières, les aspects relatifs à la normalisation et à la fiscalité des véhicules; enfin, le rapport présente ses conclusions et formule des recommandations.

L'évaluation a été faite compte tenu de l'état actuel de la technique, qui autorise la construction de divers types de véhicules électriques, convenant fonctionnellement à diverses applications. Nous avons également eu la chance de les voir fonctionner dans diverses circonstances, dont une très récente. Parallèlement, une étude a été menée au sujet des nouvelles approches technologiques se trouvant encore en phase de recherche et de développement, et cela tant dans le domaine de l'énergie et des systèmes de stockage que dans celui des systèmes de propulsion. Ces nouveaux systèmes sont prometteurs dans la mesure où ils assureront aux véhicules électriques des performances supérieures et un meilleur bilan économique.

Toutefois, l'évaluation s'est faite sur la base de la technologie existante de façon à suivre une approche plus prudente. L'étude a pris en considération les véhicules électriques appartenant à la catégorie des voitures particulières et des fourgonnettes d'une charge utile ne dépassant pas une tonne. De fait, les voitures particulières et les véhicules utilitaires sont considérés comme étant les catégories de véhicules routiers se prêtant le mieux à une diffusion généralisée dans les zones urbaines et suburbaines, aux côtés des moyens de transport collectifs. Une approche rationnelle du problème de la mobilité des personnes et des marchandises, c'est-à-dire une approche qui vise à optimiser la qualité de la vie et l'utilisation des ressources énergétiques, doit être basée sur un système de transport intégré dans lequel les moyens de transport publics et privés, électriques et classiques, ont un rôle spécifique à jouer en fonction des circonstances particulières prévalant dans telle ou telle situation. C'est ce qui explique l'intérêt manifesté pour les véhicules électriques dans les zones urbaines, là précisément où les problèmes d'environnement se posent avec le plus d'acuité, notamment pour la santé de l'homme.

En ce qui concerne la catégorie des véhicules de transport collectif, permettez-moi de mentionner l'étude menée au niveau européen dans le cadre d'une autre action COST, l'action COST 303, consacrée à l'évaluation technique et économique des trolleybus bi-mode. Ce type de véhicule, qui fonctionne soit en captage (lignes aériennes) soit en mode autonome (batterie ou moteur diesel), présente des avantages sur le plan de l'environnement et de l'énergie. Il se distingue également par sa souplesse d'exploitation, qui justifie son introduction dans le système intégré des

transports collectifs des zones urbaines et suburbaines. La composition du parc de véhicules, classiques et électriques, comprenant notamment les véhicules hybrides et bi-modes, devrait dépendre de la place occupée par le véhicule électrique dans la collectivité en termes de qualité de la vie et de conservation des ressources énergétiques, et également de facteurs économiques.

Cette étude, conduite dans le cadre de l'action COST 302, offre la possibilité et réunit la méthodologie suffisante pour procéder à ce bilan comparatif.

Une bonne organisation est essentielle pour garantir le succès d'un projet mais c'est l'homme qui en définitive reste l'acteur principal. L'un des points positifs qu'il faut retenir de cette action COST 302 est qu'elle a permis à une équipe internationale de spécialistes dans différents domaines des véhicules électriques de se réunir et de travailler amicalement et efficacement.

Je pense qu'il serait hautement souhaitable que cette équipe puisse continuer à collaborer d'une façon ou d'une autre, par exemple, dans le cadre d'un suivi de l'action COST 302. Je tiens à remercier tous les membres du comité de gestion, et en particulier les présidents des groupes de travail qui ont fourni les bases de l'étude. J'aimerais également remercier les membres de l'AVERE qui ont participé aux travaux en qualité de conseillers techniques et qui ont mis à notre disposition une synthèse technique. Enfin, permettez-moi également de remercier anticipativement tous les participants au séminaire qui, j'en suis persuadé, contribueront activement à la discussion qui sera menée sur les différents thèmes.

Plus qu'une simple présentation des résultats de l'étude qui vient d'être effectuée, ce séminaire se veut un carrefour d'opinions pour toutes les personnes concernées ou intéressées par les véhicules électriques et tout ce qui gravite autour.

Sans plus attendre, je cède la parole aux orateurs de ce séminaire, et vous souhaite une réunion efficace et profitable. Merci.

SESSION 1

ASPECTS TECHNIQUES

Président : Dr Adolf KALBERLAH - Volkswagen AG (D)
Rapporteur : Prof. Johs JENSEN - Ole Stig Nissen (DK)

Introduction par M. le Prof. JENSEN et M. O.S. NISSEN -
Résumé de la session par M. le Prof. MAGGETTO

ASPECTS TECHNIQUES

La mise au point de nouveaux systèmes embarqués de conversion et de stockage de l'énergie permet d'utiliser de l'énergie non pétrolière dans les transports. L'électricité est le principal de ces autres vecteurs d'énergie : elle est utilisable pour propulser des véhicules à accumulateurs ou pour produire de l'hydrogène destiné à alimenter des piles à combustible. Le gaz naturel et le biogaz en sont d'autres qui peuvent servir à produire des carburants liquides, tels que le méthanol et l'éthanol, destinés à alimenter des moteurs à combustion interne et des piles à combustion sophistiquées.

Les accumulateurs sont des sources d'énergie qui ne conviennent que pour les transports urbains tandis que les systèmes qui font appel à des combustibles, avec à terme conversion de l'énergie au moyen d'une pile à combustible embarquée, ouvrent la voie aux transports lourds à longue distance.

L'analyse des sources d'énergie des VE montre que les accumulateurs offrent des perspectives non seulement immédiates, mais également à court et à long terme.

L'accumulateur plomb/acide est à l'heure actuelle le seul qui soit disponible sur le marché. Les accumulateurs nickel/fer et zinc/brome devraient quant à eux être disponibles à court terme, c'est à dire d'ici trois à cinq ans, parce qu'ils existent déjà sous forme de prototype et sont actuellement testés sur des véhicules électriques. Les accumulateurs sodium/soufre et nickel/zinc sont les formules envisageables à moyen terme, c'est à dire d'ici quatre à six ans. A long terme, les piles à combustible à température ambiante ou moyenne et les accumulateurs entièrement solides, par exemple les accumulateurs entièrement solides au lithium, devraient devenir les meilleurs sources d'énergie pour VE.

D'autres sources d'énergie électrochimiques telles que les accumulateurs nickel/cadmium, métal/air et zinc/chlore n'ont pas été étudiées parce que leur prix reste prohibitif ou qu'elles ne sont pas produites en Europe.

Accumulateur plomb/acide

L'accumulateur tubulaire plomb/acide est le seul accumulateur de traction actuellement disponible sur le marché européen. D'énergie massique relative-

ment faible, il se caractérise en outre par le fait que l'augmentation de la puissance appelée fait diminuer très rapidement l'énergie stockée (les grandes vitesses et les côtes réduisent considérablement l'autonomie). A cela s'ajoute qu'il est difficile de contrôler son état de charge, que l'accumulateur est sensible à la profondeur de la décharge et qu'il peut facilement verser (il reste alors possible de faire avancer le VE, mais l'accumulateur est irrémédiablement endommagé). Il faut aussi rappeler qu'il faut à ces accumulateurs des régimes de charge sophistiqués, un entretien minutieux et des systèmes coûteux d'approvisionnement en eau.

Accumulateur nickel/fer

Ce type d'accumulateur, conçu et produit en petites quantités par SAFT en France et SAB NIFE en Suède, est considéré comme une option à moyen terme. Les accumulateurs nickel/fer, utilisés depuis le début du siècle, sont appréciés pour leur durée de vie, leur robustesse et leur résistance à la décharge profonde. Leur puissance massique et leur rendement énergétique sont en revanche faibles.

Diverses innovations, notamment l'utilisation d'électrodes en oxyde de nickel fritté, d'électrodes en fer fritté ou plastifiées et de séparateurs spéciaux, ont permis de remédier à ces désavantages et de créer un accumulateur techniquement utilisable sur des VE. Le dernier handicap à surmonter est celui du prix des électrodes d'oxyde de nickel. Des études ont été entreprises en vue de diminuer le coût du composant. La longévité de l'accumulateur permet d'arriver à un coût par cycle acceptable.

Accumulateur zinc/brome

L'accumulateur zinc/brome d'Exxon étudié par SEA en Autriche semble être un candidat possible à la commercialisation à court terme. Cet accumulateur, qui présente des traits communs avec la pile à combustible, a pour principal avantage d'autoriser une décharge complète, une maîtrise facile des températures grâce à la circulation de l'électrolyte et une mesure très précise ($\pm 2\%$) de l'état de charge. Le recours massif aux matières plastiques offre des possibilités de production à bon marché en grande série. Les expériences effectuées en laboratoire et sur le terrain, avec un accumulateur de 16 kWh sur une VW Golf électrique, ont été couronnées de succès.

Accumulateur sodium/soufre

L'accumulateur sodium/soufre est étudié en Europe par les sociétés CGE en France, BBC en Allemagne et Chloride Silent Power au Royaume-Uni.

Les principaux avantages présentés par ce couple électrochimique résident dans l'utilisation de matières premières qui permettent d'envisager la production d'un accumulateur peu coûteux et dans son rendement élevé imputable à l'absence de réactions secondaires parasitiques entraînant une décharge spontanée. Toutefois, les températures de fonctionnement élevées (310-330°C) et divers problèmes, dont le craquage de l'alumine utilisé comme électrolyte, l'étanchéité et le cyclage (usure) thermique, ont retardé la commercialisation des accumulateurs sodium/soufre.

Diverses innovations récentes, notamment le système britannique à minitubes, et améliorations des méthodes de fabrication, celle notamment de l'alumine, en France, permettent désormais d'envisager une commercialisation de ces accumulateurs d'ici les cinq à six prochaines années.

Accumulateur nickel/zinc

L'accumulateur nickel/zinc récemment mis au point par SEREGIE en France offre également de bonnes perspectives de commercialisation à moyen terme. La grande rapidité de la dissolution et de la redéposition du zinc laisse envisager des puissances massives élevées. Les accumulateurs nickel/zinc classiques présentent de sérieux problèmes de formation de dendrites de zinc qui provoquent des déformations, des court-circuits internes et des défaillances de certains éléments. Le nouvel accumulateur nickel/zinc français surmonte ces problèmes en faisant circuler l'électrolyte et en remplaçant le zinc métallique par du zinc oxydé.

Accumulateur entièrement solide au lithium

Ces accumulateurs sont les derniers à avoir été examinés. Harwell en Grande-Bretagne et ERL au Danemark étudient actuellement, avec des partenaires industriels, un accumulateur de ce type dans le cadre d'un projet anglo/franco/danois subventionné par la CEE.

Par ailleurs, les laboratoires d'énergétique de Grenoble, la Société nationale Elf Aquitaine et l'Institut de Recherche d'Hydro-Québec étudient également ensemble un accumulateur solide au lithium.

Le nouvel accumulateur entièrement solide au lithium fait appel aux polymères pour l'électrolyte, à une cathode feuilletée avec lithium interstitiel et est conçu comme une pile à film mince de 0,1 mm d'épaisseur au maximum. Cela permet de construire des batteries de traction bipolaire de tension élevée. Leurs performances n'ont été étudiées jusqu'ici qu'en laboratoire.

Piles à combustible et volants

La combinaison d'une pile à combustible fournissant le courant de base avec un volant électromécanique fournissant le courant de pointe est particulièrement bien indiquée pour les VE sur lesquels les variations de charges sont énormes.

Les trois types de pile étudiés sont la pile alcaline, la pile directe méthanol-air et la pile indirecte méthanol-air. Comme la pile alcaline doit être approvisionnée en hydrogène pur, sa généralisation dans les transports est conditionnée par l'existence de postes d'approvisionnement en hydrogène pur produisant cet hydrogène par électrolyse. Elle pourrait être commercialisée d'ici quelques années.

Le nouveau programme communautaire de recherche et de développement prévoit la mise au point d'une pile indirecte méthanol-air.

Une autre pile est la pile hydrogène-air qui n'a pas besoin d'hydrogène pur comme combustible. Les problèmes de stockage de l'énergie sont les mêmes que pour la pile alcaline. Une version modifiée transforme du méthanol dans un "reformer" qui fait partie intégrante de la pile. La mise au point d'une pile directe méthanol/air utilisable sur des véhicules routiers électriques a été étudiée par Shell (Royaume-Uni) au cours des années 1970 et au début des années 1980. Les piles directes et indirectes méthanol-air présentent en principe l'avantage de consommer du combustible liquide à haute énergie massique et haute densité énergétique.

Le volant électromécanique, boîte noire avec bornes électriques de stockage de courant de pointe, est un système qui a été étudié dans plusieurs pays européens. La formule qui semble avoir la préférence est celle de l'unité scellée avec machine homopolaire tournante. Le volant, utilisé comme unité tampon, présente l'avantage de supporter un nombre très élevé de cycles. L'utilisation de la technique du volant, avec rotors réalisés en alliages d'acier conventionnels, ne peut toutefois s'envisager que dans le cas où le volume d'énergie peut rester faible.

Conclusion

Les performances des accumulateurs de traction actuellement mis au point en Europe donnent à penser qu'ils pourraient satisfaire d'ici trois à six ans les besoins d'énergie et de puissance de véhicules électriques utilisés à grande échelle en milieu urbain. L'électrification des transports routiers à longue distance postule cependant le recours aux systèmes à combustibles (liquides) et, à terme, la commercialisation de piles à combustible appropriées. Dans l'intervalle, on pourrait voir circuler des véhicules hybrides avec un groupe thermique électrogène qui pourraient également conserver à long terme des possibilités d'utilisation plus spécialisées.

Pour ce qui est du court terme, les accumulateurs plomb/acide améliorés ainsi que les accumulateurs nickel/fer et zinc/brome présentent des performances satisfaisantes. Les améliorations récentes apportées à la production de l'alumine- β et à la conception des cellules font des accumulateurs sodium/soufre des sources d'énergie prometteuses à moyen terme. Le nouvel accumulateur nickel/zinc avec circulation d'électrolyte pourrait également être amélioré au point de devenir intéressant comme accumulateur de traction. Les accumulateurs entièrement solides et les piles à combustible, ces dernières combinées avec un dispositif de stockage de l'énergie de pointe, devraient à l'avenir trouver leur place parmi les meilleures sources embarquées d'énergie pour les VE.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue que ces accumulateurs améliorés ne sont actuellement produits qu'en petites séries et qu'il n'y a pas d'usines capables de les produire, surtout pas les accumulateurs entièrement solides qui ne se trouvent actuellement qu'en laboratoire. Leur commercialisation à grande échelle ne peut donc être envisagée d'ici les quatre prochaines années. Il convient en outre de préciser que le consommateur ne les acceptera que si le rapport prix/performance soutient la comparaison avec celui des accumulateurs plomb/acide.

Longévité et fiabilité ne vont pas nécessairement de pair avec des coûts peu élevés sur la durée de vie utile si les investissements sont trop importants. Les recherches devraient donc aller dans le sens tant de la réduction des coûts que de l'amélioration des performances.

Chaînes de traction

La technologie actuelle des chaînes de traction des VE à accumulateurs se fonde sur le moteur à courant continu (et à excitation indépendante dans la plupart des cas) contrôlé électroniquement par des hâcheurs. Ce type de moteur donne, s'il est bien conçu et construit, des performances satisfaisantes, une accélération régulière et des possibilités de récupération de l'énergie de freinage.

Les chercheurs s'appliquent aujourd'hui à améliorer les paramètres ci-après :

- poids et dimension;
- souplesse de conception et d'utilisation;
- efficacité;
- coût.

Les systèmes qui semblent pouvoir agir sur les quatre paramètres précités sont ceux qui se basent sur les moteurs sans collecteur avec électronique de conditionnement de puissance combinant les fonctions de commutation cyclique des enroulements rotoriques et de contrôle des performances mécaniques.

Sur la base de l'expérience acquise par les constructeurs et les chercheurs qui s'intéressent à la traction électrique, les possibilités des moteurs à courant continu ont donc été comparées avec celles des moteurs

- asynchrones (à induction);
- synchrones à excitation électrique;
- synchrones excités par des aimants permanents (Sm-Co ou Nd-Fe-B).

Il semble indiqué, en ce moment où les véhicules électriques font appel à la technique des moteurs à courant continu, de poursuivre l'étude des machines sans collecteur eu égard aux avantages techniques qu'elles semblent devoir présenter. Si le moteur à courant continu semble être à l'heure actuelle la formule la moins coûteuse, le développement de l'électronique devrait améliorer la compétitivité des machines sans collecteur qui pourraient ainsi devenir la technologie la meilleure pour les VE du futur.

RESUME DE LA SESSION

Le Dr. A. Kalberlah ouvre la discussion par un commentaire relatif à la batterie au plomb.

La batterie au plomb est depuis longtemps l'unique système disponible et le rapport COST aurait dû mettre en évidence les faiblesses de cette solution pour les véhicules électriques. Une des lacunes bien connue est le faible contenu énergétique. Beaucoup de caractéristiques de l'utilisation des batteries au plomb sont connues à la suite de l'expérience pratique importante acquise dans pratiquement tous les pays.

Il faut espérer que, lorsque les solutions annoncées à court terme, à moyen terme ou à long terme seront disponibles, nous ne rencontrerons pas autant de problèmes à résoudre que lors de la mise en oeuvre des batteries au plomb. On est resté loin des 1.500 cycles souhaitables car, dans la pratique, on a seulement atteint 300 ou 400 cycles.

L'addition d'eau distillée nécessaire régulièrement se fait très aisément pour les engins de manutention à batteries car ils sont rechargés à des stations fixes et chauffées. La conduite de remplissage d'eau ne peut donc pas geler comme c'est le cas pour les véhicules électriques stationnant à l'extérieur.

La mise en oeuvre de véhicules électriques nous a fait découvrir beaucoup de problèmes nouveaux. Il faut espérer qu'avec les autres batteries beaucoup moins de problèmes seront rencontrés.

Y a-t-il en Europe une certaine expérience avec les batteries au plomb à électrolyte gel ? La GES a une certaine expérience et aux Etats-Unis on a rapidement reconnu que la nécessité du remplissage d'eau exigé par les batteries au plomb à électrolyte liquide conduit à des oublis et donc à une dégradation des batteries par une diminution de la surveillance nécessaire. Que peut-on dire des batteries à électrolyte-gel ?

M. J. Bradbury (Lucas Chloride) marque un certain désaccord par rapport à l'idée qu'il n'est pas possible de construire un véhicule électrique capable de s'inscrire dans le trafic normal lorsqu'il est équipé de batteries au plomb. La question principale qui se pose concerne le problème de la pénétration du marché et de l'économie générale du véhicule qui, dans le cas des batteries au plomb, prête à discussion mais n'empêche pas la réalisation d'un véhicule valable. Il serait regrettable qu'une telle impression soit créée car en Angleterre une expérience a été acquise sur 9 à 10 millions de kilomètres avec des véhicules à batteries au plomb, s'insérant correctement dans la circulation normale. D'autres expériences ont été largement développées en France, République Fédérale

d'Allemagne et en Italie, ce qui permet d'affirmer qu'il existe une bonne acquisition de connaissances dans cette technologie.

Le Prof. Jensen précise que la discussion qui a eu lieu dans le groupe de travail "batteries" concernant l'insertion des véhicules électriques dans la circulation se rapportait plus particulièrement au cas des villes pourvues à leur périphérie d'autoroutes suburbaines à grande vitesse ; dans ce cas, même la batterie sodium-soufre ne permettrait pas d'entrer en compétition au problème de compatibilité au trafic. Par contre, il n'y a pas de problème de compatibilité au trafic en circulation urbaine proprement dite.

Pour la batterie à électrolyte-gel, trois interventions tentent d'esquisser les connaissances actuelles dans ce domaine.

Un premier problème pourrait être la puissance et l'énergie spécifiques qui sont moins élevées que dans les batteries au plomb.

Selon M. Schütz (Kürlichen), il existe au sujet des batteries à électrolyte-gel une expérience positive dans le domaine des batteries stationnaires. Le problème à résoudre est de produire des batteries capables de supporter les cycles de charge-décharge. Il existe de réelles possibilités de développements dans cette direction qui pourraient être réalisés dans un an ou deux. Les constructeurs de batteries se montrent réticents en ce qui concerne la publication des données. Ceci est une attitude erronée. Il existe des limites liées à la technologie des batteries mais il est aussi certain qu'il est possible de développer une technologie vendable, ce qu'il faut considérer comme un élément très positif.

M. Zander (RWE), confirme qu'en République Fédérale d'Allemagne, 70 City Stromer, équipés principalement de batteries au plomb à électrolyte liquide, circulent. Certains véhicules sont équipés de batterie à électrolyte-gel. L'expérience acquise est encore de durée trop courte, mais la capacité énergétique de ces batteries à bord des véhicules électriques est comparable à celle des batteries à électrolyte liquide. A cela s'ajoute l'avantage de la disparition de toute une série d'équipements périphériques. On peut donc s'attendre à pouvoir développer un véhicule urbain sûr, à haute disponibilité et dont la durée de vie des batteries soit acceptable.

Le Prof. G. Maggetto intervient en expliquant comment l'épreuve pour véhicules électriques, organisée à Bruxelles à l'occasion du séminaire COST 302 et intitulée "Douze Heures Electriques de Bruxelles", démontre brillamment la capacité des véhicules électriques à s'intégrer dans la circulation urbaine normale.

La batterie Ni-Fe est-elle actuellement disponible sur le marché ?

M. J. P. Cornu, (Saft, France) répond.

Les batteries alcalines et en particulier la batterie nickel-fer sont disponibles aujourd'hui, à petite échelle, même si la batterie nickel-fer n'est fabriquée qu'à un stade encore relativement artisanal.

Les investissements de fabrication sont très lourds. Des informations précises sur le marché, sous forme de certitudes ou d'estimations solides, devront être disponibles avant d'investir. Les fabricants d'accumulateurs alcalins sont prêts à investir car, pour eux, l'enjeu véhicule électrique est considérable. SAFT est capable de fabriquer aujourd'hui une à deux batteries, pour un véhicule moyen, par jour.

Pour les batteries alcalines subsiste le problème du coût lié au coût des matières premières beaucoup plus élevé que celui du plomb et des matières premières d'autres couples.

Le surcoût dû à la batterie ne doit pas être insurmontable et doit rester acceptable par rapport à l'ensemble du véhicule, même si l'on considère qu'une partie du coût de l'énergie est inclus dans le coût de la batterie.

Pour les batteries alcalines et la batterie nickel-fer en particulier, l'effort à faire dans les deux ou trois prochaines années est un effort d'industrialisation et c'est ce que SAFT compte faire.

Les prix donnés par le Prof. Jensen sont normaux à condition d'envisager des fabrications de très grandes séries pour lesquelles le coût de main-d'oeuvre resterait de l'ordre de 10 à 15.% seulement du coût matière.

Pour la batterie zinc-brome, le Prof. Fabian (Technische Univ. Wien) annonce que la firme autrichienne SEA commencera la production d'une série "zéro" dans la seconde moitié de 1988 qui correspondra à 6.000 à 8.000 kWh de batterie. Ce programme comprendra des batteries de 5 à 20 kWh pour des tensions situées entre 24 et 96 V. Le niveau de tension 24 V correspond à une possibilité d'application en accumulation statique d'énergie.

Des tensions supérieures à 96 V sont accessibles jusqu'à 140 V.

Pour des tensions plus élevées, il est plus logique de connecter deux batteries en série.

L'énergie spécifique réalisable actuellement en régime de décharge de trois heures est de 70 à 72 Wh par kg avec un rendement énergétique de 70 %.

Il existe des raisons fondées pour atteindre à la fin de 1988 une énergie spécifique et un rendement énergétique se situant respectivement entre 75 et 80 Wh et 70 à 80 %.

Un premier résultat d'une étude de coût en cours indique qu'il sera possible d'arriver au niveau de coût de la batterie au plomb par un investissement suffisant, ce qui permet de croire qu'il sera possible de faire offre valablement.

Le problème général commun à tous les constructeurs de batteries est qu'il est difficile de faire une prévision de durée de vie sur un produit dont l'âge ne dépasse pas un ou deux ans. Des produits plus anciens existent, mais les progrès foudroyants réalisés ont conduit à un produit différent des précédents.

Il faut aussi attirer l'attention sur le fait que la batterie zinc-brome est construite sous forme modulaire et qu'il est possible de faire l'échange du bloc de cellules séparément de sorte que, par cet échange, la capacité totale de la batterie est recouverte.

Le souci le plus grand consiste à réduire au maximum le coût des blocs de cellules par l'automatisation poussée de la fabrication de ces blocs.

L'expérience d'utilisation de la batterie zinc-brome est réalisée actuellement sur un véhicule expérimental léger, à carrosserie en matière synthétique, équipé d'une batterie de 5 kWh et 48 V. Quatre mille (4.000) kilomètres ont été parcourus pendant lesquels les performances de la batterie n'ont pas varié. Cette batterie a été testée séparément avant son utilisation à bord du véhicule pendant une période de charges-décharges équivalant à 4.000 kilomètres. Ceci permet donc d'affirmer que la batterie a en ce moment atteint une durée de vie correspondant à 8.000 km.

Le véhicule utilisé étant ouvert n'est pas idéal pour accumuler les kilomètres.

Le véhicule expérimental de type City Stromer équipé d'une source à 96 V n'a, avec une autonomie de 100 km, parcouru que 200 à 300 km; des problèmes sont apparus et doivent être résolus.

La discussion sur la batterie sodium-soufre commence par la présentation de la batterie BBC dont l'enveloppe extérieure est de forme très différente de celle de la batterie Chloride Silent Power bien que le procédé électrochimique soit le même dans les deux cas.

Trois questions sont posées relatives au développement effectué chez Chloride Silent Power :

- La différence principale entre la batterie BBC et la batterie Chloride réside dans la mise en oeuvre de très petits tubes en céramique. Il en résulte que la durée de vie de la batterie est essentiellement déterminée individuellement par chaque tube. Augmente-t-on la durée de vie de façon déterminante en utilisant ces petits tubes ?
- Une deuxième question est relative à la technologie de production des tubes en céramique et consiste à savoir si une technologie de production différente est utilisée, qui rend la production moins coûteuse.
- La troisième question est relative à la densité énergétique réelle des batteries utilisées à bord des véhicules.

Les réponses à ces questions suivent ci-dessous :

Sur le site expérimental, un petit nombre de cellules a effectué 5.000 cycles sur une période de quatre ans. Un certain degré de certitude a été atteint quant à la longue durée de vie possible non seulement en nombre de cycles mais aussi en maintien de bonnes caractéristiques pendant un certain nombre d'années.

Les tubes et les cellules de dimension plus réduite expérimentés en laboratoire ont atteint environ 1.300 cycles ce qui signifie que l'on n'a pas atteint avec ces petites cellules la même durée de vie qu'avec les cellules plus grandes mais on peut penser que ceci est un problème de développement et non un problème quelconque de modification fondamentale.

Le prix des tubes est important et pour le moment ceci est dû au coût très élevé de fabrication. Le coût de la matière des tubes est très faible. Ce sont donc les coûts de manutention qui retiennent toute l'attention.

La densité énergétique de la batterie testée à bord d'un véhicule est de 85 Wh/kg. En laboratoire cette densité est de 100 à 120 Wh/kg mais aucun effort particulier n'a été développé pour réaliser une batterie de poids réduit.

Ce qui est particulièrement intéressant, est la manière dont les cellules agissent les unes sur les autres et la manière dont la batterie réagit sous le contrôle du système électronique du véhicule. Il résulte de ces considérations que beaucoup de composants de la batterie elle-même, et non les composants des cellules, sont très lourds et certainement beaucoup plus lourds que prévu. La batterie elle-même pèse environ 850 kg.

Les cellules individuelles pèsent par contre environ 120 gr et ces cellules ont une capacité de 10 Wh sous environ 2 V.

Il est très important, lorsque l'on discute de batteries à technologie avancée, de préciser si l'on parle des cellules de base ou de la batterie complète avec ses accessoires, surtout lorsqu'il s'agit du coût et de l'énergie spécifique. Dans son intervention, M. Mangan (Lucas Chloride) se réfère à la batterie complète.

Il n'y a pas de batteries nickel-zinc qui soient actuellement en état de commercialisation. Des batteries complètes sont testées en laboratoire avant de passer au stade de prototype sur véhicule. La situation actuelle se présente de manière satisfaisante, mais il reste encore à faire un certain nombre de démonstrations et la prudence s'impose.

La dernière batterie faisant l'objet des discussions est la batterie au lithium. Cette batterie utilise un électrolyte solide. Une de ses caractéristiques intéressantes se retrouve dans la relation directe entre sa tension et la charge résiduelle disponible dans la batterie. En conséquence, la tension de la batterie varie beaucoup pendant la décharge.

Le gros problème à résoudre actuellement est la perte de capacité après un petit nombre de cycles. Cette batterie se trouve encore dans une phase de recherche.

Le Prof. Jensen confirme un des aspects les plus importants des sources d'énergie. Il est impératif pour une application dans le secteur automobile d'arriver à réduire les coûts de production et ceci est particulièrement valable pour les piles à combustible. Dans ce dernier cas, les problèmes de durée de vie des électrodes sont particulièrement importants et font l'objet d'études dans le cadre des projets subventionnés par la Communauté Européenne.

Le Dr. A. Kalberlah commente la partie du rapport relative à la traction électrique.

Il considère que le Prof. Jeanneret (Ecole d'ingénieurs, BIENNE, Suisse) développe un point de vue optimiste quant à la traction alternative. Celle-ci pourrait en effet déjà devenir plus intéressante que la traction à courant continu, à partir d'une production de 100 unités par an.

Il n'est pas tout à fait vrai que le moteur à courant continu ne pose plus de problèmes depuis longtemps.

La véritable voie à suivre, que ce soit pour les moteurs électriques ou pour les batteries, est le développement de solutions n'exigeant pas de maintenance.

SESSION 2

ENERGIE

**Président : Michael DAVIS, directeur à la Direction Générale de
l'Energie (Commission des Communautés Européennes)**
Rapporteur : Arne JOHANSSON - 3 K Engineering AB (S)

Introduction par M. Michaël DAVIS
Résumé de la session par M. le Prof. MAGGETTO

"ENERGIE"

La présente introduction au volet "énergie" du séminaire résume les conclusions auxquelles le projet a permis d'aboutir et précise les démarches qui ont été suivies.

Les deux grandes questions abordées dans la présente étude et présentées dans le rapport final sont les économies de pétrole et l'alimentation en électricité.

L'introduction massive de véhicules électriques, c'est un fait, réduirait la demande d'hydrocarbures mais risquerait également de solliciter lourdement le réseau électrique. Toutefois, le problème le plus important au niveau du réseau électrique devrait être celui du nivellement de la charge.

ECONOMIES DE PETROLE

Les véhicules électriques ne consomment pas directement des hydrocarbures, exception faite d'une quantité infime pour chauffer l'habitable. En outre, une partie de l'électricité servant à charger les batteries de traction sera produite à partir d'hydrocarbures, ce qui diminue d'autant l'économie nette d'hydrocarbures réalisée grâce aux véhicules électriques. La présente étude tente, dans la mesure du possible, d'évaluer quantitativement l'économie nette d'hydrocarbures compte tenu des possibilités d'introduction des véhicules électriques et de la technologie actuelle.

Pour procéder à une telle évaluation, il faut disposer d'un certain nombre d'informations et travailler avec un certain nombre d'hypothèses de base. La consommation énergétique d'un véhicule routier dépend non seulement de sa dimension et de l'usage qui en est fait, mais également de sa conception, de l'état de la route, du climat et de l'adresse du conducteur. Par ailleurs, la quantité de pétrole consommée pour produire l'électricité destinée aux véhicules électriques dépend de la période de production de l'électricité (jour ou nuit, été ou hiver), du pourcentage de centrales nucléaires, thermiques classiques (charbon, pétrole, gaz), hydro-électriques et autres qui alimentent les réseaux ainsi que de la conception des raffineries. Certains de ces facteurs, en particulier la conception du véhicule et la composition du parc des centrales, dépendent à leur tour du coût des carburants, des

combustibles et d'autres matériaux. Toutes ces variables ne peuvent être incorporées que dans un modèle simplifié.

La méthode de traitement des informations a été mise au point, dans les premiers stades du projet, avec la collaboration de l'AVERE.

DONNEES FONDAMENTALES RELATIVES AUX VEHICULES

Les données fondamentales relatives aux véhicules électriques, recueillies à partir des nombreuses expérimentations effectuées dans divers pays jusqu'au début des années 80, ont été traitées et présentées par l'AVERE sous forme de paramètres-types correspondant aux différents types de véhicules étudiés. Le poids du véhicule et de la batterie ainsi que la consommation de CC (de la batterie) et de CA (du réseau) sont quelques-uns des paramètres importants qui nous permettent d'évaluer le potentiel d'utilisation du véhicule électrique (la densité énergétique de la batterie et la demande d'électricité en provenance du réseau étant fixées).

Afin de tenir compte de l'évolution probable de 1985 à 1990, on a également supposé que des perfectionnements seraient apportés à la chaîne de traction, à la batterie et aux chargeurs.

A défaut de données plus précises, la consommation moyenne des véhicules conventionnels en cycle urbain est basée sur les données générales de la consommation pour l'année 1982. L'amélioration des rendements a fait l'objet d'estimations pour 1985 et 1990.

Compte tenu de l'utilisation probable qui sera faite des véhicules électriques, les consommations quotidiennes et les distances annuelles peuvent être établies pour chaque type de véhicule. Toutes les données nécessaires à l'estimation de la consommation énergétique du véhicule (électrique et traditionnel) sont ensuite recueillies.

DIVERGENCE DES DONNEES NATIONALES

Certaines données nécessaires pour établir le bilan énergétique varient - forcément - d'un pays à l'autre. C'est notamment le cas des données relatives au rendement des centrales au fuel, qui varient non seulement d'un pays à l'autre, mais également dans un seul et même pays (alors que nous demandons une valeur moyenne par pays). Les calculs tiennent également compte

de la variation de la part du fuel dans la production d'électricité, selon la période considérée (été-hiver, jour-nuit). Il a également fallu évaluer la durée de la période hivernale et admettre comme hypothèse la stricte égalité entre la période de chauffage des véhicules électriques et celle de production hivernale d'électricité à partir de fuel.

Des bilans énergétiques primaires ont été préparés pour les trois types de véhicules étudiés et pour les trois années couvertes par l'étude, et ce pour chaque pays ayant fourni suffisamment d'informations. En ce qui concerne la densité énergétique des batteries, quatre valeurs annuelles ont été retenues.

Le modèle de base retenu pour le calcul de la consommation de fuel lourd destiné à produire la part d'électricité nécessaire à l'alimentation des véhicules électriques repose sur l'hypothèse que cette part doit correspondre à la part de la puissance électrique nationale produite à partir de fuel, telle qu'elle ressort des statistiques nationales. Ce principe a été accepté par les pays contribuant à l'enquête, à l'exception de la Suède qui estime impossible d'accroître sa production d'énergie électrique à partir du parc existant. On a donc retenu pour ce pays la structure de production marginale qui serait engagée pour la production d'électricité supplémentaire requise, été comme hiver, de jour comme de nuit.

En 1984, les proportions d'électricité produites à partir d'hydrocarbures (surtout des résidus) dans les pays d'Europe occidentale étaient les suivantes :

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| Portugal 46 % | Tous les autres pays : moins de |
| Italie 41 % | 10 % à l'exception de la Grande-Bre- |
| Grèce 28 % | tagne, où ce pourcentage a été anor- |
| Irlande 19 % | malement élevé en 1984 à la suite de |
| | la grève des mineurs, alors qu'il est |
| | retombé à moins de 10 % aujourd'hui). |

Dans la plupart des pays, ces proportions diminuent et devraient encore diminuer à l'avenir. Toutefois, la Suède sera largement tributaire du pétrole pour tout accroissement de sa consommation d'électricité.

Les bilans énergétiques établis par l'AVERE ont servi de base à l'estimation

de la demande d'électricité et de l'économie de pétrole réalisable par les 6 millions de voitures électriques et le million de fourgonnettes électriques. Les données relatives à l'année 1985, dans lesquelles l'énergie massique des batteries de traction est égale à 44 Wh/kg. ont été considérées comme étant les plus représentatives. Pour les 7 pays ayant fourni des informations, les consommations et les économies d'énergie réalisées dans l'hypothèse d'un parc électrique représentant 7 % de l'ensemble des voitures particulières et 12 % de l'ensemble des fourgonnettes ont été calculées sur la base de ces informations détaillées et pour un parc légèrement inférieur à 7 millions de véhicules électriques. Si l'on tient compte des 4 pays restants (ce qui nous amène aux 11 pays retenus pour l'enquête), le scénario des 7 - 12 % débouche sur un nombre de voitures électriques légèrement supérieur à 6 millions et à un nombre de fourgonnettes électriques légèrement supérieur à un million.

CONSOMMATION ET ECONOMIE TOTALE

Le modèle utilisé révèle que ces voitures et fourgonnettes consommeraient environ 30 TWh d'électricité, ce qui représenterait approximativement une économie de 5,4 millions de tonnes d'essence et de gas-oil par an, soit 3,5 % de la consommation totale du secteur des transports d'Europe occidentale. Certains pays considèrent comme un avantage le fait que les véhicules électriques réduisent la consommation de produits légers. En effet, la demande sur ces produits étant plus forte, cette réduction permet de mieux équilibrer les débouchés des raffineries.

Afin de pouvoir évaluer les répercussions sur la demande globale de pétrole brut, les différents types de produits pétroliers sont reconvertis d'une façon simplifiée en pétrole brut, sur la base de leur contenu énergétique. Les facteurs de conversion suivants ont été utilisés :

| | | |
|----------------|------|------------|
| - fuel lourd | 1 t | = 0,041 TJ |
| - essence | 1 ML | = 31,71 TJ |
| - gas-oil | 1 ML | = 35,87 TJ |
| - pétrole brut | 1 TJ | = 23.462 t |

En outre, l'efficacité des raffineries est supposé être de 95 %.

Compte tenu des résidus de pétrole utilisés pour produire l'électricité et

des pertes enregistrées dans les raffineries pétrolières et en supposant qu'il y ait flexibilité complète des processus de raffinage, l'économie nette de pétrole serait d'environ 5 millions de tonnes par an, ce qui représente environ 1 % de la consommation totale des 11 pays considérés dans l'enquête. En contrepartie, d'autres énergies primaires seraient consommées pour produire les 30 TWh d'électricité.

Dans les 7 pays participants, l'économie annuelle de pétrole réalisée par véhicule se situe aux alentours de 775 kg. Les chiffres pour la Suède et l'Italie sont inférieurs pour les raisons évoquées précédemment.

ALIMENTATION EN ELECTRICITE

La plupart des parcours des 7 millions de véhicules envisagés s'effectueraient le jour et pourraient se faire sur une seule charge des batteries de traction actuellement disponibles. Les batteries pourraient donc être rechargées la nuit, pendant plusieurs heures, au domicile de l'utilisateur et en utilisant sa propre installation électrique. La recharge complète des batteries prendra plusieurs heures étant donné que la tension normalement disponible est de 220-240 volts et l'ampérage de 10 ou 16 ampères. En outre, indépendamment de la tension d'alimentation, il faut beaucoup de temps pour compléter le processus de recharge jusqu'au stade du dégagement gazeux et permettre l'égalisation des éléments de la batterie.

Le biberonnage resterait nécessaire pour certains parcours. Avec un chargeur ordinaire embarqué à bord du véhicule, une prise normale d'électricité suffit. Un tel dispositif permettrait un allongement d'autonomie d'environ 6 km par heure de biberonnage.

L'échange des batteries permettrait de renouveler la source d'alimentation du véhicule sans solliciter le réseau en cours de journée. Toutefois, diverses études, menées notamment en Allemagne fédérale, ont montré que le "ravitaillement" régulier par échange des batteries en certains points (stations services par exemple) ne constituait pas une solution économique.

SOLLICITATION DU RESEAU

Les 30 TWh d'électricité nécessaire à l'alimentation des batteries de traction de 7 millions de véhicules électriques ne représentent que 2,5 %

de la consommation totale d'électricité dans les pays en question. En outre, cette demande supplémentaire se situe principalement aux heures creuses et n'exigerait donc pas une augmentation sensible des capacités de production des centrales.

Il serait nécessaire de renforcer certains réseaux de distribution locaux, mais les programmes habituels devraient suffire pour faire face à la demande. Il ne devrait pas y avoir de problèmes commerciaux graves.

En cas d'introduction massive de véhicules électriques dans une localité donnée, il est à craindre que les chargeurs de batterie ne dérèglent la tension en cas d'utilisation simultanée, ce qui aurait des effets néfastes sur les autres appareils alimentés par le même réseau. Ces distorsions sont dues aux courants non sinusoïdaux dans les redresseurs, qui convertissent le courant alternatif en courant continu pour le chargement des batteries.

Actuellement, le courant consommé par les chargeurs de batterie des véhicules électriques ne représente qu'un pourcentage négligeable de l'ensemble du courant distribué par les réseaux. Toutefois, les chargeurs adéquats existent déjà dans le commerce, bien qu'à un prix plus élevé en raison du niveau de production actuel. Les fabricants seraient donc en mesure de répondre à un renforcement des exigences nécessaires afin d'éviter les effets prévus pouvant résulter de l'introduction massive de véhicules électriques.

Mai 1987/A. Johansson

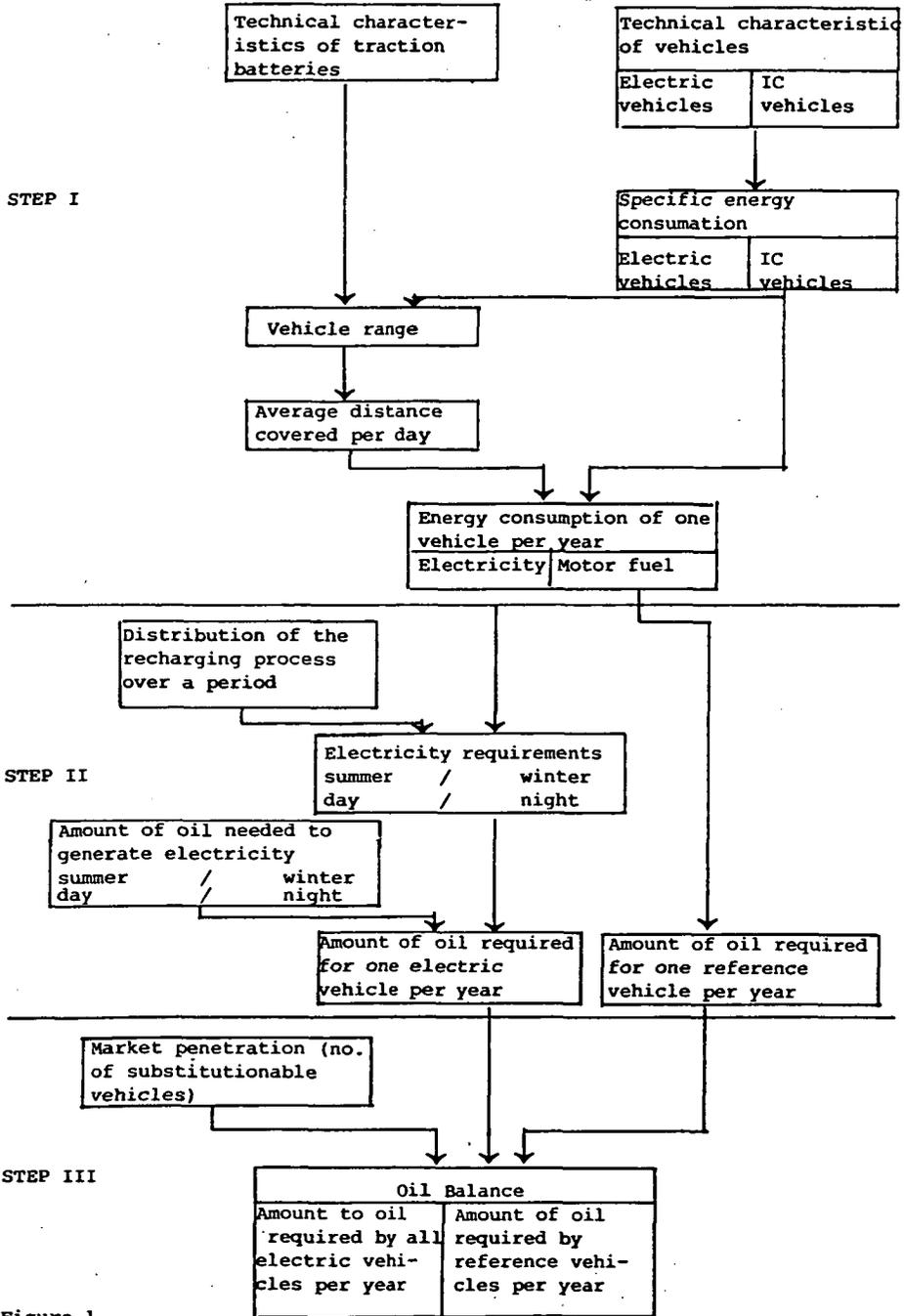


Figure 1

Consumption of electric vehicles

The following average consumptions are assessed, resulting from a large practical experience.

MAIN VEHICLE DATA

| Type | Passenger car | Light van | Van | Buses |
|---------------------|---------------|-----------|----------|------------|
| Total weight M T(1) | 1,4 | 1,7 | 4 | 19 |
| Battery weight kg % | 400 28,5% | 500 29,4% | 1200 30% | 3000 15,8% |
| Payload kg | 300 | 500 | 1200 | 7500 |
| DC consumption (2) | | | | |
| Wh/km | 192 | 216 | 400 | 1600 |
| AC consumption (2) | | | | |
| Wh/km | 310 | 351 | 700 | 2907 |

(1) half payload

(2) according to the formula D.C. consumption = $30 + \frac{30}{M}$ Wh/T.km

$$\text{A.C. consumption} = 150 + \frac{100}{M} \text{ Wh/T.km}$$

For 1985, we have assumed energy reductions of 5% on the D.C. side and 10% on A.C. side (improvements on drive train, battery and charger efficiencies).

For 1990, the 1982 figures would be reduced by 10% on D.C. side and by 15% on A.C. side for same reasons.

Figure 2

In absence of more accurate data, we have assumed the following average consumptions in urban traffic :

| | | Consumptions l/per 100 km | | |
|---------------|--------|---------------------------|------|------|
| | | 1982 | 1985 | 1990 |
| Passenger car | gas | 8,5 | 7,5 | 6 |
| Light van | gas | 10 | 8,5 | 7 |
| Light van | diesel | 8,5 | 7 | 6 |
| Van | diesel | 13,5 | 12 | 11 |

Figure 3

A.V.E.R.E.

ENERGETIC CONSUMPTION OF VEHICLES

General Data

Passenger Cars

| | | | | |
|---------------------------|----------|----------------|------------------|------------|
| General characteristics : | Weight : | 1400 kg | Battery Weight : | 400 kg |
| Consumption/100 km | Year | Electrical kWh | Heating l | Gaz l |
| | | DC | | |
| | | AC | | |
| | 1982 | 19,2 | 31,- | 1,- |
| | 1985 | 18,4 | 27,9 | 1,- |
| | 1990 | 17,8 | 26,35 | 0,8 |
| | | | | 8,5 |
| | | | | 7,5 |
| | | | | 260 jour./ |
| | | | | year |

| YEAR | | 1982 | | | | 1985 | | | | 1990 | | | |
|-----------------------|-----------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Specific energy | Wh/kg | 20,- | 40,- | 60,- | 100,- | 22,- | 44,- | 66,- | 110,- | 24,- | 48,- | 72,- | 120,- |
| Stored energy | kWh | 8,- | 16,- | 24,- | 40,- | 8,8 | 17,6 | 26,4 | 44(1) | 9,6 | 19,2 | 28,8 | 48(1) |
| Range | km | 41,6 | 83,3 | 125,- | 208(1) | 47,8 | 95,6 | 143,- | 239,- | 55,5 | 111,- | 166,- | 277,- |
| Average dally Journey | km | 30,- | 40,- | 45,- | 50,- | 35,- | 45,- | 50,- | 60,- | 35,- | 45,- | 60,- | 60,- |
| Average dally Journey | km | 4,- | 4,- | 0,- | 0,- | 4,- | 4,- | 0,- | 0,- | 5,- | 5,- | 0,- | 0,- |
| Dally consumption | night kWh | 9,3 | 12,4 | 14,- | 15,5 | 9,8 | 12,6 | 14,- | 16,8 | 9,2 | 11,85 | 15,8 | 15,8 |
| Dally consumption | day kWh | 1,24 | 1,24 | - | - | 1,12 | 1,12 | - | - | 1,32 | 1,32 | - | - |
| Heating consumption | l | 0,34 | 0,44 | 0,45 | 0,5 | 0,39 | 0,49 | 0,5 | 0,6 | 0,40 | 0,49 | 0,6 | 0,6 |
| Gaz consumption | l | 2,89 | 3,74 | 3,82 | 4,25 | 3,31 | 4,16 | 4,25 | 5,1 | 3,40 | 4,25 | 5,10 | 5,10 |
| Annual distance | km | 8840 | 11440 | 11700 | 13000 | 10140 | 12740 | 13000 | 15600 | 10400 | 13000 | 15600 | 15600 |

(1) Probably reduction of battery weight

Figure 4

A.V.E.R.E.

Country : ITALY

Year : 1985

Vehicle Type : PASSENGER CAR

Efficiency of all power plant 1 GWh = 200 tp

Winter period from 1st November to 31th March : 108 days

Summer : 152 days Travelling journey : 260

| | N I G H T | | | | | D A Y | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|--|--------|--------|----|-----|
| | Factor | 22 | 44 | 66 | 110 | Factor | 22 | 44 | 66 | 110 |
| Specific energy of the battery Wh/kg | - | 9,8 | 12,6 | 14,0 | 16,8 | - | 1,12 | 1,12 | 0 | 0 |
| Energy consumption per day kWh | x 101 | 1.051,40 | 1.360,80 | 1.512,00 | 1.814,40 | x 108 | 120,96 | 120,96 | 0 | 0 |
| Energy consumption in winter kWh | x 152 | 1.419,60 | 1.915,20 | 2.221,00 | 2.553,60 | x 152 | 170,24 | 170,24 | 0 | 0 |
| Energy consumption in summer kWh | x0,637 | 671,03 | 862,75 | 958,61 | 1.150,33 | x0,508 | 61,45 | 61,45 | 0 | 0 |
| % of all production in winter kWh | x0,573 | 853,54 | 1.097,41 | 1.219,34 | 1.463,21 | x0,448 | 76,27 | 76,27 | 0 | 0 |
| % of all production in summer kWh | | 1.662,29 | 2.097,88 | 2.177,95 | 2.613,54 | | | | | |
| Σ of all production kWh | | | | | | | | | | |
| <u>Consumption of all products :</u> | | | | | | | | | | |
| for 1 vehicle/year | | | | | | | | | | |
| Heavy fuel for electric production kg | x0,200 | 332,46 | 419,58 | 435,59 | 522,71 | <u>Comments :</u> | | | | |
| Petrol for heating (winter) L | x 101 | 42,12 | 52,92 | 54,00 | 64,80 | See annex. | | | | |
| Petrol for propulsion L | x 260 | 762,00 | 957,00 | 975,00 | 1.170,00 | Winter night : 0,545 x $\frac{0,795}{0,680}$ = 0,637 | | | | |
| | | | | | | day : 0,545 x $\frac{0,634}{0,680}$ = 0,508 | | | | |
| | | | | | | Summer night : 0,501 x $\frac{0,716}{0,626}$ = 0,573 | | | | |
| | | | | | | day : 0,501 x $\frac{0,560}{0,626}$ = 0,448 | | | | |

| | 22 Wh/kg | | | 44 Wh/kg | | | 66 Wh/kg | | | 110 Wh/kg | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------|
| | Heavy fuel Ton | Petrol for heating 10 ³ l | Petrol 10 ³ l | Heavy fuel Ton | Petrol for heating 10 ³ l | Petrol 10 ³ l | Heavy fuel Ton | Petrol for heating 10 ³ l | Petrol 10 ³ l | Heavy fuel Ton | Petrol for heating 10 ³ l | Petrol 10 ³ l |
| Total park : 18.500.000 | | | | | | | | | | | | |
| Urban vehicles: 6.167.000 | | | | | | | | | | | | |
| Penetration 1%: 61.700 | 20.512,78 | 2.598,80 | 47,02 | 25.888,09 | 3.265,16 | 59,05 | 26.875,90 | 3.331,80 | 60,16 | 32.251,21 | 3.998,16 | 71,19 |
| Penetration 5%: 308.350 | 102.514,04 | 12.987,70 | 234,96 | 129.577,49 | 16.317,88 | 295,09 | 134.314,12 | 16.650,90 | 300,64 | 161.177,63 | 19.981,08 | 360,77 |
| Penetration 10%: 617.000 | 205.127,82 | 29.988,04 | 470,13 | 258.880,86 | 32.651,64 | 590,47 | 268.759,03 | 33.318,00 | 601,58 | 322.512,07 | 39.981,60 | 721,89 |
| Penetration 20%: 1.234.000 | 410.255,64 | 51.976,08 | 940,38 | 517.761,72 | 65.303,28 | 1.180,94 | 537.518,06 | 66.636,00 | 1.203,15 | 645.024,14 | 79.963,20 | 1443,78 |

Tableau 5

1
33
1

Summary of energial transferts
YEAR 1985

Scenario : 10% of urban parc

| Country | | Consumption | | Saving | |
|--------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Heavy fuel Ton | For heating 10 ³ l | Petrol 10 ⁶ l | Diesel 10 ⁶ l |
| France | Passenger car | 5.926,96 | 35.231,76 | 638,03 | |
| | Light van | 586,50 | 3.068,00 | 62,65 | |
| | Van | 157,14 | 381,52 | | 12.000 |
| | TOTAL | 6.670,60 | 38.731,28 | 700,63 | 12.000 |
| Federal Republic of Germany | Passenger car | 11.074,10 | 46.501,00 | 698,61 | |
| | Light van | 1.237,62 | 4.683,13 | 79,566 | |
| | Van | 806,60 | 1.375,00 | | 36.000 |
| | TOTAL | 13.118,32 | 52.559,13 | 778,176 | 36.000 |
| Finland | Passenger car | 2.665,52 | 5.140,59 | 77,214 | |
| | Light van | | | | |
| | Van | 537,54 | 426,25 | | 11.600 |
| | TOTAL | 3.203,06 | 5.566,34 | 77,214 | 11.600 |
| Italy | Passenger car | 258.880,86 | 32.651,64 | 590,47 | |
| | Light van | 4.609,32 | 509,29 | 10,40 | |
| | Van | 7.887,36 | 417,56 | | 13.140 |
| | TOTAL | 271.377,54 | 33.578,49 | 600,37 | 13.140 |
| Sweden | Passenger car | 674,0 | 8.820,00 | 95,700 | |
| | Light van | 3,72 | 42,88 | 0,526 | |
| | Van | 22,66 | 120,78 | | 2.236 |
| | TOTAL | 667,13 | 8.983,66 | 96,226 | 2.236 |
| Switzerland | Passenger car | 685,61 | 5.199,20 | 78,110 | |
| | Light van | 6,65 | 44,25 | 0,752 | |
| | Van | 78,47 | 240,63 | | 6.300 |
| | TOTAL | 770,73 | 5.484,08 | 73,362 | 6.300 |
| United Kingdom | Passenger car | 22.335,00 | 26.460,00 | 478,50 | |
| | Light van | 1.945,63 | 2.024,33 | 41,350 | |
| | Van | 983,31 | 477,62 | | 15.030 |
| | TOTAL | 25.268,99 | 28.962,50 | 519,850 | 15.030 |

| | 10 ³ Ton | 10 ⁶ l | 10 ⁶ l | 10 ⁶ l |
|--------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Total per types of vehicles | | | | |
| Passenger car : 2.776.000 | 302,24 | 160,05 | 2.656,63 | |
| Light vans : 155.800 | 8,39 | 10,37 | 195,24 | |
| Vans : 53.300 | 10,48 | 3,44 | | 96,36 |
| GENERAL TOTAL : 2.960.300 veh. | 321,11 | 173,86 | 2.851,87 | 96,36 |

Figure 6

SUMMARY OF ENERGIICAL TRANSFERTS
Year 1985

Scenario : 7% of passenger cars } all
12% of vans

| Country | | | Consumption | | Saving | |
|--------------------------------|-----------|---------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Heavy fuel Ton | For heating 10 ³ l | Petrol 10 ⁶ l | Diesel 10 ⁶ l |
| France | 1.316.000 | Passenger car | 11.699 | 69.643 | 1.259 | |
| | 280.000 | Light van | 3.284 | 17.181 | 351 | |
| | 37.000 | Van | 872 | 2.117 | | 67 |
| | 1.633.000 | TOTAL | 15.855 | 88.941 | 1.610 | 67 |
| Federal Republic of Germany | 1.661.000 | Passenger car | 25.197 | 105.806 | 1.590 | |
| | 119.000 | Light van | 2.319 | 8.776 | 149 | |
| | 38.000 | Van | 1.533 | 2.613 | | 68 |
| | 1.818.000 | TOTAL | 29.049 | 117.195 | 1.739 | 68 |
| Finland | 90.000 | Passenger car | 2.973 | 5.733 | 86 | |
| | | Light van | | | | |
| | 18.000 | Van | 1.501 | 1.238 | | 34 |
| | 108.000 | TOTAL | 4.534 | 6.971 | 86 | 34 |
| Italy | 1.238.000 | Passenger car | 519.440 | 65.515 | 1.185 | |
| | 85.000 | Light van | 47.204 | 5.216 | 107 | |
| | 75.000 | Van | 81.035 | 4.290 | | 135 |
| | 1.398.000 | TOTAL | 647.679 | 75.021 | 1.292 | 135 |
| Sweden | 203.000 | Passenger car | 1.368 | 17.905 | 194 | |
| | 5.000 | Light van | 44 | 510 | 6 | |
| | 17.000 | Van | 303 | 1.617 | | 31 |
| | 225.000 | TOTAL | 1.715 | 20.032 | 200 | 31 |

Figure 7

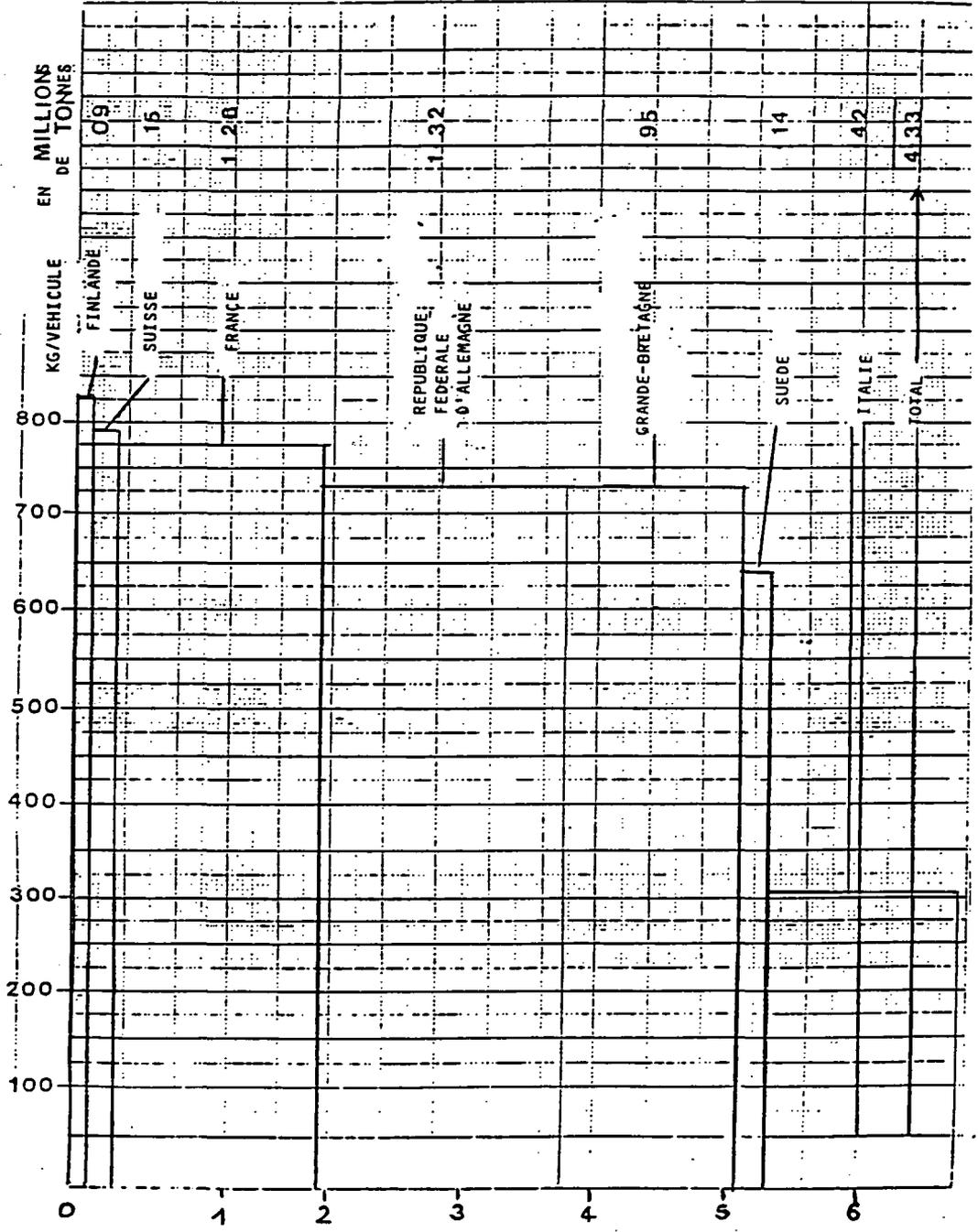
| Country | | Consumption | | Saving | | |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | Heavy fuel Ton | For heating 10^3 l | Petrol 10^6 l | Diesel 10^6 l | |
| Switzerland | 168.000 | Passenger car | 1.411 | 10.702 | 161 | |
| | 3.000 | Light van | 33 | 221 | 4 | |
| | 17.000 | Van | 381 | 1.169 | | 31 |
| | <u>188.000</u> | TOTAL | <u>1.825</u> | <u>12.092</u> | <u>165</u> | <u>31</u> |
| United Kingdom | 1.089.000 | Passenger car | 48.646 | 57.630 | 1.042 | |
| | 170.000 | Light van | 10.023 | 10.431 | 213 | |
| | 43.000 | Van | 5.090 | 2.460 | | 77 |
| | <u>1.302.000</u> | TOTAL | <u>63.759</u> | <u>70.521</u> | <u>1.255</u> | <u>77</u> |

| | 10^3 Ton | 10^6 l | 10^6 l | 10^6 l |
|---------------------------------------|----------------|----------------|--------------|------------|
| Passenger cars : 5.765.000 | | | | |
| Light vans : 662.000 | | | | |
| Vans : 245.000 | | | | |
| GENERAL TOTAL : 6.672.000 veh. | 764.416 | 390.773 | 6.347 | 443 |

Figure 7

Figure 8

- Economie annuelle de pétrole dans sept pays



RESUME DE LA SESSION

M. Michael DAVIS introduit la discussion par un commentaire qui est reproduit ci-après dans ses traits essentiels.

En ce qui concerne la Communauté Européenne une double politique extraordinairement constante a été menée depuis la crise de l'énergie en 1973. D'une part la réduction de la dépendance par rapport à l'importation de pétrole était recherchée, cette dépendance étant assez élevée et dépassant 60 %, et d'autre part l'autre priorité consistant à utiliser efficacement l'énergie nécessaire.

Il est clair qu'en ce qui concerne le véhicule électrique c'est le premier objectif qui est visé. Dans la Communauté quelques 28 % de l'énergie totale utilisée se retrouvent dans les transports et plus de 90 % de cette énergie proviennent du pétrole.

Cette énergie nécessaire pour les transports est en croissance continue. Il est donc impérieux de voir si quelque chose peut être fait pour arrêter l'augmentation de la dépendance des transports par rapport au pétrole.

L'objet de cette session est de rechercher dans quelle mesure le véhicule électrique peut aider à atteindre cet objectif. Dans le cadre de la Communauté il est aussi acquis que la production d'énergie électrique est plutôt trop dépendante des produits pétroliers ou du gaz. Ceci a entraîné la fixation d'objectifs tels que : en 1985, 70 à 75 % de la production d'énergie électrique doit se faire à partir du charbon ou de l'énergie nucléaire. De plus, l'objectif pour 1995 est de réduire la dépendance de la production d'énergie électrique par rapport aux produits pétroliers à moins de 10 %.

Il y a des exceptions. L'Italie en est une, mais le problème est considéré pour l'ensemble de la Communauté.

Il est donc important de discuter le point de vue suivant : le véhicule électrique apporte une solution allant dans la bonne direction car il n'y a pas de problème pour lui fournir l'énergie à partir de l'électricité et il ne provoquera pas une augmentation du besoin en pétrole pour la production d'énergie électrique.

Un premier intervenant traite de considérations générales relatives à l'organisation des transports en Autriche, à la possibilité de développement futur d'une économie de l'hydrogène, à la nécessité de ne pas considérer le problème de l'énergie séparément mais aussi en relation avec le problème de l'environnement.

M. Davis demande si des sources d'énergie telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne ou l'énergie produite par de petites unités hydrauliques pourraient jouer un rôle étant donné le faible pourcentage de l'énergie électrique totale qui serait nécessaire, selon le rapport, pour la mise en oeuvre d'un nombre pourtant assez considérable de véhicules électriques.

M. A. Johansson, rapporteur, précise que le rapport ne considère pas la possibilité de l'utilisation des énergies de substitution. L'étude se base sur la production principale d'énergie électrique existant actuellement et considère l'effet sur cette production de l'utilisation de véhicules électriques.

M. Davis propose une réponse : la plupart des énergies de remplacement conduisent à l'électricité mais elles sont confrontées à de grands problèmes car elles sont le plus souvent caractérisées par une disponibilité aléatoire. En effet, le vent ne souffle pas toujours, le soleil ne brille pas en permanence, etc... De plus, même dans le cas où une solution est trouvée à ces problèmes, dans beaucoup de pays les compagnies distributrices d'électricité ne se laissent que très difficilement convaincre d'offrir pour cette électricité parallèle un tarif suffisamment intéressant. Ceci est donc un problème et des arguments sont avancés par les deux parties. La Commission a étudié cette question et espère, dans le courant de l'année prochaine, publier des directives qui aideraient à donner à cette électricité supplémentaire l'accès aux réseaux publics.

En ce qui concerne le véhicule électrique vu sous son aspect énergie on peut cultiver des espoirs lointains d'application des sources d'énergie de remplacement mais on devrait plutôt se baser sur les moyens prévisibles de production d'énergie électrique. Il n'y a pas à se faire de souci à ce sujet mais bien plutôt au sujet du moyen de sortir du cercle vicieux économique traditionnel : le marché est inexistant, donc le véhicule électrique est cher, donc le marché se restreint encore, etc... Les batteries constituent certainement un autre problème.

Il est demandé quand les six millions de voitures particulières et le million de fourgonnettes, c'est à dire sept millions de véhicules électriques au total seront atteints.

A cette question il est répondu par M. A. Johansson que l'étude COSTI n'a pas abordé cette question sous le point de vue du marché mais bien sous le point de vue technologie. Cela veut dire qu'avec les solutions techniques existant actuellement (batteries, moteurs, électronique) et compte tenu de l'analyse de l'utilisation actuelle des véhicules routiers que l'on connaît à partir de statistiques, il apparaît que 7 % des voitures particulières et 12 % des fourgonnettes effectuent des prestations qui peuvent parfaitement être réalisées par des véhicules électriques.

M. Davis précise alors que c'est bien l'objet de ce séminaire de discuter du devenir du véhicule électrique.

M. A. Johansson précise qu'une étude danoise montre que 10 % de capacité de production d'énergie électrique basée sur l'énergie éolienne ne créerait pas de problème dans la répartition

journalière de la charge. De plus, les véhicules électriques roulent le matin et l'après-midi au moment où la pointe de consommation d'énergie apparaît; pendant ce temps-là il ne charge donc pas le réseau.

Les quantités de véhicules électriques citées ne créeront donc pas un problème proportionnellement équivalent pour le réseau; ce problème sera encore moins important si l'on tient compte du niveau moins élevé de la charge de nuit et de la disponibilité de l'énergie éolienne comme l'indique l'étude danoise.

M. Davis précise que la Commission a fait une estimation de la quantité d'énergie qui pourrait être produite à la fin du siècle à partir de sources renouvelables. Cela correspondrait à 55 millions de tep c'est à dire dix fois ce qui sera nécessaire pour mettre en oeuvre sept millions de véhicules électriques. Autrement dit, les 7 millions de véhicules électriques de l'étude ne consommeraient à la fin du siècle qu'un dixième de l'énergie disponible à partir des sources de remplacement renouvelables !

M. J. Rosier (Accumulateurs Tudor-Belgique) demande si l'étude COST apporte une réponse au calcul de l'énergie totale qui serait nécessaire pour assurer la fabrication, la distribution, le service et la mise au rebut des véhicules électriques et de leurs composants comparativement aux véhicules équipés de moteurs à combustion interne.

M. M. Davis répond préalablement qu'une telle question est vraiment très théorique. La majorité des personnes présentes au séminaire le sont probablement sur base d'un certain enthousiasme pour l'idée du véhicule électrique. Ce qui importe en ce moment c'est la détermination d'orientations pratiques pour réaliser ce rêve. Le problème de l'énergie ne semble pas en être un. Il faut donc en discuter pour s'en convaincre.

M. A. Johansson répond qu'une étude d'énergie totale n'a pas été faite et M. M. Davis pense que le comité COST a été très sage en ne la faisant pas !

M. Karl Leibner (Autriche) constate que la nouvelle génération de batteries à haute densité d'énergie peuvent être rechargées en des temps relativement courts de l'ordre de 2,5 à 3 heures. Ceci signifie que l'on ne pourra plus simplement connecter le chargeur à la bien connue prise de 16 A, même et surtout pendant la nuit. On sera amené à charger pendant la journée, probablement pendant la pause de midi. A-t-on analysé les conséquences de ce besoin plus grand en énergie ?

M. A. Johansson répond que le problème a été abordé dans l'étude COST mais pas en détail. Il n'a pas été décrit dans le rapport final. Les trois heures de charge citées correspondent en fait à ce que l'on appelle biberonnage ou charge rapide; elles consistent à mettre dans la batterie 70 à 80 % de la charge totale en environ une demi-heure à une heure. Ceci impose une contrainte supplémentaire au réseau. Dans beaucoup

de pays des études ont été faites pour réduire cet impact; par exemple à l'Institut des Technologies Micro-ondes en Suède un projet a étudié l'effet de l'utilisation d'une grosse batterie intermédiaire, chargée lentement pendant la nuit et dont la charge serait transférée, en régime rapide, à la batterie du véhicule.

M. Kroelbren (Administration Fédérale Suisse pour l'Economie d'Énergie) rapporte que son administration a fait parallèlement au travail de COST 302 des calculs de consommation d'énergie électrique dans le cas où tous les trajets domicile-travail sont effectués en véhicule électrique. La conclusion est qu'il n'y a pas de problème car cela n'entraîne qu'un surcroît de consommation d'énergie électrique de 2 %, une seule fois, alors qu'aujourd'hui la croissance annuelle de cette consommation est d'environ 3 %.

Le problème de l'augmentation de la charge du réseau local peut être résolu, en Suisse, en utilisant le réseau destiné au chauffage électrique et commandé à partir des centres de distribution; la charge de nuit peut se faire dès que le réseau se libère.

Deux questions sont posées relatives aux hypothèses formulées dans le rapport COSTI. La première question a trait aux caractéristiques des véhicules : tiennent-elles compte des performances accrues autorisées par les batteries évoluées? Dans la deuxième question il est demandé si la consommation de pétrole calculée tient compte de la consommation de pétrole correspondant à la charge de nuit.

M. A. Johansson répond que les calculs du rapport COST 302 ont été basés sur une énergie spécifique de 48 Wh/kg et sur une taille de batterie correspondante. Les seules batteries disponibles aujourd'hui n'offrent pas cette énergie spécifique car on ne dispose sur le marché que de batteries au plomb. La batterie nickel-fer fait exception si on la prend en considération. Ceci veut bien dire qu'à bord des véhicules que l'on pourrait effectivement mettre sur le marché à ce jour, on n'aura pas des sources à 48 Wh/kg mais bien des batteries de dimensions telles qu'elles donnent une autonomie de 50 km par jour pour un véhicule particulier et de 60 km par jour pour une fourgonnette (sans recharges intermédiaires*).

En réponse à la seconde question il suffit de dire que la variation dans le temps de la consommation de pétrole pour la production d'énergie électrique, et cela sur base des statistiques nationales, a également été considérée.

M. Davis ajoute qu'il pense que tout réseau de production d'énergie électrique utilisant du pétrole et d'autres sources d'énergie évitent très certainement de brûler du pétrole la nuit quand la charge est basse car cela correspondrait à une solution des plus coûteuses.

* Note du rédacteur

Quant à la vitesse à laquelle le marché du véhicule électrique va se développer et à l'économie du véhicule électrique comparée à celle du véhicule à moteur à combustion interne, il faut les considérer comme vitaux pour les constructeurs et les industriels mais pas tellement importants aux yeux de la Communauté. Cependant, du point de vue de l'énergie et du point de vue de la Communauté l'attention devrait se concentrer sur un terme relativement long correspondant à l'ère post-pétrolière.

Tout le monde est conscient du caractère limité des ressources pétrolières et des raisons pour lesquelles le pétrole deviendra de plus en plus cher. Beaucoup d'extrapolations ne vont pas au-delà de 30 ou 40 ans et nos jeunes enfants d'aujourd'hui peuvent espérer atteindre 2070.

Notre intérêt semble se limiter à une période se situant encore avant la fin de l'ère pétrolière mais qu'arrivera-t-il si le pétrole devait se tarir ? Quel en sera le remplaçant ? Ceci est un thème très controversé mais notre stratégie devrait consister à constater que, si l'on dispose actuellement de solutions électriques pour les très importants secteurs du transport dont il est question ici, il faut alors démarrer aussi vite que possible.

Tous les participants au séminaire sont européens. Si le véhicule électrique conduit vraiment à une solution on peut s'attendre à voir les amis japonais faire le pas nécessaire. L'Europe a-t-elle la volonté de toujours venir en seconde position ? La réponse étant négative, dans la mesure où une solution existe aux divers problèmes, il faut se mettre en marche.

L'énergie n'est pas un problème mais le pétrole en est bien un !

Selon M. Gahleitner (Université Montant) (Autriche), il n'y aurait pas de fin prévisible à l'ère du pétrole. Toutes les personnes actives dans le domaine du véhicule électrique devraient donc ne pas tenir compte de cette éventualité. Il n'existe en aucune façon une chance d'entrer en concurrence avec les véhicules thermiques actuels. Même dans 30 ans il y aura autant de réserves de pétrole qu'aujourd'hui; ces réserves sont immenses; tout n'est qu'une question du nombre de forages qu'on réalise.

Une autre intervention autrichienne précise l'existence d'une forte tendance à considérer l'économie nationale des productions d'énergie pour les transports. Il ne faut pas oublier que l'on ne peut pas séparer le problème de l'énergie de celui de l'environnement. La production d'énergie doit non seulement être économiquement optimale mais doit également prendre en considération l'impact sur le milieu. Dans ce cas il est évident que des sources d'énergie très éparpillées ne seront pas économiques et très difficilement justifiables. Par conséquent seule une production d'énergie concentrée garantira dans l'avenir une sécurité pour les transports. C'est la voiture électrique qui offre pour la politique énergétique du

pays la plus grande souplesse et il en sera ainsi, que l'on aille vers une économie basée sur l'hydrogène ou vers la combustion de produits divers ou vers l'énergie produite par la fusion nucléaire. Dans ces cas au moins l'indépendance des transports par rapport à l'énergie primaire sera assurée.

M. Davis constate que l'environnement subit les effets néfastes de l'utilisation du pétrole et qu'il est difficile de définir le crédit économique lié à son amélioration.

M. G. Chaumain (Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie) fait deux remarques sur la tendance à considérer qu'il n'y a pas de problème de l'énergie.

S'il est vrai que le prix du pétrole est actuellement à un niveau raisonnable il ne faut pas oublier que le pétrole est un produit à caractère stratégique; combien faudra-t-il de pétroliers coulés dans le détroit d'Ormuz pour que l'on s'en rende compte ?

Le prix du pétrole peut varier considérablement avec des conséquences sur les balances commerciales des différents pays qui mettent en péril les grands équilibres nationaux.

Pour l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, l'énergie reste un facteur primordial à considérer même dans les périodes où elles paraissent avoir une large disponibilité. Il faut préparer par des recherches, des expérimentations et des opérations de démonstration la parade à une prochaine crise qui ne pourra manquer de se produire.

M. D. Rudd pense que l'on peut faire une distinction entre le problème de l'énergie pour les véhicules électriques et le problème de l'énergie pour les transports. Il n'y a en effet aucune difficulté à approvisionner les véhicules électriques en énergie. Le problème de l'énergie pour les transports ne fait pas l'objet de COST 302 mais d'autres études COST (1).

Une étude réalisée, il y a quelques années, par le département des transports britanniques est arrivée à la conclusion que le véhicule électrique ne contribuera que faiblement à l'économie de pétrole dans les transports. En effet 3,5 % est un faible pourcentage.

S'il est nécessaire de produire du pétrole pour les transports il faut élargir l'horizon des sources. L'étude a conclu en la nécessité de synthétiser l'essence et le combustible diesel à partir du charbon dont les réserves, comparativement au pétrole, sont énormes et cela principalement en Australie et aux Etats-Unis. De plus le coût de cette synthèse est plus élevé que celui du pompage du pétrole du sous-sol mais néanmoins acceptable si l'on considère le transport en général plutôt que le véhicule électrique dans les transports.

(1) COST 304 : Utilisation des carburants de substitution par les véhicules routiers.

COST 307 : Utilisation rationnelle de l'énergie dans les transports interrégionaux

M. Davis répond qu'en effet, dans la mesure où on se réfère à l'hypothèse des sept millions de véhicules, la quantité d'énergie correspondante n'est pas très grande. Mais si le problème de la source à bord du véhicule est résolu, alors la pénétration du véhicule électrique sur le marché pourrait devenir beaucoup plus importante.

M. A. Johansson ajoute que pour atteindre ce but il faut d'autres types de batteries. L'étude a été limitée aux véhicules équipés de batteries. Pour les transports en général on peut penser, par exemple, à l'utilisation des piles à combustible ou, si l'on considère que la propulsion électrique est vraiment intéressante, on peut penser à un système hybride utilisant un groupe moteur (thermique*)-générateur pour alimenter le système de propulsion électrique. Le véhicule reste classique dans une certaine mesure mais le transfert énergétique est différent et cela offre beaucoup de caractéristiques intéressantes.

M. Davis indique que ces dernières considérations mettent l'accent sur ce qui sera encore beaucoup débattu dans ce séminaire : l'apparition effective des sources qui se trouvent encore dans un stade de production pilote, ou d'une batterie nettement meilleure que celles existant actuellement, créeront des possibilités bien plus grandes. Il remercie M. A. Johansson et son groupe pour avoir clairement décrit les conséquences énergétiques d'hypothèses raisonnables.

* note du rédacteur

SESSION 3

ASPECTS OPERATIONNELS

Président : M. Luciano MAZZON - ATM - Milan - Italie
Rapporteur : M. Claude BASSAC - E.D.F. - France

Introduction par M. Luciano MAZZON

Résumé de la session par M. le Prof. MAGGETTO

I - INTRODUCTION

Grâce aux efforts coordonnés des constructeurs de véhicules et de composants, des producteurs d'électricité, des gestionnaires de parcs de véhicules et des Pouvoirs Publics, menés avec le soutien de la Communauté Européenne, on dispose aujourd'hui de techniques de construction de voitures électriques offrant des performances appropriées pour les différentes applications.

Nous présentons la situation dans les pays Européens sur le plan des solutions technologiques, des types de véhicules, des tendances nouvelles, des études et des approches en cours.

Les réalisations techniques qu'ont permis les travaux de recherche et de développement lancés à partir des années 60 ont été validées par de nombreux essais et programmes d'application. Dans certains pays, ces réalisations ont atteint le stade industriel et des performances satisfaisantes ont été obtenues pour différentes utilisations pratiques en ville et en banlieue.

Ces recherches sur les véhicules électriques, qui ont été stimulées à l'origine par les problèmes d'environnement se posant dans les villes et qui ont été ensuite fortement accélérées par la crise de l'énergie, ont été poursuivies après l'amélioration de la situation énergétique.

Les réalisations techniques et le développement des voitures électriques sont le résultat des efforts coordonnés menés dans les différents pays par tous les acteurs intéressés, à savoir les producteurs d'électricité, les constructeurs de véhicules et de composants, les gestionnaires de parcs de véhicules et les Pouvoirs Publics.

Il faut mentionner en particulier le soutien apporté par la Communauté Européenne avec les programmes de recherche, de développement et de démonstration et les activités d'étude et d'évaluation des Actions "COST" (Coopération scientifique et technique entre pays Européens).

Tous ces travaux ont abouti à un large éventail de solutions techniques pour différentes catégories de véhicules : voitures particulières, véhicules commerciaux et véhicules de transport en commun.

Il faut noter que les véhicules électriques ne constituent pas une alternative générale aux véhicules traditionnels, mais contribuent à une politique de rationalisation des moyens de transport en fonction des contraintes d'environnement et d'énergie ou des opportunités s'offrant dans les secteurs compatibles avec les performances qu'autorisent les sources d'énergie embarquées actuellement disponibles, c'est-à-dire principalement l'utilisation en ville et en banlieue.

II - SITUATION ET PERSPECTIVES DANS LES DIFFERENTS PAYS EUROPEENS

Nous décrivons la situation générale des véhicules électriques dans les pays Européens, en rappelant la stratégie de base et le processus d'évolution et en procédant à une mise à jour des différents types de véhicules, de l'expérience sur le terrain et de l'évolution technologique.

2.1. Royaume-Uni

Au Royaume-Uni qui, en matière de véhicules électriques a une longue tradition, avec 35.000 fourgons électriques de livraison actuellement en exploitation, les développements les plus récents ont concerné les véhicules commerciaux électriques à hautes performances. Le programme de démonstration "London goes electric" lancé à la fin des années 70 a permis de faire une évaluation pratique des applications potentielles des véhicules électriques.

Le processus industriel de construction des véhicules a été ensuite lancé avec l'aide du gouvernement et sous l'impulsion des producteurs d'électricité qui étaient disponibles et intéressés par l'intégration des véhicules électriques à leurs parcs.

Quatre grands constructeurs automobiles britanniques ont mis au point différents types de véhicules routiers électriques à hautes performances, ayant des vitesses de pointe de 80 km/h et une autonomie de 80 km ; ces véhicules sont équipés de systèmes de commande fournis par la Société LUCAS CHLORIDE EV SYSTEMS Ltd.

Au total, quelques 500 véhicules ont été construits à ce jour :

- le fourgon électrique BEDFORD CF, fabriqué par BEDFORD COMMERCIAL VEHICLE (GM), d'une charge utile de 1 tonne,
- le fourgon électrique SHERPA, fabriqué par FREIGHT ROVER (EL), d'une charge utile de 1 tonne,
- le véhicule électrique de la série DODGE 50, fabriqué par RENAULT TRUCK INDUSTRIES, d'une charge utile de 2 à 3 tonnes,
- le ELECTRIC ROADRUNNER, fabriqué par LEYLAND TRUCKS, d'une charge utile de 2,8 tonnes.

Sur plus de 300 fourgons électriques BEDFORD CF, 35 sont actuellement en service dans 7 Entreprises de Service Public et autres flottes de véhicules aux Etats-Unis et au Canada. Cela s'inscrit dans le cadre du programme de développement du marché lancé par la Société E.V.D.C. (ELECTRIC VEHICLE DEVELOPMENT CORPORATION). 6 autres véhicules sont en service au Japon.

Etant donné les bons résultats obtenus à ce jour, BEDFORD envisage de lancer une production régulière d'ici fin 1987, au rythme initial de 25 à 40 véhicules par mois.

Outre cette situation concernant les véhicules électriques à hautes performances dérivés des véhicules traditionnels à moteur à combustion, les fabricants spécialisés dans les véhicules électriques traditionnels ont enrichi leur gamme de véhicules de quelques nouveaux modèles aux performances améliorées.

Il faut signaler en particulier les fourgons mis au point par "W & E" et le nouveau véhicule électrique "SEYDRIVE" mis au point par SMITS ELECTRIC VEHICLES, d'une charge utile d'environ 1 tonne et ayant une vitesse de pointe de 51 km/h.

Les véhicules hybrides constituent au Royaume-Uni un nouveau domaine de recherche. Ces véhicules de types différents (fourgons et minibus) ont été fabriqués par ELECTRIC VEHICLE HYBRID Ltd. et mis en service dans différentes villes du Royaume-Uni dans le cadre d'un programme de démonstration de la Communauté Européenne en 1982.

2.2. Allemagne

En Allemagne, les travaux sur les véhicules électriques et hybrides ont été principalement le fait de la GESELLSCHAFT für ELEKTRISCHE STRASSENVERKEHR GmbH (GES), Société créée par la RHEINISH-WESTFALISCHES ELEKTRIZITÄTWERK AG (RWE) en collaboration avec les constructeurs automobiles (DAIMLER BENZ, M.A.N., VOLKSWAGEN), les constructeurs d'équipements électriques (BOSCH, BROWN BOVERI, SIEMENS) et les constructeurs de batteries (HAGEN, HOPPECKE, VARTA).

Le Ministère de la Recherche et de la Technologie et le Ministère des Transports ont également beaucoup contribué à ces travaux par des études et des programmes de démonstration.

Plusieurs types de véhicules ont été mis au point et sont actuellement en service :

- Dans la catégorie des voitures particulières, la CitySTROMER, dérivée de la RABBIT de VOLKSWAGEN, a été mise au point dans le cadre d'un programme lancé en 1981 et coordonné par GES ; ce modèle est proposé en deux versions : 4 places et 2 places, avec des batteries d'un poids différent et par conséquent une autonomie différente. Sa vitesse de pointe est de 100 km/h.

Quelques 70 véhicules ont été construits à ce jour et sont exploités par différents utilisateurs ; ils ont parcouru plus de 1 million de kilomètres.

Sur ces véhicules, la technique du biberonnage a été expérimentée avec succès.

Deux prototypes dotés d'une carrosserie en matière plastique de conception nouvelle ont été mis au point par RWE en collaboration avec POHLMAN ; ces prototypes sont équipés respectivement de batteries au plomb et au nickel-fer.

- Dans la catégorie des véhicules commerciaux, 225 véhicules au total ont été construits à ce jour. Il s'agit du modèle DAIMLER BENZ ELECTRIC TRANSPORTER 307 E, dont la charge utile est légèrement supérieure à 1 tonne et dont la vitesse de pointe est de 70 km/h. (existe également en version minibus équipé de 8 sièges) et du modèle VOLKSWAGEN ELECTRIC TRANSPORTER E-LT 35 (charge utile : 300 kg et vitesse de pointe : 70 km/h.).

Ces véhicules ont été mis en service de façon progressive à partir de 1974 dans plusieurs villes allemandes, sous la direction de la GES. Depuis 1980, 70 véhicules sont en service à Berlin et à Bonn dans le cadre d'un programme financé par le Ministère de la Recherche et de la Technologie et par le Ministère des Transports.

Les véhicules commerciaux mentionnés ci-dessus ont parcouru jusqu'ici plus de 8 millions de kilomètres au total et démontré leur parfaite conformité aux exigences fixées.

- Dans la catégorie des autobus, plusieurs modèles ont été mis au point et sont en service depuis 1974. 20 autobus électriques MAN à batteries remorquées, ayant une capacité de 100 passagers, assurent un service régulier à Düsseldorf et Monchengladbach dans le cadre d'un programme sponsorisé par les Pouvoirs Publics et le gouvernement. Depuis 1981, la technique d'accroissement de l'autonomie, qui consistait à l'origine à changer les batteries, a été modifiée ; le système adopté est celui du biberonnage par raccordement automatique à une infrastructure électrique générale, en des points fixes. Depuis 1979, 20 autobus hybrides DAIMLER BENZ (moteur diesel + batteries, montage en série) sont en service à Stuttgart et à Wesel dans le cadre d'un programme également financé par les Pouvoirs Publics et le gouvernement.

Les autobus électriques et hybrides ont parcouru au total quelques 10 millions de kilomètres et leur comportement en service a été très satisfaisant.

2.3. France

En France, les programmes de développement ont été encouragés principalement par ELECTRICITE DE FRANCE et par le Groupe Interministériel Véhicules Electriques à travers l'action menée par l'industrie automobile qui a coordonné et apporté son soutien aux constructeurs de composants. Ces programmes ont abouti à ce jour à la production d'un certain nombre de véhicules électriques.

- Dans la catégorie des voitures particulières, le Groupe PSA a mis au point le modèle PEUGEOT 205 obtenu par transformation du modèle traditionnel correspondant, équipé de batteries au nickel-fer et ayant une autonomie de 140 km en ville et une vitesse de pointe de 100 km/h. En dehors des prototypes, 15 véhicules électriques PEUGEOT 205 sont en construction pour un programme de démonstration sponsorisé en France et en Belgique par la Communauté Européenne en 1987.

- Dans la catégorie des véhicules commerciaux et utilitaires :

PSA a réalisé les fourgons de livraison électriques J9 et C25 d'une charge utile respective de 1.000 kg et 600 kg, par transformation des modèles traditionnels, et propose également la version véhicules de transport passagers en zone urbaine. Ces véhicules sont eux aussi équipés de batteries au nickel-fer, mises au point par SAFT en collaboration avec le constructeur automobile ; ils ont une autonomie de 115 à 140 km et une vitesse de pointe de 80 km/h., voire davantage.

RENAULT a mis au point la version électrique des modèles EXPRESS (charge utile de 450 kg et vitesse de pointe de 80 km/h.) et MASTER (charge utile de 1 tonne et vitesse de pointe de 80 km/h.).

Ces véhicules peuvent être équipés de batteries au plomb ou au nickel-fer.

10 modèles RENAULT MASTER ont été fabriqués pour un programme de démonstration de la Communauté Economique Européenne lancé en 1986 par la Ville de Chatellerauld et quelques unités supplémentaires de modèles MASTER et EXPRESS ont été construites pour d'autres utilisations.

Le véhicule commercial léger ROCABOY, à carrosserie de conception nouvelle en compound de fibres de verre, est également intéressant. Ce véhicule a une charge utile de 400 kg, une vitesse de pointe de 70 km/h. et une autonomie (avec des batteries au plomb) de 75 km.

150 véhicules de ce type sont utilisés en service régulier par le CEA et EDF.

Le véhicule commercial léger à 3 roues ELESTRA est un autre exemple de véhicule utilisé par des services publics à Strasbourg, mais aussi dans d'autres villes de France. Le véhicule, réalisé sous le parrainage d'ELECTRICITE DE STRASBOURG, a une charge utile de 450 à 500 kg selon les versions (camionnette, transport de personnes, benne de ramassage des ordures ménagères), une vitesse de pointe de 60 km/h. avec une autonomie de 80 km.

Une production de 1 véhicule par jour est programmée.

Enfin, il faut mentionner la flotte de 300 véhicules SITA et SEMAT utilisés à Paris depuis de nombreuses années pour le ramassage des ordures ménagères.

- Les véhicules de transport en commun ont fait l'objet de travaux de recherches importants depuis 1970 pour la mise en oeuvre de 10 véhicules SOVEL testés dans différentes villes de France et qui n'ont pas pu entraîner, à l'époque, une mise en fabrication industrielle.

Depuis 1983, 5 minibus HEULIEZ construits sur la base du modèle CITROEN C35 (dont le prototype a été élaboré par PEUGEOT) ont été mis en service à Tours ; ils constituent une réalisation intéressante. En effet, ces véhicules se caractérisent par leur remorque comportant le système de propulsion et les batteries et par le fait qu'ils peuvent être utilisés comme un autobus normal à moteur à combustion interne ou comme un autobus à batteries.

2.4. Italie

En Italie, les travaux des industriels sur les véhicules électriques ont été menés initialement sous le parrainage de l'ENEL (Office National Italien de l'Electricité) avec la collaboration de la Compagnie Téléphonique SIP. Ils ont bénéficié par la suite du soutien du CNR (Conseil National Italien de la Recherche) et des gestionnaires de parcs. Différents types de véhicules ont été mis au point dans les différentes catégories :

- Dans la catégorie des voitures particulières, une FIAT XI/23, voiture d'étude à deux places ayant une vitesse de pointe de 70 km/h. et une autonomie de 70 km a été mise au point dans les années 1972-1974.

Dans les années qui ont suivi, quelques 40 voitures électriques PGE ont été construites dans deux versions : voitures particulières et taxis, ou fourgonnettes d'une charge utile de 300 kg, avec une vitesse de pointe de 60 km/h. et une autonomie de 70 km.

En outre, quelques exemplaires de la mini-voiture ZAGATO (4 sièges + 40 kg de charge utile, vitesse de pointe 55 km/h., autonomie 55 km) -également proposée en version fourgonnette- ont été fabriqués ; il s'agit d'une nouvelle version du modèle précédent ZELE qui a été commercialisé également aux Etats-Unis.

- Dans la catégorie des véhicules commerciaux et utilitaires, FIAT produit dans son usine FIAT CARRELLI ELEVATORI les modèles FIAT 90GE/E2 et IVECO DAILY E2. Au total, quelques 80 exemplaires de ces véhicules ont été construits à ce jour. Le modèle IVECO DAILY est également proposé dans une version spéciale LIFTEL équipée d'un bras articulé de levage.

PGE a fabriqué 13 exemplaires du modèle VAN 8 (charge utile 300 kg) également proposé en version ambulance.

PIAGGO a fabriqué 100 voitures électriques à 3 roues APE dans différentes versions : fourgons, camionnettes et bennes de ramassage des ordures ménagères.

Ces véhicules sont en général équipés de batteries au plomb dont les performances sont compatibles avec les conditions normales d'une circulation en ville et leur autonomie en parcours urbain est de 60 à 80 km.

Certains de ces véhicules ont été sélectionnés pour des programmes de démonstration en Europe : 16 FIAT 900 E/E2 pour des programmes CEE à Turin, Odense et Dublin et 8 voitures électriques PIAGGO APE pour un programme CNR à Turin "la Ville Pilote".

- Dans la catégorie des véhicules de transport en commun, différentes approches ont été suivies dans le cadre des programmes du projet finalisé "Transports" du CNR et du sous-projet "Transports locaux" qui est coordonné par l'ATM de Milan et englobe également le programme sus-mentionné : "la ville propre".

Une de ces approches est la mise au point par FIAT d'un minibus dérivé du modèle IVECO DAILY. Deux versions sont actuellement proposées : l'une équipée de batteries au plomb, ayant la capacité de transporter 16 passagers, et l'autre équipée de batteries nickel-fer, ayant la capacité de transporter 20 passagers.

8 minibus IVECO DAILY sont actuellement en service sur les lignes de l'ATAC (Rome) dans le cadre d'un programme CEE et 3 véhicules supplémentaires sont actuellement mis en service à Turin dans le cadre du programme CNR : "la ville propre".

Dans ces 2 programmes, un système de biberonnage permet d'augmenter l'autonomie journalière, conformément aux exigences établies (jusqu'à environ 150 km/jour).

2.5. Danemark

D'autres travaux ont été et sont actuellement réalisés au Danemark concernant le développement des véhicules électriques, les programmes de démonstration, la recherche technologique et la réalisation.

- En ce qui concerne les voitures particulières électriques, outre la mise au point des prototypes HOPE WISPER, un véhicule à 2 sièges et 3 roues a été réalisé par EL-TRANS ; un programme de fabrication de 5.000 véhicules par an est actuellement mis en place. La fabrication et les ventes débiteront en 1987.

- Dans le secteur des véhicules commerciaux, le modèle FIAT 900 a été transformé. ELFORSYNING (Office de l'Energie Electrique de Odense) qui exploite 5 fourgons électriques FIAT 900 E/E2 a réalisé un programme de démonstration de la CEE en 1980.

2.6. Belgique

En tant que siège de la Communauté Européenne et de l'A.V.E.R.E., Bruxelles est la ville où sont organisées la plupart des rencontres au niveau Européen concernant les véhicules électriques, hybrides et bi-mode.

Il faut mentionner en particulier le séminaire sur le "trolleybus bi-mode" qui s'est tenu à Bruxelles en novembre 1985, à l'occasion de la fin de l'Action COST 303 et qui a été complété par une démonstration de plusieurs véhicules bi-mode Européens à Gand. Cet événement a attiré une large affluence et suscité un vif intérêt.

Depuis quelques années, l'Université Libre de Bruxelles réalise un programme de démonstration dans le cadre duquel elle gère un parc de 10 véhicules électriques PGE exploités en conditions réelles et utilise comme technique de rechargement la technique dite du biberonnage. Les données d'exploitation des véhicules sont enregistrées selon une méthodologie mise au point par EVELEC.

En outre, depuis 1985, quelques fourgons électriques sont soumis à des essais intensifs en ville où ils sont essentiellement utilisés par les Services Publics. Les résultats sont très satisfaisants ; en particulier, la technique du biberonnage a eu des effets positifs sur la durée de vie des batteries et la consommation d'énergie.

La Société ELENCO exécute un programme de recherche et de développement sur les piles à combustibles alcalines et procède à de nombreux essais sur un fourgon électrique WOLKSWAGEN.

En 1987, la Belgique mettra en service dans sa Compagnie d'Electricité (EVELEC) et dans des Administrations Publiques 6 véhicules PEUGEOT 205 dans le cadre d'un contrat de démonstration CEE 1987 (ce contrat est commun avec celui mis en oeuvre en France à EDF, La Rochelle).

2.7. Pays-Bas

Dans ce pays, l'utilisation de véhicules électriques de livraison constitue également une tradition bien établie. Un parc important de véhicules de ce type est actuellement en service.

Le système de location en libre-service (White Car) expérimenté à Amsterdam mérite d'être mentionné. Le but de cette expérience était de mettre à la disposition des utilisateurs individuels une voiture électrique sur les lieux de son utilisation.

En coordination avec le Comité d'Etudes de la Section Hollandaise de l'A.V.E.R.E., une étude pratique du marché, des possibilités de commercialisation et de l'impact stratégique de l'utilisation des véhicules électriques a été réalisée par le Département responsable du "Développement de la politique commerciale" de la Faculté d'Economie de l'Université ERASME de Rotterdam ; cette étude a été réalisée en étroite collaboration avec le Centre d'Etudes des Transports de l'Université de Technologie de Delft. Ses résultats sont actuellement en cours de dépouillement.

De nouvelles recherches théoriques sur l'optimisation de la capacité des Batteries, la gestion de l'énergie et les techniques de stockage de l'énergie (stockage par volant d'inertie par exemple), les piles à combustibles et les systèmes sophistiqués de propulsion et de conversion de l'énergie haute fréquence sont en cours d'étude dans les différents laboratoires de recherche de l'Université de Technologie de Delft et de Eindhoven ainsi que dans d'autres Centres de Recherche nationaux liés à l'industrie.

2.8. Suisse

La Suisse a une expérience particulière de l'utilisation des véhicules électriques dans les stations touristiques de montagne. De fait, huit de ces stations (de taille moyenne à grande, représentant 15 % de la demande logistique totale) utilisent de manière totale ou partielle des véhicules électriques pour les services de transport. Dans bon nombre de cas, les véhicules électriques constituent la seule solution possible pour des raisons de topographie ou de réglementation locale (obligation de stationner les véhicules traditionnels à la périphérie).

Les résultats de l'exploitation de l'ensemble du parc -qui compte quelques 500 véhicules électriques- sont très satisfaisants, même par temps très froid.

Une étude récente a mis en évidence l'intérêt d'un développement de l'utilisation des véhicules électriques dans les stations qui en utilisent déjà et d'une extension de cette utilisation à d'autres stations ayant une capacité hôtelière suffisante et non desservies par des routes de liaison. Ce type de solution pourrait vraisemblablement être adoptée dans des stations touristiques de montagne d'autres pays.

Dans le cadre de l'Action Européenne COST 302, différents essais ont été effectués dans les villes de Zurich et d'Arrau, ainsi que dans la station touristique de Zermatt où circulent 300 véhicules électriques et aucun véhicule traditionnel. De plus, un prototype de fourgon électrique d'une charge utile de 1 tonne a été mis au point et testé à Berne par le Service des Postes. Le système de transmission, constitué d'un moteur à courant continu de 30 kW, est actuellement remplacé dans le cadre de la partie suivante du programme d'essais- par un système de transmission utilisant un moteur asynchrone. Dans le secteur des petits véhicules urbains, des solutions plus élaborées sont à l'étude.

Enfin, il faut mentionner les initiatives relatives à l'organisation de concours "Véhicules électriques" qui suscitent parmi le public un intérêt considérable et qui ont le mérite de démontrer les performances pratiques des véhicules électriques.

Au mois de juin 1986, un rallye à travers la Suisse s'adressant aux véhicules électriques solaires et un "Grand Prix" exclusivement réservé aux véhicules électriques ont été organisés à Veltheim sous le patronnage de l'Automobile Club de Suisse et de l'A.S.V.E.R. (Section Suisse de l'A.V.E.R.E.) ; quelques 70 véhicules électriques de différents types y ont participé. En 1987, la Suisse compte renouveler ces manifestations qui se dérouleront à Interlaken (en juin) et à Berne (en juillet) ; il est à espérer que le succès de 1986 se confirme au cours de ces deux entreprises.

2.9. Finlande

En Finlande, les activités en matière de véhicules électriques sont essentiellement le fait des producteurs d'électricité, du Service des Postes et de la Compagnie Pétrolière Finlandaise NESTE OY -qui fabrique également des batteries-.

Après quelques programmes de démonstration destinés à tester les caractéristiques de fonctionnement et le rendement énergétique de différents types de véhicules électriques, un nouveau véhicule électrique, de conception entièrement nouvelle, est actuellement à l'étude. De plus, un trolleybus bi-mode à système de propulsion basé sur un moteur asynchrone a été construit par la Société KYMI-STROMBERG OY et est actuellement en service.

Le Ministère du Commerce et de l'Industrie subventionne par ailleurs de nouveaux développements technologiques.

2.10. Suède

Les Services des Postes suédois utilisent quelques 25 véhicules électriques. Il s'agit de fourgons MERCEDES et W & E mis au point en collaboration avec le gestionnaire du parc. Les travaux réalisés sur les nouvelles batteries au nickel-fer, en collaboration avec EAGLE PICHER, méritent tout particulièrement d'être mentionnés. Les travaux sur les batteries fer-air sont également poursuivis.

2.11. Autriche

L'utilisation de quelques véhicules électriques dans les Services des Postes montre l'intérêt fondamental porté en Autriche à ce type de véhicules. Le gouvernement autrichien soutient les activités de recherche et de développement.

Dans le secteur des technologies nouvelles, il faut souligner tout particulièrement les travaux remarquables réalisés par l'Université de Graz et de Vienne avec le S.E.A. sur les batteries brome-zinc avec circulation d'électrolyte (sous licence EXXON). Ces travaux en sont actuellement au stade des essais sur véhicules.

III - CONCLUSIONS

Il existe déjà une expérience certaine de l'utilisation des véhicules électriques dans les pays Européens, certes souvent limitée à un nombre réduit de véhicules et avec une disponibilité encore trop faible compte tenu des mises au point de ces prototypes, mais l'impact du véhicule électrique est démontré pour les différents types et suivant plusieurs applications impliquant des marchés réels.

Par ailleurs, le secteur des technologies nouvelles offre des perspectives très prometteuses de perfectionnement de ces véhicules.

Les gouvernements, les Pouvoirs Publics et la Communauté Européenne ont soutenu et continuent de soutenir les travaux menés dans ce domaine. L'étude réalisée dans le cadre de l'Action COST 302 a d'ores et déjà confirmé l'intérêt d'une diffusion des véhicules électriques du point de vue de l'environnement et de l'énergie dans des proportions compatibles avec l'état actuel des techniques, sans identifier par ailleurs de problèmes notoires s'opposant à l'introduction de ces véhicules.

Pour l'instant, l'aspect économique est dans la pratique le seul aspect défavorable qui ressort d'une comparaison des coûts globaux des véhicules électriques (fabrication en petites quantités, technologie récente) et des véhicules traditionnels (fabrication à grande échelle, entièrement industrialisée) ; mais les expérimentations entreprises, notamment dans les pays Européens, ont démontré la réalité du marché potentiel de l'utilisation des différents types de véhicules électriques dans les parcs automobiles des grandes cités.

RESUME DE LA SESSION

M. L. Mazzon rappelle que parmi les initiatives scientifiques soutenues par la Communauté Européenne, les actions COST 302, pour les véhicules électriques, et COST 303, pour les trolleybus bi-mode, ont étudié toutes les possibilités d'application innovatrice de la traction électrique pure au transport sur voie non-guidé (c.à.d. routier)* en association ou non avec une source à combustion interne. Ces systèmes innovateurs trouvent leur application idéale dans les sites urbains et suburbains pour les transports publics ou privés, pour les transports de marchandises légers et pour les véhicules utilitaires. Ils améliorent la qualité de l'environnement dans ces sites en supprimant les émissions polluantes. En Italie, la contribution des transports publics à la pollution atmosphérique dans le territoire d'une grande ville peut être évaluée à près de 2 % de la valeur totale imputable à la traction automobile. Cette valeur est très modeste car pour les véhicules routiers circulant en ville plus de 50 % de la pollution produite par ces véhicules est imputable aux voitures et plus de 40 % est imputable aux poids lourds. Cette pollution doit être comparée à la contribution de la combustion industrielle pendant toute l'année et du chauffage pendant les mois d'hiver.

La consommation totale en produits pétroliers, à l'exclusion de la consommation des centrales électriques qui se situent à une certaine distance des villes, se partage en 56 % pour compte des véhicules automobiles et 43 % en hiver pour l'industrie et le chauffage. Ces 56 % se subdivisent en 50 % pour les voitures particulières et 40 % pour les poids lourds.

Ces deux dernières données suffisent pour mettre en évidence l'importance du travail des techniciens et des spécialistes qui présentent les résultats de leurs travaux à ce séminaire.

M. Mazzon invite le Prof. G. Maggetto à présenter les résultats de l'épreuve-démonstration pour véhicules électriques qui s'est déroulée la veille du séminaire, le 14 octobre 1987, dans le centre de Bruxelles.

Cette épreuve intitulée "Les 12 Heures Electriques de Bruxelles" a été organisée, indépendamment du séminaire, par l'ASBE, la section belge de l'AVERE, Association du Véhicule Electrique Routier Européen, mais placée volontairement à la veille du séminaire afin d'exploiter au maximum l'opportunité offerte par celui-ci pour la diffusion des résultats.

Elle s'est déroulée sur un circuit d'environ 15 km situé dans le centre de Bruxelles qui est une ville vallonnée connaissant des heures de pointe pour la circulation urbaine assez difficiles.

* Note du rédacteur

Les véhicules électriques participant à cette épreuve devaient parcourir le circuit pendant 12 heures, dans la circulation normale et sans protection de police ou autre, pour faire la démonstration de leur capacité. Pendant les 12 heures toutes les formes de recharges intermédiaires étaient admises. Les véhicules électriques étaient admis sur base d'une autorisation légale à circuler sur la voie publique.

Le circuit parcouru est montré sur le plan joint à ce texte. L'épreuve-démonstration dont la première s'est déroulée à Bruxelles à l'occasion du séminaire COST 302 se veut originale par sa localisation en ville et par la démonstration imposée aux véhicules participants.

Des diapositives sont projetées pour montrer les véhicules ayant participé à l'épreuve ainsi que les postes de charge et de contrôle équipés des compteurs d'énergie.

Parmi ces véhicules (voir tableau des résultats joint à ce texte) on distingue :

- quatre voitures particulières de conception entièrement électrique (PGE - 3 P n° 1 - 3 - 7) ;
- deux véhicules de type "taxi londonien" de conception entièrement électrique (PGE - 5 P n° 7 - 9) ;
- une camionnette légère de conception entièrement électrique dérivée de la version taxi (PGE - 5 P n° 14) ;
Cette première série de véhicules appartient à la flotte expérimentée par les Universités de Bruxelles ;
- trois camionnettes légères de conception entièrement électrique (de marque ROCABOY) présentées respectivement par l'Association Charentaise de promotion des véhicules électriques, par la firme Rocaboy Lavelec et par Oldham Belgique ;
- une camionnette Renault Master, dérivée du véhicule thermique Renault correspondant, provenant de la flotte expérimentée à Châtelleraut ;
- un véhicule dérivé d'une Fiat 600 et présenté par la firme Greentech ;
- un véhicule léger monoplace, à trois roues, de la firme Horlacher et de conception entièrement électrique ;
- une voiture particulière équipée d'un moteur à combustion interne (1400 CC) engagée dans l'épreuve-démonstration afin de servir d'élément de comparaison.

Tous les véhicules sont équipés de batteries au plomb sauf le véhicule Master Renault qui est équipé d'une batterie Ni-Fe.

Les véhicules de la flotte des Universités de Bruxelles sont expérimentés depuis sept ans et sont exploités actuellement, par voie de location, pour la circulation dans la ville de Bruxelles afin de déterminer les paramètres techniques et économiques d'une telle exploitation.

Le véhicule Horlacher, de forme originale, jouit d'une certaine popularité en Suisse et offre des performances assez remarquables.

La camionnette Renault-Master montre un bel équilibre entre la capacité et le volume de charge d'une part et l'espace occupé

par les batteries d'autre part.

Les véhicules Rocaboy allient élégamment légèreté et capacité de charge.

La Fiat 600 électrifiée de Greentech a déjà permis à son propriétaire de parcourir des dizaines de milliers de kilomètres de manière écologique.

Plusieurs modes de recharges intermédiaires ont été utilisés :

- charge normale en régime de 2 heures ou 5 heures (PGE-Rocaboy);
- charge normale en régime de 5 heures avec échange de batterie (Horlacher);
- charge rapide (1 h) avec échange de batteries (PGE);
- combinaison de charges normales (2 h) et de charges rapides (1 h) (PGE);
- charge normale pour batterie Ni-Fe.

Les durées de charge citées ci-dessus (1 h - 2 h - 5 h) indique le temps nécessaire pour une recharge complète.

Le véhicule à moteur à combustion interne a circulé pendant douze heures sans devoir refaire un plein d'essence.

La numérotation des véhicules (1 à 14) ne donne pas un classement mais l'ordre de départ. Ce classement est inutile car les données du tableau c.à.d. la distance parcourue (KM), l'énergie consommée (KWh), l'énergie consommée par kilomètre (Wh/Km) et l'énergie consommée par tonne et par kilomètre (Wh/Km.Ton) illustrent de manière éloquentes les informations que peut fournir une épreuve telle que les "12 Heures Electriques de Bruxelles".

Une première constatation est que l'on peut affirmer ou confirmer que le "plomb a toujours son mot à dire". Il est possible de mettre en oeuvre utilement des batteries au plomb et il n'est d'ailleurs pas certain que dans l'avenir la bataille entre le plomb et les autres couples soit nécessairement perdue par le plomb. Le problème de l'équilibre économique n'est pas nécessairement défavorable pour le plomb.

Une deuxième constatation concerne les distances parcourues. Le véhicule thermique a parcouru la distance la plus longue (211 km). Cela ne représente qu'une vitesse moyenne de 17,6 km/h! Ce véhicule n'a du s'arrêter brièvement qu'aux postes de contrôle. Il est bien évident que rouler pendant 12 heures sans arrêt dans une ville ne correspond à aucune utilisation réelle.

La même remarque peut être faite pour les véhicules ayant roulé sur base d'un échange de batterie. Les distances parcourues (176 km et 195 km) sont à peine inférieures à celle du véhicule thermique pour une consommation dont la comparaison se passe de tout commentaire :

339 Wh/T.Km à 179 Wh/T. 2810 Wh/T.Km.

L'utilisation d'un véhicule (électrique ou thermique) en ville comporte des temps d'arrêt pendant lesquels l'utilisateur effectue certaines prestations (charge ou décharge de marchandises, participation à une réunion, pose pour le déjeuner, etc...). Si l'on considère que ces prestations occupent au moins 50 % du temps disponible on s'aperçoit que le véhicule thermique ne parcourt qu'une centaine de kilomètres dans le centre ville.

Si l'on considère en outre que les intervalles de recharge des véhicules électriques peuvent coïncider avec les temps d'arrêt pour prestations alors il est évident que les véhicules électriques peuvent aisément soutenir la comparaison avec les véhicules thermiques. Il suffit pour cela de disposer partout dans la ville de points d'accès au réseau électrique tels que par exemple l'exemple en forme de paramètre qui a été montré sous forme de diapositive.

"Les 12 Heures Electriques de Bruxelles" seront probablement répétées; en tout cas cette épreuve-démonstration apporte des renseignements au moins aussi intéressants que le classement résultant de compétitions en circuit fermé.

M. J. L. Richard s'exprime au nom de la Charente-Maritime et de la ville de La Rochelle et déclare leur volonté de promouvoir le véhicule électrique de façon particulièrement énergique.

Les méthodes employées sont comparées à la construction d'une fusée. En premier lieu, un groupement d'intérêt économique a été créé pour étudier le problème du véhicule électrique. Des remerciements sont adressés aux auteurs du rapport COST 302 pour les réponses qu'il fournit.

Une association a été créée, appelée Association Charentaise de Promotion des Véhicules Electriques, qui a permis de constituer une flotte comprenant une quinzaine de véhicules Elestra produits par l'Electricité de Strasbourg, des véhicules Peugeot 205 électriques, deux fourgonnettes 115 et un certain nombre de véhicules Rocaboy.

La seconde partie de la construction est constituée par le passage à l'industrialisation. Un groupe dans lequel on retrouve notamment les firmes LEROYSOMER, HOLDHAM, HAWKER-SIDELEY, AIMC et ROCABOY, sera opérationnel dans trois semaines (à partir de la date du séminaire COST 302 *), sous le nom de "Société Européenne des Electromobiles Rochelaises". Cette société va construire les véhicules Rocaboy à La Rochelle. Elle est décidée à prendre les risques nécessaires dans un créneau extrêmement étroit correspondant à la production de véhicules Rocaboy équipés de batteries au plomb ordinaire fournies par la firme Holdham. D'autres batteries pourront être utilisées, notamment la batterie au plomb de type étanche. Il faudra proposer des véhicules à un prix raisonnable pour les collectivités et les grandes organisations en premier lieu, ensuite pour les artisans et enfin pour les particuliers. Dans ce dernier cas une condition capitale à remplir est l'existence

* Note du rédacteur

de stations service capables de donner l'aide nécessaire aux utilisateurs. Dans quelques années la panne du véhicule électrique sera un événement rare.

M. Richard exprime sa conviction, en se référant à la grande aventure de Marcel Dassault qui a produit l'avion Ouragan avant même de disposer du moteur, qui est passé au Mystère II qui a été suivi du Super Mystère et du Mirage qui a été un excellent avion comparable au Hunter anglais.

M. Mazzon remercie M. Richard pour avoir apporté dans son propos une réponse positive à la question posée par Monsieur Bassac lors de son exposé. (Cette question consistait à demander quand des actions concrètes seraient effectuées pour mettre réellement des véhicules électriques sur le marché)*.

Un intervenant autrichien demande au Prof. Maggetto si la consommation dans l'épreuve-démonstration (de 200 à 300 Wh/km) est une consommation mesurée au niveau du réseau de distribution d'énergie et si la liste des résultats des "12 Heures électriques de Bruxelles" sera distribuée aux participants au séminaire COST 302. La réponse est positive.

M. Pleukel (Autriche) fait partie d'une firme distributrice d'électricité et annonce qu'elle met en oeuvre deux véhicules City Stromer de la RWE. Ce choix repose sur l'idée qu'il est important de construire des véhicules électriques à partir de véhicules conventionnels et ceci même si ce qui a été montré à propos des performances des véhicules Rocaboy est intéressant. Il rapporte également que lors d'un symposium autrichien sur les véhicules électriques, le point de vue suivant a été défendu : les progrès à faire dans la construction des batteries seraient plus utilement concentrés sur la diminution de leur poids que sur l'augmentation de l'autonomie des véhicules car le véhicule électrique trouvera quand même son utilisation principale dans la circulation urbaine; pour cette raison il a été considéré que l'autonomie du City Stromer était suffisante. Des analyses de distances parcourues par les véhicules conventionnels ont montré clairement qu'en exploitation urbaine les distances maximales parcourues sont de 70 km tandis qu'en dehors des villes les distances s'allongent immédiatement. Ceci confirme pourquoi l'objet des prochaines recherches sera limité aux véhicules à introduire dans le domaine urbain.

M. Bassac demande à l'intervenant de confirmer si c'est la firme Volkswagen qui fabrique les City Stromer et si ces véhicules sont au catalogue commercial et en vente. Il est répondu que les City Stromer dont il est question proviennent d'un accord de collaboration avec RWE.

* Note du rédacteur

M. Zander (RWE, RFA) précise que 50 City Stromer ont été construits par un consortium de firmes comprenant notamment Volkswagen et BBC. Ces véhicules ont formé un lot unique et ont été vendus à des intéressés; deux de ces véhicules ont été acquis en Autriche par NEWAG-NIOGAS.

Une réponse supplémentaire est donnée alors par un représentant de la firme Volkswagen à la question de savoir pourquoi d'autres véhicules électriques ne sont pas construits. Trois mille (3000) véhicules étaient prévus pour Berlin mais ils auraient été beaucoup trop chers car il aurait fallu les vendre aux clients au prix de 50.000 Marks (1.250.000 FB ou 31.500 ECU). En construction automobile 3000 représente une goutte d'eau si l'on veut couvrir par un tel nombre des coûts de production qui s'élèvent à des millions ou même des milliards de Marks.

Une deuxième raison pour ne pas passer à la production de véhicules électriques se retrouve dans la batterie. A aucun moment il n'a été possible de trouver une batterie qui aurait pu être fournie avec la caution VW et qui aurait eu une durée de vie d'au moins quatre ans. Le programme de Berlin, publiquement encouragé, aurait permis d'évaluer les coûts d'entretien dont il n'existe jusqu'à présent aucune publication. En effet, un tel nombre de campagnes de mesures a été effectué, au cours desquelles un nombre équivalent de modules de batterie différents ont été testés, qui de plus ont dû être échangés, de temps en temps, qu'il n'a pas pu être question de déterminer les coûts d'entretien mais bien plus de savoir comment utiliser (ces véhicules et leur batterie)*.

L'intervenant cite alors quelques exemples "amusants ou tragiques" de mise en oeuvre de véhicules électriques qu'il a connus ces dernières années.

Un premier exemple est celui de l'exposition du jardinage à Düsseldorf où les véhicules électriques étaient obligatoires. Il est en effet très intelligent de séparer la fonction d'utilisateur de véhicules électriques de celles d'acheteurs de ces mêmes véhicules. L'acheteur dans ce cas était le restaurant (de l'exposition)* qui ne pouvait effectuer des transports que sous forme électrique. Le conducteur était soit l'étudiant A aujourd'hui et un conducteur B ou C le lendemain qui l'un et l'autre désiraient gagner un peu d'argent.

Dans les 14 jours d'utilisation un appel téléphonique est arrivé annonçant que le véhicule et la batterie étaient hors service. Pourquoi ?

Il était trop ennuyeux pour ces utilisateurs occasionnels de raccorder, à la fin de la journée, le chargeur de batterie à sa prise de courant.

Le deuxième exemple est relatif aux véhicules utilisés à l'intérieur des usines pour les communications intérieures; on a pensé que ces communications pouvaient se faire par véhicule électrique. On a oublié que les utilisateurs de ces véhicules les utilisent le soir jusqu'à la sortie de l'usine où il n'y a

* Note du rédacteur

pas de prise de charge. Ces véhicules n'ont également pas fonctionné longtemps. Ceci veut dire que pour certains utilisateurs la simple connexion de la prise de charge du chargeur de batterie constitue déjà un problème de maintenance trop important.

Que faut-il alors penser du remplissage mensuel en eau distillée des batteries, en hiver, quand les conduites sont gelées?

On peut donc constater qu'il est possible d'utiliser les batteries au plomb mais qu'il y manque encore un tas de choses. Les solutions totalement exemptes d'entretien telles que les batteries au plomb à électrolyte gel et les batteries sodium-soufre sont des solutions nettement plus heureuses.

(Note du rédacteur : il est difficile d'imaginer que la mise en place, aux endroits nécessaires, de prises de courant puissent poser le moindre problème!)

M. Bassac demande l'avis de personnes qui mettent des véhicules électriques en location, par exemple les Witkart à Amsterdam et les véhicules électriques de Zermatt.

M. De Perri (directeur des cures, Zermatt) intervient alors en décrivant en premier lieu la localisation de Zermatt qui est très importante. Zermatt se trouve au Sud-Ouest de la Suisse à l'extrémité Sud d'une vallée perpendiculaire à la vallée du Rhône et au coeur des plus hautes montagnes. Zermatt a une hauteur de 1620 m et en hiver il y fait très froid. Le premier hôtel y a été établi en 1800 pour des visiteurs avides d'isolement. L'accès à Zermatt a été réalisé sous forme de voie ferrée, en 1891 et cela avant que l'automobile devienne un moyen de transport. C'est pour cette raison que Zermatt n'a jamais eu de circulation automobile et qu'il n'y en aura pas non plus dans le futur. La route s'arrête donc, pour les visiteurs, à 4 km de Zermatt.

La capacité d'accueil de Zermatt, avec ses 106 hôtels, est de 18.000 personnes. Si l'on y ajoute les habitants et le personnel on arrive à 25.000 personnes, en haute saison, qui doivent être transportées. Ce transport se fait par 340 véhicules électriques et un certain nombre d'autres véhicules à traction chevaline. L'étroitesse des rues a conduit à n'autoriser qu'un seul véhicule électrique par hôtel. Les particuliers ne peuvent pas en acquérir. Les magasins, services publics et la police disposent aussi de véhicules électriques. La bicyclette est également un moyen de transport à Zermatt. Zermatt est donc le royaume du piéton. Pour cette raison la rue conduisant à la station ferrovière est interdite aux véhicules électriques et au cyclistes de 15 à 19 heures.

Quelle est l'expérience acquise ? Les désavantages du système de transport se retrouvent dans les coûts d'entretien élevés des véhicules électriques et dans le poids de la batterie qui se marque surtout lors de l'échange des batteries.

Les avantages sont très grands, largement supérieurs aux désavantages, et se situent au niveau de l'environnement : pas

d'émissions, pas de bruit.

En hiver, la neige reste sur la route et ceci n'est pas un problème pour les véhicules électriques, pas plus que la pente des rues.

Les seules exceptions aux véhicules électriques sont l'ambulance, le chasse-neige et les véhicules des quatre médecins. L'année prochaine les médecins s'essaieront également au vélo, le transport des malades se faisant par ambulance ou par hélicoptère.

La dimension des véhicules électriques est réglementée. Ces véhicules ne peuvent pas avoir l'aspect d'un véhicule normal même si la forme utilisée à Zermatt n'est pas très jolie.

Les conclusions d'une discussion entamée en 1972 pour arriver à Zermatt par la route s'est soldée par un vote négatif, à 92 %, de la population.

En Suisse, il existe sept stations de cure interdites aux automobiles : Zermatt, Saasfee, Riedeval, Bettmeral, Wengen, Müren et Braunwald. Depuis un an une tentative de création d'une association de stations de cure sans automobiles a été tentée de manière intensive mais à ce jour des différences de situations très grandes existent entre ces stations. Wengen et Müren n'ont pas d'automobiles en permanence dans le village mais bien beaucoup de véhicules agricoles. A Riederal et Bettmeral le trafic et le transport des marchandises se font avec des véhicules spéciaux et les émissions polluantes y sont très grandes sous forme de bruit et de gaz. Des efforts sont faits pour introduire des véhicules électriques car ceux-ci peuvent tout faire. C'est ainsi qu'à Zermatt, l'évacuation de la neige et le ramassage des ordures seront électriques dans un proche avenir.

Le Prof. Maggetto rappelle que le rapport COST s'est attaché à définir les données économiques qui ont servi de base pour faire le calcul économique. Les données d'entretien ont été déterminées dans le rapport sur les aspects opérationnels.

En relation avec les données d'exploitation il est intéressant de connaître la distribution, selon les largeurs, des trajets parcourus par les véhicules électriques. La figure jointe à ce texte montre cette distribution sur une période de 18 mois pour deux véhicules appartenant à la flotte des Universités de Bruxelles et participant au "Brussels Electric Vehicle Experiment". Ces véhicules sont loués par le personnel académique, technique ou administratif de la VUB (Université Néerlandophone de Bruxelles). Les utilisateurs n'ont aucune connaissance particulière. On peut considérer qu'un millier de personnes ont accès aux véhicules de cette flotte pour leurs besoins de déplacement en ville.

Cette distribution montre quels types de trajets sont effectués en ville et démontre clairement que ces trajets sont accessibles aux véhicules électriques puisque la même distribution serait obtenue pour les véhicules thermiques traditionnels.

M. Hut (Elestra, France) confirme qu'avec les 150 véhicules Elestra qui sont en exploitation depuis plusieurs années, l'autonomie de 80 km qu'ils offrent est largement suffisante puisque l'histogramme des déplacements recoupe très largement les histogrammes présentés par le Prof. Maggetto. Depuis deux années des véhicules Elestra sont en exploitation à Strasbourg pour la visite touristique et des industriels pensent à s'équiper de ce véhicule pour la visite de leurs usines dont certaines sont grandes et reçoivent des visiteurs tous les jours. Le véhicule Elestra est un triporteur électrique.

Une dernière question est posée à propos de Zermatt. Quelle est l'influence du caractère silencieux des véhicules électriques sur la fréquence des accidents dont sont victimes les piétons ? Un problème existe spécialement pour les taxis (il y a dix exploitants de taxis) qui roulent trop vite et peuvent surprendre les piétons.

Depuis quelques mois des obstacles ont été introduits qui ralentissent la circulation. Certains véhicules sont munis de clochettes comme les chevaux.

SESSION 4

ENVIRONNEMENT

Président : M. SCHREIBER, Autriche
Directeur Général au ministère fédéral de
l'environnement, de la jeunesse et de la famille;
Vice-Président des actions COST

Rapporteur : Dr Wilfried REINHARDT, managing director, chef du
département Nord Rhein Westfalien de SNV, Berlin-
Hambourg

Introduction par le Dr. REINHARDT

Résumé de la session par M. le Prof. MAGGETTO

"ENVIRONNEMENT"

1. REDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1.1. Impact sur le trafic routier

C'est sur la qualité de l'air dans les zones de circulation routière que l'impact écologique des véhicules électriques se fait le plus sentir : alors que les gaz d'échappement des véhicules thermiques contiennent de nombreuses substances toxiques, les véhicules électriques routiers n'entraînent aucune émission toxique importante.

En raison de leur autonomie limitée, c'est précisément dans les agglomérations urbaines que les véhicules électriques réduisent la pollution atmosphérique. A la suite de l'engorgement fréquent des voiries urbaines, les véhicules thermiques non seulement ont un moteur qui tourne au ralenti, ce qui dégage d'importantes quantités d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures, mais doivent aussi freiner fréquemment ce qui dégage des substances toxiques dues à l'usure des freins. En ville donc, le remplacement des véhicules thermiques par des véhicules électriques apporte une contribution appréciable à la lutte contre la pollution de l'air.

1.2. Impact sur l'énergie

Lorsque l'électricité est produite dans des centrales thermiques classiques, il en résulte des émissions d'oxyde d'azote, d'oxyde de soufre et de poussières.

Etant donné que les batteries des véhicules électriques sont généralement surtout chargées la nuit, il en résulte un équilibrage des variations de charge journalière et un écrêtement des pointes; la production d'électricité peut davantage être transférée vers les centrales de base qui fonctionnent avec un meilleur taux de combustion grâce à un équilibrage de la charge.

1.3. Impact sur la production et la mise au rebut

La fabrication des véhicules n'a pour ainsi dire aucun impact sur

l'environnement. Quoiqu'il en soit, la fabrication de batteries de démarrage devrait être accompagnée de mesures techniques en raison des émissions de poussières de plomb qu'elle occasionne. La production massive de batteries de traction nécessiterait toutefois la construction de nouvelles usines dans lesquelles on pourrait fortement réduire les émissions grâce à l'introduction de nouvelles techniques. Quant à la mise au rebut des véhicules électriques et de leurs batteries (y compris l'élimination de l'acide), elle doit être effectuée par des firmes spécialisées et, dans ce cas, il n'en résultera pas de dégâts pour l'environnement.

1.4. Quantification de l'impact sur la pollution de l'air

D'après les évaluations, les six millions de voitures électriques et le million de fourgonnettes électriques réduiront les émissions des trois principaux polluants d'environ :

2,3 millions de tonnes par an pour le monoxyde de carbone (CO)

0,15 million de tonnes par an pour les oxydes d'azote (NO_x)

0,27 million de tonnes par an pour les hydrocarbures (H_mC_n)

L'électricité nécessaire à l'alimentation de ces 7 millions de véhicules augmente toutefois les émissions d'autres polluants de :

0,12 million de tonnes par an pour l'anhydride sulfureux (SO₂)

0,01 million de tonnes par an pour les poussières.

Les réductions ou augmentations en pourcentage des substances nocives par rapport à l'ensemble des émissions varient d'un pays à l'autre et dépendent entre autres de la composition du parc automobile, des dimensions et des types de véhicules et enfin du trafic.

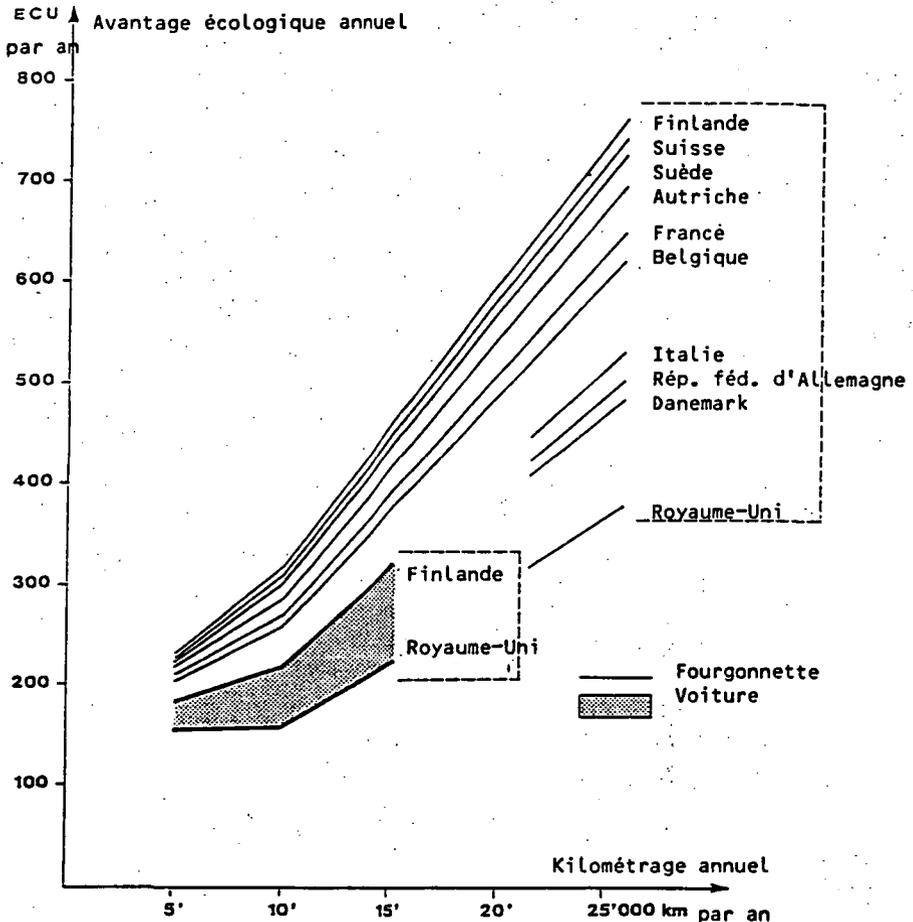
D'après les calculs, ces pourcentages sont les suivants pour le Royaume-Uni et la République fédérale d'Allemagne :

| | Circulation urbaine (%) | | Toutes sources confondues (%) | |
|----------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | Rép. fédérale d'Allemagne | Royaume-Uni | Rép. fédérale d'Allemagne | Royaume-Uni |
| Monoxyde de carbone | -21 | -16 | | |
| Anhydride sulfurique | - 2 | - | + 1 | + 2 |
| Oxydes d'azote | -12 | -24 | - 1 | - 1 |
| Hydrocarbures | -19 | -28 | - 4 | - 1 |
| Poussières | - 2,5 | - | + 0,5 | - |

Réduction des émissions polluantes grâce à l'introduction des véhicules électriques.

1.5. Evaluation monétaire de l'impact sur la pollution de l'air

Le point de départ de la méthode d'évaluation réside dans une comparaison entre l'introduction de véhicules électriques d'une part et la pose de catalyseurs sur un nombre déterminé de véhicules thermiques d'autre part : quels seraient les coûts (des facteurs) résultant de l'achat et du fonctionnement du nombre de catalyseurs à trois voies nécessaire pour arriver à la même réduction de pollution que celle produite par l'introduction de mille véhicules électriques ? La réponse à cette question est illustrée dans le graphique 1 ci-après et fait ressortir l'avantage écologique considérable que détient le véhicule électrique.



Graphique 1: Avantages écologiques annuels d'une voiture électrique et d'une fourgonnette électrique dans dix pays européens.

2. Réduction du bruit

Dans les zones d'utilisation des véhicules électriques, le bruit de la circulation provient essentiellement des véhicules utilitaires (camions et autobus). Etant donné que les véhicules électriques sont essentiellement des voitures et de petites fourgonnettes, leur introduction ne diminuera pas vraiment la pollution par le bruit, si des mesures ne sont pas prises au niveau des poids lourds. Pour ce qui est du bruit, le véhicule électrique présente toutefois de gros avantages par rapport au véhicule thermique dans les zones interdites aux poids lourds, à savoir dans le centre des villes, les zones piétonnes et les zones de détente et de loisirs. Dans ces zones, les véhicules électriques, pour autant qu'ils représentent plus de 30 % du trafic total, entraînent en effet une réduction sensible du bruit.

RESUME DE LA SESSION

M. SCHREIBER rappelle qu'en tant que Vice-président des actions COST il connaît et estime cette collaboration entre pays européens dans le domaine de la recherche, qui est la forme la plus ancienne de collaboration en Europe. Il a pu apprécier les méthodes de travail et la bonne atmosphère existant dans les groupes de travail. Pour ces diverses raisons il apprécie particulièrement la présidence de la session environnement.

Le thème de l'environnement se retrouve parmi les plus importants dont l'Europe doit traiter car notre environnement est d'intérêt vital pour nous donner une chance de survivre dans le futur dans des conditions qui ne limitent pas trop la qualité de notre vie.

Le travail effectué dans ce chapitre est d'excellente qualité et il faut en remercier les personnes qui y ont contribué car on y trouve des idées qui devraient inciter à poursuivre ce travail et qui concernent les Etats, les pouvoirs publics et les firmes. La discussion indiquera comment le véhicule électrique est capable d'améliorer l'environnement, particulièrement dans les centres à grande concentration urbaine.

Après le rapport du Dr. Reinhardt, M. Schreiber souligne encore certains points qui lui paraissent importants pour la discussion.

Un premier élément de discussion est le remplacement possible de 7 millions de véhicules classiques par 6 millions de voitures électriques particulières et 1 million de camionnettes électriques, sans nuire au confort ou à l'efficacité de l'utilisation.

Un deuxième élément est la réduction des émissions qu'apportent ces 7 millions de véhicules électriques surtout lorsqu'ils sont concentrés dans les centres urbains. Dans ce cas une réduction d'émissions de l'ordre de 20 à 30 % est atteinte. Ces derniers chiffres sont considérables pour la qualité de la vie dans les centres urbains mais aussi pour le problème de la dégradation du site dans le centre des vieilles villes européennes.

La circulation urbaine ne demande ni grandes vitesses ni moteurs puissants. Dans ce cas il s'agit également d'un problème de conception de vie. On peut penser à ce sujet à une petite voiture française bien connue qui fût pendant des années le symbole d'un statut; elle était lente et laide d'aspect et pourtant tout le monde l'a utilisée. Si l'on pouvait créer le même état d'esprit vis-à-vis du véhicule électrique, un grand pas aura été franchi. La seconde voiture du ménage que les femmes utilisent pour leurs courses en ville constitue un marché pour le véhicule électrique à condition d'être adaptée aux besoins des utilisatrices potentielles.

Un avantage décisif pour le milieu naturel est apporté par le fait que ces 7 millions de véhicules ne demandent aucune augmentation de la puissance installée pour la production d'énergie électrique. Bien au contraire, ils permettent une égalisation de la charge des centrales électriques.

La réduction du bruit est également un élément significatif. Dans beaucoup de pays européens certains véhicules des services publics ont été électrifiés. Combien est-il agréable de ne plus avoir ces transports lourds, avec leurs problèmes de changement de vitesse et leurs virages bruyants, traversant les centres urbains. Dans ce cas-ci également, les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle innovateur et pourraient acquérir des flottes à titre d'expérimentation pour aider au développement des véhicules électriques.

Un autre problème qui peut être signalé également et qui n'a probablement guère été traité, est celui de l'évacuation des calories. Quand, dans une ville, la progression se fait au pas d'homme avec des moteurs pouvant développer jusqu'à 200 CV, comme les journaux l'ont décrit pour Milan où la vitesse atteint 5 km/h, on peut imaginer combien la chaleur dégagée par les véhicules thermiques classiques devient une charge inutile pour le microclimat d'un centre de ville.

Si l'on considère qu'il y a en Europe un potentiel de 7 millions de véhicules électriques il faut alors introduire un élément économique dans la discussion. En effet, considérant que dans chaque pays il peut y avoir jusqu'à trois firmes constructrices, on arrive fatalement à des prix de fabrication inacceptables. Dans ce cas, il faut suivre une voie qui a déjà été utilisée en Europe c'est à dire la voie de la conception d'un véhicule électrique européen à l'exemple de l'Airbus. La comparaison peut paraître utopique mais il faut penser en termes de dimension de marché qui conduisent à des avantages économiques.

L'Europe est un marché.

En rendant effectif le grand marché intérieur de 1993, l'Europe s'est fixée un objectif pas seulement pour les membres de la Communauté Européenne mais aussi pour les autres Etats qui voudront s'intégrer à ce marché. Nous devons tenter de forcer, dans ce cas-ci également, un développement commun. Naturellement ceci implique le développement d'un nouveau système de batterie. Un développement n'apparaît que lorsque des progrès sont accomplis qui provoquent une modification d'état d'esprit dans la population.

Un intervenant suisse résume la situation dans son pays. Depuis septembre 1976 existe en Suisse un projet de gouvernement fédéral dans lequel des objectifs sont fixés concernant la qualité de l'air : par exemple en 1995 les émissions NOx devront à nouveau être ramenées aux valeurs de 1960. D'autre part les limites des pollutions par émissions sont également

définies dans la loi sur l'environnement.

Aujourd'hui, les limites d'émissions dans les villes et les agglomérations sont dépassées d'un facteur deux à quatre. Ces valeurs limites imposées ne seront atteintes qu'en 1994, selon cette ordonnance. Nous sommes donc tous sollicités !

Une question qui se pose est de savoir si dans les centres urbains le remplacement d'une partie des véhicules classiques est possible afin d'apporter une solution au problème de pollution. Une réponse à cette question ne peut être trouvée qu'à partir de l'analyse de la circulation actuelle.

Une enquête de 1984 a montré que 32 % des trajets effectués en automobile avaient une longueur inférieure à 3 km. En Suisse, 90 % des trajets en automobile ont une longueur inférieure à 25 km.

Il devient donc vraisemblable de considérer qu'une partie potentiellement suffisante des trajets courts et moyens peut être effectués par des véhicules électriques de substitution et ceci est d'autant plus clair si l'on considère le nombre important de secondes voitures ou même de voitures multiples.

En Suisse, 2.6 millions de voitures particulières circulent parmi lesquelles on retrouve environ 500.000 (un demi-million) de secondes voitures ou voitures multiples.

On considère que 200.000 (deux cent mille) de ces véhicules peuvent être remplacés par des véhicules électriques, surtout pour les trajets de type "pendulaire" (habitation-lieu de travail) ou navettes dont 90 % ne dépassent pas une longueur de 15 km.

Ces chiffres montrent que l'on peut faire quelque chose.

On peut donc conclure comme suit : les trajets de courte longueur en automobile contribuent de manière très significative à la pollution.

Si l'on réussissait à remplacer une partie de ces trajets par des trajets en véhicule électrique on contribuerait de manière positive à la diminution de la pollution atmosphérique.

Une estimation grossière indique que 10 à 30 % des polluants atmosphériques dans les villes et agglomérations suisses, selon le type de polluants, pourraient être supprimés par une action sur le trafic. Soixante pour cent (60 %) de la population suisse habitent dans ces centres.

L'effet des véhicules électriques sur le bruit retera longtemps encore négligeable le long des voies principales à cause des transports lourds. Ceci n'est pas le cas pour les quartiers résidentiels.

M. Kaufmann (Exploitations industrielles de la ville de Zürich) indique comment la réponse aux impositions réglementaires est abordée à Zürich. Cela se fait en deux étapes.

Une première étape importante est réalisée dans les transports publics où l'on envisage de remplacer les 145 autobus par moitié par des trolleybus. Pour l'agglomération de Zürich, 70 % des navetteurs utilisent les transports publics. Le problème se ramène donc à 30 % des trajets mais cela occupe 100 % des discussions politiques sur ce sujet.

Les mesures prises pour les transports particuliers restent encore très rudimentaires : la ville de Zürich utilise 500 voitures particulières dont 400 ont été équipées de catalyseur et depuis quelques mois elle est l'heureuse propriétaire de trois véhicules électriques. Un quatrième véhicule sera livré incessamment. Parmi les 417 véhicules spéciaux de la ville, 50 véhicules sont électriques.

M. Kaufmann donne encore des informations complémentaires provenant de trois services de la société de production d'électricité, de la société de traitement des eaux usées et de l'inspection de la santé qui utilisent des véhicules électriques depuis un certain temps.

La société de traitement des eaux usées est propriétaire, depuis trois mois, d'un véhicule électrique et ne semble pas particulièrement satisfaite de certaines faiblesses.

La situation est différente à la société d'électricité où l'on n'est pas particulièrement surpris de l'affirmation relative au fait qu'il ne sera pas nécessaire d'installer des unités de production supplémentaires. Cette société est satisfaite par le véhicule électrique LAREL. Le conducteur déclare effectuer ses trajets de manière détendue ce qui indique qu'il ne faut pas prendre comme modèle de référence la circulation urbaine trop rapide des véhicules classiques, et donne matière à réflexion pour le futur.

L'inspection de la santé utilise avec satisfaction son véhicule et tente également une recharge des batteries à partir de cellules solaires de manière à effacer un sentiment de culpabilité par rapport aux 30 % d'énergie de provenance nucléaire (achetée en France ?)*.

M. Schreiber insiste alors sur les nombreuses possibilités d'utilisation des véhicules qui ont été décrites pour Zürich et sur le rôle des pouvoirs publics. Même les expériences négatives sont utiles pour définir petit à petit un véhicule répondant aux besoins des utilisateurs. Il adresse une critique au Dr. Reinhardt car si l'on considère l'évaluation de l'avantage financier dû au bénéfice écologique on ne roulerait plus qu'en véhicule électrique. Or il semble qu'on n'ait pas tenu compte du coût supplémentaire d'un véhicule électrique mais seulement du coût supplémentaire dû aux catalyseurs.

Dr. Reinhardt répond que seul l'avantage écologique a été évalué dans l'étude sur l'environnement et non les coûts de mise en oeuvre des véhicules électriques. Si l'on devait introduire actuellement ces coûts supplémentaires les courbes montrées auraient une allure toute différente qui indiquerait le coût élevé de l'amélioration de l'environnement.

(Mais il s'agit des coûts actuels des véhicules électriques, coûts qui sont totalement irréalistes!)*

Un intervenant appartenant à la firme VW développe alors le raisonnement qui suit.

* Note du rédacteur

Si l'on remplace 7 % des véhicules classiques par des véhicules électriques et si l'on considère que les véhicules électriques ne consomment pas de pétrole alors on ne peut économiser que 7 % d'énergie et diminuer en gros la quantité de gaz émis de 7 % dans l'hypothèse où l'on néglige les émissions des centrales électriques. La question s'est alors posée de savoir si l'on ne pouvait pas obtenir un résultat meilleur à l'aide d'un véhicule hybride équipé d'un moteur électrique et d'un moteur à combustion interne.

Le véhicule électrique est limité a priori au second véhicule. Or si l'on veut être honnête, on constate que même si la famille dispose d'une deuxième ou troisième voiture, dès que les vacances arrivent, un enfant ne disposant pas encore de voiture demandera de pouvoir disposer de ce second ou troisième véhicule pour un long voyage (pour se rendre au Portugal, dit l'intervenant)*. Dans ce cas plus aucune statistique ne tient car 97 % des trajets ont une longueur inférieure à 90 km. Il n'existe donc actuellement que très peu de seconde voiture réelle.

A travers une réglementation on pourrait peut être faire en sorte que pour les 3 % de trajets restants des voitures de location soient utilisées.

Actuellement, la seconde voiture est un véhicule bon marché et même d'occasion. Or le véhicule électrique est plutôt cher. Peu de clients se décideront donc à un tel achat.

Pour ces raisons VW a choisi de développer cette solution hybride en sachant que si le choix est mal défini on aboutit à une solution très chère. Mais une combinaison adéquate a été trouvée qui a conduit à remplacer le volant d'inertie du moteur thermique par un moteur électrique de 5 kW. C'est une voiture électrique et également une voiture à moteur à combustion interne.

Si 100 % des véhicules présents sur la route économisaient 35 % d'énergie ou réduisaient leur émission de 35 % on obtiendrait un résultat supérieur à ce que peuvent atteindre 7 % des véhicules réduisant leur émission de 100 %.

M. Schreiber rappelle alors qu'il existe de nombreux règlements concernant l'automobile mais très peu d'entre eux concernent les besoins de l'environnement. En Autriche les distances parcourues ont la même distribution qu'en Suisse. Il a été constaté que la longueur des trajets dépend du mode de transport et de la vitesse de déplacement. Les distributions de distances parcourues dont il a été question dans cette session correspondent à une situation momentanée.

Les distances parcourues augmentent avec la vitesse probablement en liaison avec un facteur temps évoluant de manière stable et correspondant au temps que nous passons chaque jour dans la circulation. Cela veut dire que si l'on réussit à introduire des transports électriques raisonnablement

* Note du rédacteur

lents du type Zermatt dans un grand nombre d'agglomérations alors l'expérience montrera une nouvelle stabilisation des villes liée non pas aux véhicules électriques mais aux piétons. En effet, les villes et les quartiers urbains se sont étendus sur base des vitesses élevées des divers types de transport et il est possible de freiner cette extension par l'introduction de vitesses modérées.

Nous disposons d'un excellent point de départ pour un règlement très justifiable : la création de zones de parking réservées aux véhicules électriques et par là-même d'un levier efficace pour contrôler le choix du mode de transport le plus judicieux. Une marchandise rare est une marchandise très convoitée et ceci est le cas des parkings dans les centres villes. Réserveons des zones de parking pour véhicules électriques dans les villes et les prévisions très prudentes de développement de véhicules électriques seront très rapidement poussées à la hausse. Ceci est également nécessaire si l'on croit d'une manière réaliste aux chiffres avancés par les chercheurs et qui définissent les conditions de sauvetage et de conservation des forêts alpestres. Ces chiffres ne seront pas atteints à l'aide des catalyseurs ou ils le seront trop tard. Il ne s'agit donc pas seulement de la possibilité de réaliser les valeurs de pollution maximales admissibles mais il s'agit d'un problème de temps. Le développement accéléré du véhicule électrique permet de réaliser rapidement les objectifs que l'on s'est défini.

En ce qui concerne la conception des véhicules on peut s'inspirer de l'industrie horlogère. Les éléments de base peuvent être les mêmes et produits de manière peu coûteuse. Des différences pourront alors apparaître selon qu'il s'agira d'un véhicule de montagne ou d'un véhicule de plaine.

M. J. Monard (La Rochelle, France) s'étonne que l'on se limite à la discussion du problème de la pollution de l'air et au problème du bruit. Pourquoi ne parle-t-on pas de la pollution liquide ? L'exemple du véhicule en stationnement perdant quelques gouttes d'huile est cité; il existe des quantités de ces véhicules.

Un autre exemple est le démarrage à froid d'un véhicule, ou le moteur mal réglé, qui provoquent une perte de combustible liquide par l'échappement ou un entraînement d'hydrocarbures par l'eau de condensation à l'échappement.

Toutes ces pertes de liquides ne sont pas négligeables : car de la chaussée ou du parking elles sont entraînées par les pluies vers un milieu naturel : lac, rivière en mer.

A-t-on étudié ce cas et quelle est son importance ?

M. Reinhardt répond que ce problème, n'a pas été oublié.

Il a été pris en considération mais n'est pas apparu dans l'exposé. En lisant le texte sur l'environnement on retrouvera un terme correspondant à cette pollution dans les formules du modèle retenu pour l'étude. Cependant ce n'est pas l'élément le plus important de pollution.

M. Hauszucken (Université de Technologie de Delft, Pays-Bas) pose un certain nombre de questions sortant du contexte de l'environnement et auxquelles il ne sera pas répondu étant donné le thème de la séance. On peut résumer ces questions comme suit.

Quel est l'avantage économique supplémentaire pour la société de la substitution des véhicules classiques par des véhicules électriques, en dehors des avantages énergétiques et écologiques ?

Quelles sont les caractéristiques souhaitables pour un véhicule électrique ?

Quel est le type de batterie souhaitable et quand sera-t-il disponible ?

Quel est l'intérêt des piles à combustible pour les véhicules électriques ?

M. Wurm, DGXII, Commission des Communautés Européennes, intervient à propos du véhicule hybride.

Des discussions ont lieu avec l'industrie pour définir les thèmes futurs du programme EURAM et notamment pour définir un système de démonstration pour les matériaux.

Un des sujets proposés est le véhicule électrique hybride car il apporte de nombreuses solutions intéressantes pour les développement des matériaux.

Pour les moteurs électriques on peut utiliser des aimants permanents Ter/Neodymium/Bore qui sont développés, avec l'aide de la Communauté, depuis deux ans déjà dans le cadre d'une action concertée entre 54 laboratoires européens. Si l'on pense également aux nouveaux alliages aluminium, aux matériaux qui entrent dans les batteries, etc... on sait que le véhicule électrique hybride est un véhicule ad-hoc pour faire des tests des nouveaux matériaux dont le développement est prévu dans le cadre des actions européennes.

Une remarque est formulée à propos des résultats de l'épreuve-démonstration : Les 12 Heures Electriques de Bruxelles. Le véhicule à moteur à combustion interne a utilisé 15 L aux 100 km ce qui est étonnement élevé et surprenant; l'autre extrême dans les consommations a été celle du véhicule HORLACHER avec 43 Wh/km globalement 8.3 kWh.

Cela signifie que le véhicule thermique a consommé globalement 416 kWh (d'après le rédacteur ce serait 489 kWh pour 211 km ou 452 kWh pour 195 km) chiffre qui doit être comparé au 8.3 kWh du petit véhicule électrique. Le rapport de consommation est de 1 à 50 c'est à dire environ 2 %. L'intervenant ne pense pas qu'un rapport de 50 existe entre le confort offert par les deux véhicules mais il lui semble clair que les deux véhicules ne sont pas comparables. Les distances comparées donnent respectivement 196 km et 211 km.

Le Prof. G. MAGGETTO, organisateur des 12 Heures, intervient pour corriger les conclusions que l'on pourrait tirer du tableau des résultats. En ce qui concerne le petit véhicule électrique (Horlacher) il est clair que ses prestations ne sont

pas comparables à celles du véhicule thermique car la comparaison doit également porter sur le volume transportable et sur des caractéristiques d'utilisation comparables. Le véhicule électrique HORLACHER a une forme ovoïde et on y roule en position quasi couchée. L'accès à ce véhicule n'est pas aisé pour tout le monde; ce ne peut donc être un véhicule intéressant que pour une certaine catégorie d'utilisateurs. Les consommations d'énergie respectives fausseraient la comparaison et ceci n'est pas le but poursuivi en publiant le tableau des résultats.

(Les distances parcourues et les consommations en Wh/T.km donnent des indications plus intéressantes)*

L'intervenant précédant marque son accord sur la remarque formulée par le Prof. Maggetto. De plus il est certain que les conditions de circulation en ville, pendant les 12 Heures, ont été déterminantes pour le véhicule thermique. En outre, il existe très certainement des véhicules pouvant satisfaire à la circulation urbaine et dont la consommation se situe 40 - 80 kWh/100 km.

Le Dr. Reinhardt précise alors que l'étude COST a pris en considération les consommations suivantes :
pour les voitures classiques particulières : 8 L aux 100 km en ville et 6,5 L aux 100 km sur route, hors ville;
pour les véhicules électriques : 0.3 kWh/km en ville et 0.275 kWh/km en zone suburbaine.

M. Kunzehnian (constructeur du véhicule Horlacher) s'insurge violemment contre le fait que son véhicule ne pourrait être comparé aux véhicules plus classiques. Il constate qu'en ville 90 % des automobilistes se trouvent seuls dans leurs véhicules et ceux-ci "puent" et consomment beaucoup d'énergie. Ils ne peuvent guère faire plus que son véhicule avec lequel il parcourt chaque jour environ 70 km et pratiquement à la même vitesse. Bien entendu, ce n'est pas encore un véhicule que l'on peut acquérir sur le marché. Des gens l'achètent pour des raisons assez peu définies, probablement parce que ce véhicule est différent des autres.

Ceci n'est cependant qu'un point de départ pour le développement de petits véhicules, très légers ayant une autonomie comparable à celle des autres et ayant des formes nouvelles. Cela ne doit pas nécessairement être une voiture classique. Quinze véhicules de ce type sont actuellement sur la route et ont parcouru environ 10.000 km. Les utilisateurs en sont satisfaits et la demande dépasse la capacité de production.

Le Prof. G. Maggetto précise sa pensée en confirmant l'intérêt qu'il porte au véhicule Horlacher d'autant qu'il a parcouru une des plus grandes distances pendant les douze heures. Mais une correction s'impose quant à la comparaison à faire avec les

* Note du rédacteur

véhicules classiques. Ceux-ci offrent une certaine capacité de transport en poids et en volume que l'on ne retrouve pas dans le véhicule Horlacher bien que celui-ci présente des caractéristiques intéressantes et séduisantes permettant d'attirer l'intérêt d'un certain nombre d'utilisateurs. Il est nécessaire de veiller à l'objectivité de la comparaison!

M. Knoflacher (TO, Vienne) déclare être très content de ce véhicule (Holcher) car il démontre ce que l'on sait déjà à partir de la théorie et de l'analyse des systèmes de transport c'est à dire qu'il n'est pas raisonnable de mettre en oeuvre des véhicules hypermotorisés pour réaliser des vitesses moyennes globales de 40 km/h qui se réduisent encore de moitié en ville et cela pour atteindre des accélérations très élevées pour des poids élevés. La situation paradoxale qui ressort de l'analyse de la circulation est que le remplacement des véhicules lourds et puissants par des petits véhicules conduirait à une augmentation de la vitesse moyenne (en ville ?)*.

Un intervenant commente alors les remarques de M. Kalberlah (VW). Les sept millions de véhicules électriques seraient concentrés dans les zones urbaines et y apporteraient une amélioration de la pollution par une réduction de 20 à 30 % des émissions.

De plus, l'accroissement de la détérioration de l'environnement produira une augmentation de l'avantage économique des véhicules électriques.

Enfin, si l'enfant qui demande une voiture pour se rendre en vacances au Portugal se voyait plutôt offrir un billet de chemin de fer il pourrait également se rendre (plus sûrement)* à Lisbonne et là louer une version évoluée de véhicule électrique qui lui permettrait de faire ses visites touristiques.

(Ici on rencontre le problème évident de l'harmonisation entre transports de masse à longue distance et transports locaux pour des individus ou petits groupes d'individus)*.

M. Bassac (EDF, France) intervient à propos du véhicule hybride cité par M. Wurm et M. Kalberlah. Quelle est la définition du véhicule hybride équipé d'un moteur électrique à aimants permanents et de faible puissance ? Cela veut-il dire que l'on n'est pas capable de fabriquer des moteurs de grandes puissances avec les aimants permanents ?

Les Japonais semblent partager ce dernier avis et n'orienteraient pas leurs recherches vers les moteurs puissants à aimants permanents.

Si le véhicule hybride est une première étape, pour les constructeurs automobiles, pour arriver un jour au véhicule électrique, alors il s'agit d'une entreprise intéressante mais qui devrait être de courte durée.

* Note du rédacteur

M. G. Brusaglino (Fiat, Turin) précise son opinion sur les moteurs électriques envisagés pour les véhicules hybrides. Le développement de composants pour un système hybride est très important, comme le dit aussi M. Wurm, car ils peuvent également être utilisés pour les véhicules électriques. Le véhicule hybride est plus complexe qu'un véhicule électrique et l'utilisation des moteurs électriques y est également plus complexe. En particulier, lorsqu'il s'agit de moteurs à aimants permanents entraînant directement les roues, on peut en imaginer une utilisation pour des véhicules entièrement électriques qui apparaissent comme un cas particulier de véhicule hybride.

Le CNR (Conseil National de la Recherche)*italien a financé une étude de moteur à aimants permanents pour entraîner les roues d'un trolleybus bi-mode; il s'agit donc de moteurs puissants. Les aimants permanents récents permettent d'envisager sans contrainte des grandes puissances. Les aimants utilisés étaient du type Samarium-Cobalt mais des aimants du type Fer-Neodymium Bore pourraient conduire à des performances meilleures à ces coûts plus intéressants.

M. Bradbury (Lucas-Chloride, Royaume-Uni) cite l'expérimentation des véhicules hybrides faite par sa firme il y a quelques années. Ces véhicules sont intéressants pour l'environnement.

Pour l'utilisateur particulier, un véhicule qui serait optimisé pour effectuer électriquement de courts trajets et qui de temps en temps pourrait parcourir de longues distances obtiendrait un grand succès.

Il ne faut pas oublier que l'un des problèmes liés au véhicule électrique est la crainte qu'il inspire, de ne pouvoir finir le trajet entamé. Le véhicule hybride offre l'avantage d'éliminer ce type d'anxiété.

Il serait intéressant de savoir, en ce qui concerne l'environnement, l'effet comparé d'un grand nombre de véhicules (hybrides)* utilisant une faible quantité de carburant liquide et d'un nombre réduit de véhicules (électriques)* n'utilisant aucun carburant liquide. Ceci est matière d'études pour les effets des véhicules hybrides sur l'environnement et pour une étude de marché pour ces véhicules; ce pourrait être une autre étude COST.

Une question est posée dès lors relativement à la nécessité de se demander au préalable quelle est la qualité du produit que l'on veut remplacer par un nouveau produit. A ce sujet, quelle est donc la qualité des automobiles que nous utilisons en grande majorité ? Qu'en pensent les constructeurs ?

La discussion devenant technique, M. Maggetto rappelle l'effet des 7 millions de véhicules électriques sur le milieu urbain c'est à dire une réduction de plus de 20 % de la pollution. Deux éléments de réflexion sont alors proposés.

* Note du rédacteur

Un premier élément de réflexion est l'évolution du milieu urbain consécutive à la réorganisation provoquée par l'association de transports urbains de masse à un système de transport local utilisant les véhicules électriques. Cette réflexion est proposée car il est évident que le déplacement, matin et soir, de grandes quantités de personnes à bord des véhicules qui ne sont occupés qu'au quart de leur capacité, n'est pas très rationnel. Les merveilles technologiques produites par le genre humain conduisent à des situations ahurissantes et inacceptables telles que la sous-utilisation des véhicules classiques. Corriger cette situation ne fera sans doute pas l'affaire des industriels (qui la provoquent)* mais notre devenir doit nous conduire à réfléchir à la réorganisation du milieu urbain en pensant à sa salubrité et à la qualité de vie qu'il offre.

Une solution sera peut-être trouvée en associant transport de masse et véhicules électriques.

Pour aller à Lisbonne, il vaudra mieux, dans un avenir plus ou moins proche, ou lointain, prendre le TGV et là-bas se déplacer à l'aide de moyens aux performances plus réduites pour faire du tourisme plus confortable et plus salubre (ou pour faire ses affaires de la même manière)*.

Un deuxième élément de réflexion, dont personne ne parle, est le problème du CO₂. Le rapport COST n'en tient guère compte parce que ce problème était trop vaste pour y être abordé. Nous brûlons les hydrocarbures. Où les retrouve-t-on après cette transformation ? Le jour où nous aurons brûlé toutes les ressources énergétiques se trouvant sous nos pieds pour les retrouver au-dessus de notre tête, il ne restera plus qu'à contempler avec regret ce que fût l'humanité et avec désespoir ce qu'il en subsistera. Voilà probablement un sujet fondamental de réflexion!

Une précision est apportée en réponse à une question précédente. Certains véhicules électriques sont en service (à Zermatt)* depuis plus de vingt-cinq ans en utilisation intensive et dans des conditions de températures très différentes ce qui indique que la technique a déjà atteint actuellement un niveau très avancé.

M. Schreiber conclut la discussion en remarquant qu'elle a apporté beaucoup d'éléments en faveur de l'environnement. Le développement de cette tendance doit se poursuivre aussi bien dans le domaine des véhicules hybrides que dans le domaine des véhicules électriques ou dans le domaine des piles à combustible. Etre conscient de l'environnement exige une certaine motivation et une mise au point. Une modification du comportement humain facilitera l'avènement du véhicule électrique.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires bien que le prix actuel du pétrole et les conditions de développement des

* Note du rédacteur

véhicules électriques soient défavorables. Malgré cela, ce serait une erreur de ne pas investir suffisamment dans le développement de cette technique.

Il faut également penser en termes de dimension européenne. Il faut lancer un appel car la collaboration, entre Etats membres de la Communauté Européenne et les autres Etats européens, dans le cadre COST est un exemple pour le futur. Ensemble, en Europe, nous devons trouver des solutions à ces problèmes et nous devons trouver des chemins communs pour éviter des concurrences inutiles dans le marché réduit. Il faut particulièrement remercier le secrétariat de COST et en particulier M. F. FABRE pour le travail exemplaire qui a été effectué.

