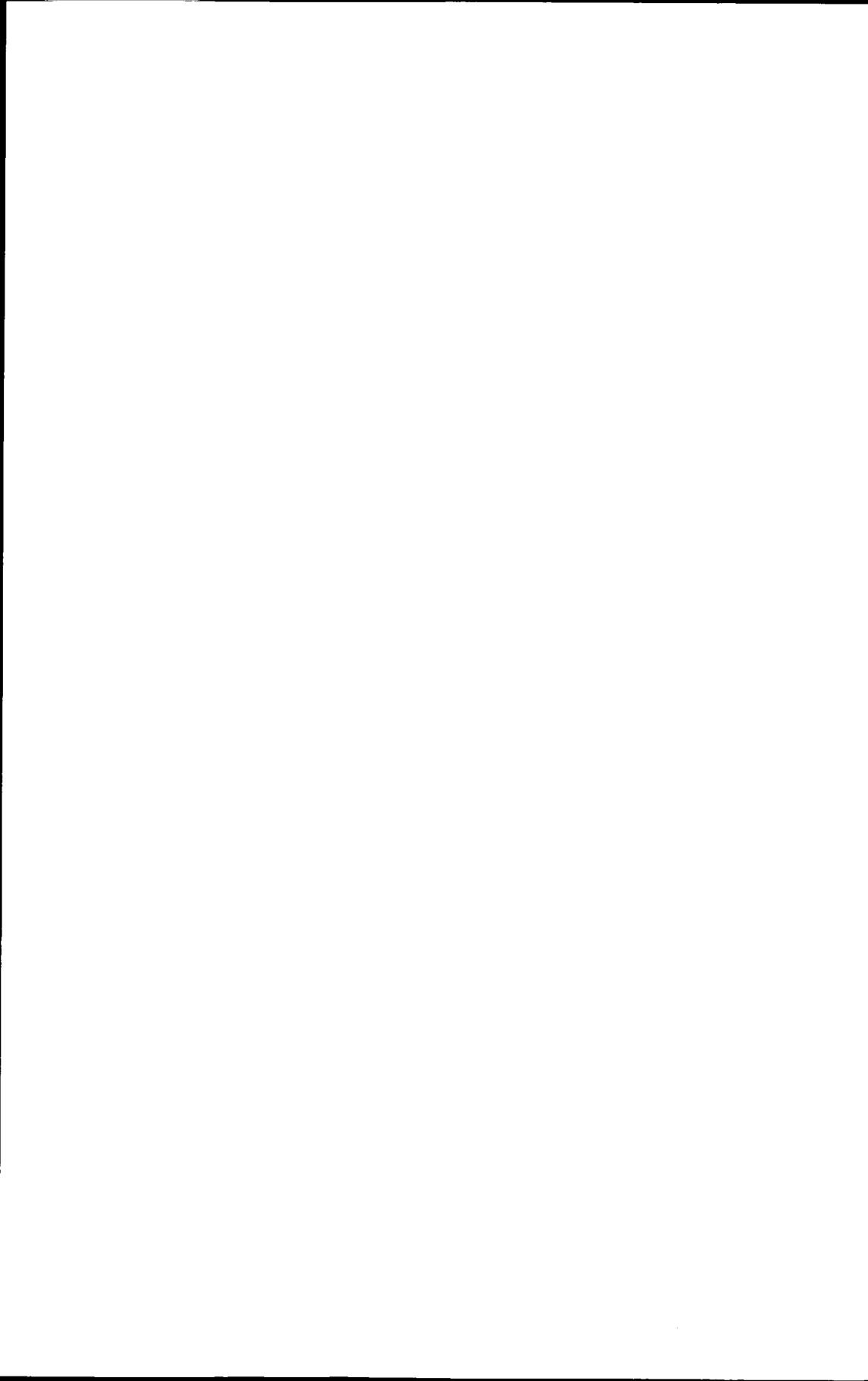


ANNEXES



ANNEXE I

JOURNÉES DES 8 ET 9 FÉVRIER 1973 A ARC ET SENANS

Introduction aux travaux des trois tables rondes

Allocution de M. Louis Saulgeot

Nous avons été accueillis hier soir par M. Beugé, Directeur de la Fondation Ledoux. Il a bien voulu nous exposer quelle était la mission de cette Fondation orientée essentiellement vers l'innovation et la prospective. C'est M. Serge Antoine, lui-même Président de la Fondation, qui a eu l'idée de ces deux journées consacrées au véhicule électrique et qui a proposé le mois de février, en fonction des possibilités de la Fondation. Cela pouvait paraître un peu étonnant, je dirais même inquiétant : songer à déplacer une soixantaine de personnes (comme nous l'avions prévu initialement) pour les amener en montagne en plein cœur de l'hiver. Mais nous aurions eu grand tort de nous inquiéter puisque nous voici non pas 60, mais plus de 130 participants. De tout cœur nous pouvons féliciter M. Serge Antoine

de son bel optimisme et le remercier de nous avoir ouvert les portes d'Arc et Senans.

M. Robert Poujade, ministre chargé de la protection de la nature et de l'environnement, avait espéré pouvoir présider ces journées. Il en a malheureusement été empêché. Je demande à M. Serge Antoine de bien vouloir lui exprimer tous nos regrets.

Au nom de notre groupe de travail interministériel, je suis heureux de vous accueillir à mon tour ; je salue tout particulièrement les personnalités étrangères qui n'ont pas craint de s'imposer un grand déplacement pour venir jusqu'ici et dont la présence très appréciée permettra d'enrichir les échanges que nous allons avoir. Et parmi ces personnalités, permettez-moi de mentionner spécialement celui qui

a fait l'effort de traverser l'Atlantique pour assister à ces journées.

En consultant la liste des participants, vous avez pu vous rendre compte que tous les ministères concernés et toutes les professions qui s'intéressent de près ou de loin au véhicule électrique — constructeurs d'automobiles, d'accumulateurs de moteurs électriques, d'appareillages de commande, etc. — sont ici représentés. Je leur souhaite à tous la bienvenue, ainsi qu'aux représentants des grands quotidiens et de la presse spécialisée.

Le nombre même des participants a posé, vous vous en doutez, quelques problèmes. Electricité de France qui a pris à son compte l'organisation de ces journées vous prie de l'excuser par avance si malheureusement il y avait quelque maladresse. Pour ma part, certes, je suis prêt à l'excuser mais je suis sûr que ce ne sera pas nécessaire et en tout cas je veux lui exprimer sans tarder toute notre reconnaissance.

Venons-en maintenant au thème de ces deux journées :

« Le véhicule électrique. Promesse ou réalité ».

L'histoire du véhicule électrique est celle d'un phénomène à éclipses. Il est apparu au siècle dernier où il a connu une grande vogue, mais son manque d'autonomie a empêché son développement et il a été détrôné par le véhicule à essence. On l'a vu réapparaître pendant les périodes de pénurie d'essence et disparaître à nouveau une fois l'abondance revenue.

On continua toutefois à l'utiliser pour des manutentions et pour certains déplacements à l'intérieur des usines, des aéroports et même pour certains usages particuliers tels que l'enlèvement des ordures. L'environnement, les nuisances le remettent au premier plan de l'actualité. Sans tomber dans le pessimisme du club de Rome ni dans le travers de ce que j'entendais appeler récemment le poncif de la pollution, nous savons tous qu'il s'agit là d'un problème grave et qui appelle une solution rapide. Pouvons-nous espérer que le véhicule électrique soit sinon la solution, du moins une solution de ce problème ?

C'est à cette question que nous essaierons de répondre en étudiant la réalité d'aujourd'hui et les promesses de demain. Remarquez que nous n'avons pas écrit « rêve ou réalité ». C'est déjà plus encourageant, c'est même tout autre chose, car il y a une réalité. Dans la plupart des pays industrialisés, l'époque des efforts sporadiques et en ordre dispersé est dépassée. Il y a des programmes, on parle de pré-séries, des études de marchés sont en cours. On cherche et on trouve des domaines où l'utilisation actuelle du véhicule électrique est fondée sur des considérations valables dans l'état actuel de la technique : ce sont les fameux créneaux dont nous parlerons cet après-midi. C'est d'ailleurs à une initiative de ce genre qu'est due la constitution du groupe de travail interministériel qui nous rassemble aujourd'hui, puisqu'il a été créé pour suivre le programme présenté par Electricité de France et approuvé par le gouvernement,

comportant la réalisation de prototypes d'une petite série de véhicules légers et de petits autobus, ainsi que des études sur les éléments constitutifs du véhicule électrique.

Nous devons noter à cet égard l'intérêt porté par les distributeurs d'électricité à des programmes de cette nature. On doit souligner également la participation de l'Etat et des collectivités dans leur financement. Au début ce seront des spécialistes qui expérimenteront ces véhicules, mais il est prévu que très rapidement (c'est-à-dire au bout de deux ou trois mois seulement) l'expérimentation doit se faire en champ ouvert. Par conséquent, si l'on procède de la sorte c'est que le véhicule électrique est devenu une réalité et qu'on a confiance dans son avenir.

Et les constructeurs d'automobiles ? Nous pouvons être certains qu'ils sont parfaitement conscients des problèmes d'environnement que pose le moteur thermique et que, tout en faisant les efforts nécessaires pour améliorer les conditions de son fonctionnement et réduire les nuisances, ils suivent avec beaucoup d'attention les progrès de la traction électrique.

Jusqu'où ira le mouvement qui s'amorce ainsi ? Quels développements pouvons-nous prévoir à court terme, dans 10 ans, en l'an 2000 ? C'est ce que nous voudrions essayer de percevoir. Mais bien entendu il ne s'agit pas d'entonner un hymne à la gloire du véhicule électrique et s'il y a des dissonances, je dirai que c'est tant mieux. Je compte donc bien que chacun s'exprimera très librement.

C'est la formule de la table ronde qui a été adoptée. Pour chaque table ronde, une note a été présentée en vue de provoquer vos réflexions et de faciliter la discussion. Elles n'ont pas d'autre objet et ne doivent en aucune façon être considérées comme parole d'évangile ni comme des affirmations épuisant le sujet. Il a d'ailleurs paru commode d'avoir sous les yeux certains éléments qui figurent dans ces notes : ce sont les tableaux qui sont reproduits autour de cette salle (1). Une fois la discussion amorcée autour de la table il vous appartiendra d'intervenir.

Quant aux thèmes du colloque, vous les connaissez : nous avons essayé d'avoir un déroulement à peu près logique. Nos trois tables rondes auront donc à traiter des trois questions suivantes :

- nous devons partir de bases concrètes ; quel est donc l'état actuel d'avancement de la technique ?
- quelle doit être la stratégie du développement du véhicule électrique, quels sont les créneaux, les pré-séries, les interventions possibles de l'Etat, des collectivités, de l'environnement ? comment faire décoller le véhicule électrique ?
- puisqu'on ne fera rien s'il n'y a pas de clientèle, nous devons d'abord essayer de nous mettre à la place du client pour étudier le coût du véhicule électrique à l'achat et à l'exploita-

(1) Cf. en annexe.

tion, puis dépasser le point de vue du client lui-même pour étudier un peu les répercussions du véhicule électrique sur l'économie énergétique.

C'est un programme qui est peut-être ambitieux, sûrement très chargé. Nous avons cependant réservé une place à la vie nocturne de Besançon, mais si vos épouses ont regardé le programme, elles auraient tort de s'inquiéter : c'est une visite de musée.

*

**

Pour terminer, je veux exprimer dès maintenant ma gratitude aux trois personnalités qui ont accepté d'animer les tables rondes : M. Maurice Magnien, directeur des recherches d'Electricité de France, M. André Laure, préfet, chef du service régional de l'équipement de la région parisienne, et M. Albert Robin, directeur à la direction générale d'Electricité de France. Le moment est-il venu d'élaborer une politique de promotion du véhicule électrique ? C'est d'eux et de vous tous que nous attendons une réponse à cette question.

PREMIERE TABLE RONDE
JEUDI 8 FEVRIER 1973 (MATINEE)

ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA TECHNIQUE

Rapporteur-animateur :

M. Maurice Magnien Directeur des Etudes et Recherches d'Electricité de France

Animateurs :

MM.

Ferdinand Dierkens Administrateur Délégué de la Société des véhicules électriques

Yves Georges Directeur des Recherches de la Régie Nationale des Usines Renault

Yves Jarreau Directeur Général de Fulmen

Georges Mordchelles-Régnier Directeur de la Société Bertin et C^{ie}

D^r Ing. Hans Müller Directeur de Gesellschaft für Elektrischen Strassenverkehr

- 1 - LES SOURCES D'ENERGIE
- 2 - LA CHAINE DE TRACTION
- 3 - LE CHASSIS
- 4 - LES STATIONS DE RECHARGE ET D'ECHANGE DE BATTERIES

ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA TECHNIQUE

M. Magnien. — J'invite les participants à s'exprimer en toute liberté. La discussion sera ordonnée selon le canevas qui a été distribué il y a quelques semaines. On interrogera tout d'abord chacun des membres de la « table ronde », puis on donnera la parole à ceux des autres participants qui le dési-

reront. Le but est d'arriver, pour chaque question posée, sinon à tirer une conclusion, du moins à faire le point. Ces bases pourront servir aux animateurs des deux « tables rondes » suivantes.

Je donne la parole au premier orateur, à propos des sources d'énergie.

1

LES SOURCES D'ENERGIE

M. Jarreau. — L'accumulateur au plomb, largement éprouvé, notamment sur les engins de manutention, est un vieux matériel sur lequel on ne peut maintenant espérer réaliser de grands progrès. Pour la traction traditionnelle, avec des plaques planes empâtées, on arrivait à une énergie massique de 30 Wh/kg, avec 1 000 cycles. Sur les véhicules nouveaux, en France, on a atteint 40 Wh/kg, avec 500 cycles pour des décharges profondes (80 %) en laboratoire.

En pratique, avec des décharges peu profondes, on pourrait arriver à 600 ou 700 cycles. On peut espérer atteindre 45 Wh/kg en gagnant sur les poids morts, et peut-

être les dépasser dans la mesure où des progrès sensibles seraient réalisés dans les performances intrinsèques de la pâte.

M. Mordchelles-Régnier. — Une amélioration des performances paraît possible en ce qui concerne l'acceptance de charge et de décharge, la vitesse de charge et de décharge, si l'on porte une attention plus soutenue aux phénomènes de diffusion entre électrodes et électrolyte, si l'on organise mieux la circulation de l'électrolyte dans l'accumulateur ; il faut utiliser les gradients de densité dus aux différences de température et de concentration, adapter la géométrie (macroscopique et

microscopique) des canaux, pour maximiser le produit : surface de charge \times coefficient de transfert de masse. On devrait arriver ainsi à améliorer, non pas la puissance et l'énergie massiques, mais les possibilités de charge et de décharge rapides.

M. Bonnemay. — Les problèmes de diffusion et de transfert de masse paraissent en effet fondamentaux. Une étude des propriétés électrochimiques des oxydes métalliques en général mériterait qu'on y consacre, dans le cadre de groupements d'industriels et de chercheurs, des moyens importants et un certain nombre d'années.

M. Magnien. — Il faut noter qu'avec 300 kg d'accumulateurs à 40 Wh par kg, soit 12 kWh, on peut (avec un moteur de 6 kW) parcourir 100 à 120 km à 55/60 km/h.

M. Jacquier. — M. Jarreau a parlé tout à l'heure d'un niveau d'énergie possible pour un accumulateur au plomb de 40 Wh/kg et la remarque de M. Mordchelles-Régnier s'appliquait à la récupération de cette énergie en fonction du régime. Actuellement une batterie qui fournit 40 Wh/kg par décharge en 5 heures ne fournit que 20 Wh/kg par décharge en une heure. Partant de l'énergie massique théorique de l'accumulateur au plomb, soit 170 Wh/kg (rendement de 100%), cette énergie se réduit à 100 Wh/kg du fait de l'utilisation d'acide sulfurique non à l'état solide mais en solution, chiffre qui se trouve lui-même divisé par deux du fait des « poids morts » ; ceci conduit bien à l'énergie massique de 45/50 Wh/kg qu'il

faudrait pouvoir obtenir quelle que soit la durée de décharge.

M. Wolf. — Je voudrais poser le problème de la durée de vie, très important aussi bien du point de vue économique que du point de vue de l'exploitation de tous les jours.

M. Lasserre. — Le problème de l'endurance pour ces accumulateurs tient essentiellement à la tenue des plaques positives en service. Lors des cycles la matière active positive se désagrège en surface et tombe au fond du bac. On a envisagé de mettre des gaines en matière plastique sur les plaques. Mais les performances s'en sont trouvées nettement amoindries ; on essaie également d'améliorer la solution tubulaire. Les plaques planes ont actuellement d'excellentes performances mais une durée de vie de 500 cycles seulement.

M. Jarreau. — Avec des batteries classiques à plaques planes empâtées, à 30 Wh/kg, on constate en laboratoire que 95% des prélèvements donnent un nombre de cycles compris entre 800 et 1 100. Une statistique établie sur les batteries usagées en retour de clientèle montre que leur durée de vie moyenne dépasse très légèrement 1 000 cycles. Il y a donc coïncidence entre le laboratoire et la pratique. Les batteries allégées en plaques planes pourraient tenir 500 cycles en laboratoire, et sans doute 1 000 en service pratique.

M. Magnien. — Le D^r Steinhart pourrait-il donner son avis ?

M. Rudolph Steinhart. — La plaque tubulaire vaut pour une haute

durée de vie (on parle de 1 500 cycles), la plaque plane pour une durée de vie sensiblement inférieure de moitié. Mais la durée de vie dépend beaucoup de la technique de charge et du régime de fonctionnement. On pourra faire des progrès du point de vue de l'électrochimie, mais il faudra surtout veiller à ce que la batterie ne soit pas rendue plus mauvaise par un mauvais emploi.

M. Barak. — D'après l'expérience pratique acquise en Grande-Bretagne, la plaque plane a une aussi longue durée de vie que la plaque tubulaire : jusqu'à 1 800 cycles en 6 ans.

Je pense aussi que le mode de charge et l'entretien sont des facteurs fondamentaux de durée.

M. Müller. — A raison de 500 km par cycle, et à supposer qu'on atteigne 1 500 cycles, la distance parcourue serait de 75 000 km, soit 7,5 années de service pour un véhicule urbain parcourant 10 000 km par an. La batterie deviendrait vraisemblablement défectueuse, pour diverses raisons, avant cette limite. Il faut donc parler de durée de vie en temps et pas seulement de durée de vie en cycles et noter que des problèmes de refroidissement en service sont à résoudre si la batterie est soumise à une haute contrainte.

M. Georges. — Il est bien évident qu'avec des accumulateurs électriques dont l'énergie massique est de l'ordre de 50 Wh/kg on ne peut songer à réaliser les mêmes véhicules qu'avec l'essence dont l'énergie massique est de 2 000 Wh/kg. Il est à noter égale-

ment que 4 kW permettent de rouler à 40 km/h, mais qu'il faut 55 kW pour rouler à 150 km/h. Par ailleurs, je pose la question du prix au kg des batteries de traction en comparaison du prix des batteries de démarrage.

M. Jarreau. — Les prix sont de l'ordre de 4 F/kg pour les batteries de démarrage livrées en très grande quantité au premier équipement et de l'ordre de 10 F/kg pour les batteries de traction livrées presque à l'unité.

Les premières sont fabriquées en grande série sur des lignes de fabrication mécanisées.

Les secondes sont fabriquées de façon encore très manuelle. Il s'agit de produits industriels garantis pour une durée de vie de plusieurs années. Cela nécessite l'emploi d'alliages et de séparateurs beaucoup plus chers et le personnel spécialisé pour assurer le service après vente.

M. Müller. — Je pense que dans un certain nombre d'années il y aura une ventilation entre véhicules électriques et véhicules par traction classique et le jeu du marché régularisera les prix, non seulement des véhicules mais de leurs composants. C'est ainsi que si on estime grossièrement à 10 DM le kg une voiture automobile, compte tenu des divers constituants, du mode d'élaboration et de toute la technique qu'elle comporte, on peut penser que le prix d'une batterie d'accumulateur devrait pouvoir s'abaisser jusqu'à 1,50 DM à 2 DM par kg...

M. Jarreau. — A ce prix, je jette l'éponge...

M. Müller. — Aujourd'hui peut-être, mais demain...

M. Magnien. — Je vais essayer de conclure sur ce premier point : l'énergie massique pourra peut-être atteindre 45 Wh/kg, peut-être 50 Wh/kg d'ici quelques années.

Les accumulateurs usuels qui sont à notre disposition donnent satisfaction en ce qui concerne la charge, la décharge et le nombre de cycles de recharge.

Le nombre de recharges possibles a peut-être moins d'importance que la durée qu'exigent ces dernières ; l'accumulateur doit être disponible et permettre éventuellement des cyclages profonds.

C'est un succès pour notre réunion d'avoir entendu énoncer des prix pour l'accumulateur de démarrage et pour l'accumulateur de traction qui demeure encore le support du véhicule électrique de ce soir et de demain matin.

Nous sommes heureux que les constructeurs aient pu donner quelques informations en ce qui concerne le prix des batteries de démarrage et de traction dont les prix au kg sont respectivement de l'ordre de 4 F et de 10 F.

Je désirerais maintenant que M. Gomis nous parle des accumulateurs alcalins.

M. Gomis. — Il faut dépenser environ cinq fois plus pour obtenir un wattheure à partir d'un accumulateur alcalin qu'à partir d'un accumulateur au plomb.

◦ L'accumulateur nickel-fer peut supporter 3 000 cycles en traction, mais coûte 30 F/kg.

◦ L'accumulateur nickel-cadmium se présente sous deux types :

— type traditionnel, dont l'énergie massique est un peu plus faible que celle de l'accumulateur au plomb ;

— type à plaques frittées qui donne des puissances élevées.

Pour les batteries d'aviation, dont le prix est de 60 F/kg, la puissance massique est de 200 à 300 W/kg avec une variation de tension supposée admise de 20 %, contre 100 W/kg pour l'accumulateur de traction au plomb.

Cet accumulateur cher et très puissant pourrait être utilisé sur des véhicules hybrides où seraient associés un moteur thermique travaillant à puissance constante et un accumulateur chargé de donner les pointes avec 1 500 cycles environ (décharge partielle) ; cependant, le véhicule hybride n'est pas suffisamment défini actuellement pour qu'on puisse procéder à des expérimentations valables.

M. Mordchelles-Régnier. — La puissance massique de l'accumulateur alcalin est donc supérieure à celle de l'accumulateur au plomb. Mais son énergie massique est du même ordre de grandeur. C'est un point important.

M. Gomis. — La grande différence est qu'il n'y a pratiquement pas de perte d'énergie entre une décharge en 5 h et une décharge en 1 h 1/2.

M. Mordchelles-Régnier. — Bien, mais alors s'il y a des espoirs d'amélioration de l'accumulateur au plomb, déjà moins cher, le

grand avantage des alcalins devrait s'amenuiser.

M. Gomis. — On a parlé d'un avantage de puissance de l'accumulateur alcalin. Un autre avantage est qu'il peut fonctionner en régime étanche, donc absolument sans entretien.

M. Magnien. — En dehors du cas spécial des véhicules hybrides, l'accumulateur alcalin n'apparaît donc pas utilisable sur les véhicules électriques pour les raisons qui viennent d'être exposées.

M. Gomis peut-il maintenant dire un mot de l'accumulateur argent-zinc ?

M. Gomis. — L'accumulateur argent-zinc a une énergie massique de 100 Wh/kg, une puissance massique d'une centaine de W/kg. Ce serait l'accumulateur idéal, mais son prix est de l'ordre de 100 F/kg. En outre, à la recharge, l'électrode de zinc se solubilise et les dépôts mettent l'accumulateur en court-circuit. Il ne dépasse pas 100 cycles en décharge profonde. Les plus gros construits pour des sous-marins atteignent 800 A/h - 100 watts - 80 kWh ; ceux qui sont destinés aux torpilles délivrent 80 kW pendant 1/2 h, soit 40 kWh.

M. Magnien. — Maintenant que nous avons examiné quelles étaient aujourd'hui les sources, parlons des espoirs et de l'accumulateur zinc-air.

Parmi les systèmes fonctionnant à température ambiante et avec électrolyte aqueux, le système zinc-air est extrêmement intéressant, surtout du point de vue énergétique. On peut espérer arriver

pratiquement à une énergie massique de 100 Wh/kg avec un nombre de cycles de recharge satisfaisant. Le type le plus intéressant paraît être celui dit «air-zinc en circulation». Une réalisation de laboratoire a déjà donné 90 Wh/kg. Quelques informations ont été publiées ces jours derniers sur cette étude dans la presse, et c'est pourquoi je me crois autorisé à demander à M. Jacquier, de la C.G.E., de bien vouloir à cette tribune nous apporter quelques précisions supplémentaires sur ce nouveau système.

M. Jacquier. — Le principe est le suivant : on met de la poudre de zinc en suspension dans l'électrolyte alcalin. Cette solution est mise en circulation et passe devant un collecteur métallique de courant qui sert d'électrode négative. En face, on met une électrode à air classique. Si on ferme le circuit extérieur, il y a oxydation du zinc, l'oxyde de zinc passe en solution et est évacué des chambres mêmes de réaction.

On peut distinguer : la partie puissance, constituée par les chambres de réaction, et le combustible de zinc, qui apporte l'énergie et qu'il suffit de changer lorsque la limite de solubilité de l'oxyde est atteinte, pour opérer une recharge rapide, analogue au remplissage d'un réservoir d'essence. Un premier brevet fut pris aux Etats-Unis en 1896, mais seuls les progrès de la technologie ont permis de reprendre le problème : on saura fin 1973 s'il est pratiquement réalisable.

M. Bronoël. — Au sujet de l'accumulateur zinc-air, le C.N.R.S.

s'est intéressé aux électrodes dispersées, que la C.G.E. utilise avec une technologie beaucoup plus poussée. Mais, quant au problème de dépôt du zinc, la prolifération des dendrites rendait faible le nombre de cycles. Le C.N.R.S. étudie maintenant le problème de la cathode à air. Celles à charbon actif se détériorent au bout de 3 à 4 cycles. C'est un problème qui oblige à rechercher l'adjonction d'une troisième électrode par exemple. On essaie de trouver un matériau catalytique capable de fournir des densités de courant analogues à celles qui sont relevées sur les cathodes à air des piles à combustible à basse température, tout en supportant des cycles de recharge. Avec des charbons actifs on est arrivé à 400 cycles, après lesquels la densité de courant est encore de l'ordre des 2/3 de la densité initiale, contre 1/10 au bout de 10 cycles pour des électrodes classiques, ce qui en interdisait absolument l'emploi.

M. Magnien. — Les constructeurs s'intéressent-ils à ces recherches ?

M. Bonnemay. — Les résultats de ces études de laboratoire devraient intéresser l'industrie.

M. Jacquier. — Je voudrais ajouter une remarque. Lorsque le système zinc-air fonctionne en tant qu'accumulateur, il y a carbonatation de l'électrolyte, problème que résout la formule dite à « circulation », la régénération étant alors effectuée à l'extérieur, à un niveau centralisé, où la décarbonatation est un problème très classique.

M. Casandjian. — Il a été rappelé qu'un kg d'essence fournit 2 000 Wh. Combien fournit un kg de suspension de zinc ?

M. Jacquier. — Environ 150 Wh mais, contrairement au cas du plomb, même pour une décharge en une heure.

M. Grund. — Un système zinc-air à électrode statique a été réalisé pour d'autres usages et l'on a tenté dans nos laboratoires une extrapolation au véhicule électrique. Mais la puissance massique s'est avérée trop faible et la durée de vie trop limitée.

M. Jalon. — Quel est l'ordre de grandeur des poids morts dans le système air-zinc en circulation, de la partie récupératrice d'une part et de la partie stockage d'autre part ?

M. Jacquier. — L'énergie massique de la suspension est de 100 Wh/g. La puissance spécifique hors réservoir est de 100 W/kg ; elle diminue si la quantité de combustible augmente, donc en fonction de l'autonomie à réaliser. Je vais tracer au tableau un graphique (1) sur lequel le système air-zinc est représenté par une droite, et l'on voit qu'à l'énergie massique de 100 Wh/kg correspond la puissance massique de 70 à 80 W/kg. Chaque point de cette droite correspond à une puissance et à une autonomie.

M. Bouladon. — M. Jacquier parle-t-il de puissances instantanées ou continues ?

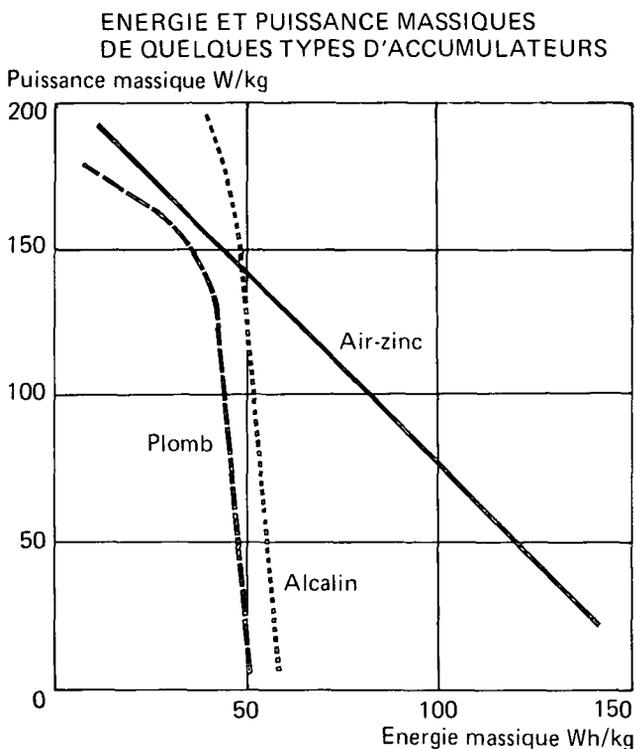
(1) Cf. page suivante.

M. Jacquier. — On pourrait obtenir beaucoup plus pendant un temps bref, mais la chute de tension serait excessive (20 à 25 % au maximum sont admissibles pour le véhicule électrique).

M. Kalberlah. — Le système air-zinc en circulation étant une demi-

pile à combustible, des catalyseurs nobles sont-ils nécessaires ?

M. Jacquier. — Non. Il y a quelques dizaines d'années que dans les piles industrielles air-zinc le catalyseur de réduction est un catalyseur non noble qui est constitué simplement de charbon actif.



M. Magnien. — Je remercie tous ceux qui sont intervenus sur ce point. Examinons maintenant le stockage d'énergie sous forme mécanique (volant d'inertie) que nous considérons comme un espoir.

M. Mordchelles-Régnier. — Avec une barre en fibre de verre on peut atteindre 120 Wh/kg, chiffre qui

peut être multiplié par 10 moyennant une géométrie convenable (forme annulaire). Les vitesses de charge et décharge, et le nombre de cycles sont très élevés. La puissance massique instantanée pourrait être très importante.

M. Magnien. — On peut aussi envisager des applications « à ter-

re » du volant pour pallier certains phénomènes transitoires sur le réseau.

M. Müller. — Le volant peut fournir l'appoint de puissance nécessaire au véhicule électrique, notamment lors du démarrage et de l'accélération.

M. Magnien. — Un autre système apparaît comme une promesse plus ou moins lointaine : l'accumulateur sodium-soufre. M. Sohm peut-il nous le présenter ?

M. Sohm. — Le système sodium-soufre a montré qu'on peut utiliser des électrolytes solides dans un accumulateur. Il fonctionne vers 300 °C, il n'y a pas de problèmes cinétiques et très peu de problèmes de diffusion. Mais on ne peut empêcher une lente dissolution de récipient ; les impuretés vont sur le séparateur solide et réduisent la durée de vie de l'aluminium et celle de l'électrolyte solide.

A mon sens, le système ne semble pas pouvoir être mis en service avant 1980.

M. Young. — Aux Etats-Unis on étudie ce système seulement pour des piles de sous-stations.

M. Ratcliff. — Un véhicule de démonstration propulsé à l'aide du système sodium-soufre a circulé à Londres et à Chester. La cellule que nous avons mise au point présente les caractéristiques suivantes : capacité 30 A/h sous 2 volts, énergie 150 Wh/kg, puissance 95 W/kg. Elle dure depuis plus d'un an et a subi 1 200 cycle continu.

Un millier de ces cellules, assemblées en une batterie, ont été mises à l'épreuve sur un véhicule :

on a obtenu 73 Wh/kg et 30 W/kg, chiffres qu'on espère améliorer dans une seconde expérience.

M. Dierkens. — Il faudrait doubler la capacité et réduire le prix de moitié...

M. Magnien. — M. Ratcliff pourrait-il nous dire, à propos du sodium-soufre, quelles sont les prévisions concernant :

- la variation dans le temps des caractéristiques obtenues, en Wh/kg,
- la compétitivité, même pour un nombre très élevé de Wh/kg ?

M. Ratcliff. — Des essais statistiques de performances sont en cours ; on ne peut rien dire actuellement sur ce sujet pas plus que sur la compétitivité des prix.

M. Bronoël. — Je voudrais dire un mot d'une autre promesse d'avenir. On étudie actuellement le système chlore-aluminium qui fonctionne à température moyenne, vers 105 °C en milieu de sel fondu. Les matériaux se corrodent moins. L'énergie massique serait de l'ordre de 150 Wh/kg. Mais on n'en est qu'au stade de la recherche fondamentale.

M. Magnien. — Je vais maintenant demander à M. Breelle de nous retracer l'histoire de la pile à combustible.

M. Breelle. — Le problème de la pile à combustible a été abordé il y a 14 ans en France et les espoirs ont pu s'éteindre. La formule la plus avancée actuellement est la formule hydrogène-air, ou hydrogène-oxygène, utilisée d'ailleurs dans les vaisseaux spatiaux.

La formule hydrogène-oxygène est éliminée pour la traction à cause de son prix. La formule méthanol-air donne des espoirs mais pose un important problème de catalyseur. La seule pile qui pourrait servir au véhicule est la pile hydrogène-air. L'hydrogène est totalement non polluant et n'exige pas l'emploi de métaux précieux, si l'on adopte la filière alcaline. Le platine anodique peut être remplacé par le nickel.

On est actuellement très proche de 100 W/kg (soit 10 kg/kW) et l'objectif est 200 W/kg (5 kg/kW) pour d'ici quelques années. L'énergie massique pour une autonomie de 6 h est de 250 Wh/kg. La pile à combustible permet le chauffage du véhicule du fait qu'elle a une certaine irréversibilité qui peut assurer 1 à 2 kW nécessaires à cet effet.

La faisabilité paraît assurée. Le véritable problème est celui du combustible, l'hydrogène : sécurité, mode de distribution et de stockage, prix qu'il faudrait abaisser à 0,50 ou 1 F le m³. A ce sujet, on peut se demander si l'hydrogène sera le combustible du XXI^e siècle.

M. Bonnemay. — Il m'a été rapporté que quatre filières de piles à combustible sont étudiées aux Etats-Unis. Ce sont toutes des filières acides et à hydrogène.

M. Magnien. — M. Breelle nous a parlé d'une pile à combustible en milieu basique qui pose le pro-

blème de la décarbonatation. Les Américains travaillent en milieu acide, mais alors se posent paraît-il des problèmes de catalyse...

M. Breelle. — Il reste effectivement un travail important à faire pour que la pile à combustible soit au point ; mais il reste moins à faire que ce qui a été déjà fait :

- en milieu acide, il faut un catalyseur précieux, en quantité pour le moment non négligeable, ce qui ne permet pas d'atteindre le marché de la traction ;
- en milieu basique, se pose le problème de la décarbonatation, mais celui-ci paraît être résolu par un décarbonateur à l'entrée de l'air.

On parle, pour la filière acide, de catalyseurs non nobles. Mais les performances en milieu acide sont encore beaucoup plus faibles qu'en milieu basique.

Quant au problème de production d'hydrogène à partir du méthanol, un petit groupe a été réalisé à cet effet, mais est encore d'un prix et d'un poids trop élevés. L'hydrogène comprimé paraît préférable.

M. Magnien. — Il ressort de ces débats que l'on peut envisager, pour les années 1980-1985, l'utilisation de la pile à combustible à terre, en tant que concurrent du groupe diesel.

Passons maintenant à la seconde partie de notre étude.

LA CHAÎNE DE TRACTION (MOTEUR, COMMANDE)

M. Magnien. — En ce qui concerne le choix de la tension d'utilisation, on peut penser à accroître la tension de service en mettant des accumulateurs en série, pour réduire les poids de cuivre embarqué. Mais la sécurité impose une limite, ainsi que le souci de ne pas réduire l'efficacité de la batterie, c'est-à-dire l'énergie récupérée. Des valeurs moyennes ont été admises dans les rapports qui ont été distribués en ce qui concerne la valeur de la tension à retenir en fonction de la masse du véhicule :

48 à 96 V jusqu'à 1 000 kg,
240 V au-dessus de 1 000 kg,
et 240 à 360 V pour 20 tonnes.

M. Müller. — Cela dépend du système de commande qui sera adopté pour le moteur. La tension nécessaire est plus basse pour une commande électronique. Du point de vue de la normalisation, mieux vaudrait une gamme décimale — éventuellement des multiples de 50 ou 60 — que duodécimale.

M. Jalon. — A mon avis, le choix dépend plus du coût dû aux technologies que du poids total des véhicules. Sur une camionnette faisant 60 km/h à commande entièrement électronique on a adopté 144 V ; sur des modèles traditionnels beaucoup plus lents (30 km/h), la tension est de 72 à 90 V.

On augmente la tension quand on emploie du matériel électro-

que. Si le prix de revient passe avant les performances, on adopte des tensions plus basses.

M. Magnien. — Pour ce qui est du moteur, je donne la parole à M. Benezech.

M. Benezech. — Nous savons tous faire des moteurs électriques, mais ceux que nous avons ne sont pas conçus essentiellement pour la traction.

Un moteur à courant continu de 8 kW pèse 60 kg, soit de l'ordre de 8 kg par kW pour un moteur tournant à 3 000-5 000 tr/mn.

On va de plus en plus vers l'excitation séparée et, grâce à des dispositifs de contrôle électronique, on peut avoir des courbes qui sont des courbes de moteur série au démarrage, et ensuite des courbes de moteur compound, pour la récupération d'énergie.

Il faut :

- rendre le moteur série plus léger : on doit arriver à 8 000 tr/mn, 3 kg par kW, soit la moitié du poids actuel ;
- abaisser les prix de revient — actuellement 200 à 300 F par kW — en automatisant la construction, en éliminant les bobinages (utilisation de conducteurs lamellaires). On doit arriver à 82 % de rendement avec des tambours extrêmement légers (3 kg/kW).

Le courant alternatif permet des poids inférieurs à 1 kg/kW, mais la commande électronique est relativement plus complexe. Le moteur à cage donne un rendement de 85 à 90 %, mais il faut introduire le rendement de l'électronique ; toutefois celle-ci fait tous les jours des progrès. On va jusqu'au moteur synchrone (rotor et aimants) avec une électronique très spéciale. De nouveaux aimants sont à l'essai. On va produire des moteurs de quelques centaines de watts (moteurs sur roue) à quelques dizaines de kW.

Il faut citer aussi le moteur homopolaire (4 W/kg) et le moteur à réductance variable. On a construit un moteur de 8 kW à 900 tr/mn pesant une trentaine de kg.

M. Magnien. — Dans une étude de véhicule électrique, quel type de moteur choisiriez-vous ?

M. Benezech. — Pour économiser l'énergie, le rendement est la qualité primordiale. Pour de petits véhicules, le moteur classique à courant continu de 5 à 10 kW avec 80 % de rendement convient ; pour des véhicules plus lourds, un moteur à courant alternatif est préférable.

M. Magnien. — Le moteur électrique sur véhicule est-il bruyant à un certain régime ?

M. Benezech. — Un moteur à courant continu à allure lente n'est pas du tout bruyant. Il le devient quand on met les réducteurs pour le faire tourner plus vite. Il faut beaucoup soigner les réducteurs. C'est un problème de mécanique.

Toutefois, il y a un bruit dans les moteurs à commande par ha-

teur. Il faudrait une fréquence de 1 000 hertz ; on en est à 200-500.

M. Wolf. — On peut se poser la question de savoir s'il faut adopter la commande électronique (par thyristor ou par transistor) ou la commande par contacteur, qui paraît avoir encore sa place.

M. Bouthors. — Pour ma part, je pense qu'à moyen terme il faut choisir des moteurs à courant continu avec excitation séparée et récupération d'énergie, celle-ci pouvant faire gagner 20 % d'autonomie en circulation urbaine hachée.

M. Müller. — Un moteur très léger aura en général des pertes élevées, donc ne sera pas économique puisqu'un poids supplémentaire de batterie sera nécessaire. Il faut se rappeler en effet que la part du moteur dans le poids de l'ensemble du véhicule est relativement faible.

Par ailleurs, une longue durée de vie n'est pas à rechercher : en effet 2 000 heures de fonctionnement représentent déjà 100 000 à 200 000 km parcourus.

Il faut arriver à des constructions en série aussi soignées que dans l'industrie automobile.

M. Benezech. — Je partage l'avis du D^r Müller. Il faut optimiser l'ensemble poids des accumulateurs-rendement du moteur. Il faut un système réversible, c'est-à-dire avec récupération d'énergie et freinage anti-bloquant ; ce dernier, généralisé, pourrait éviter, en France, 3 000 tués par an.

Les prix devraient s'abaisser jusqu'à 80 à 100 F/kW (à titre

d'exemple, un démarreur allemand coûte 40 à 50 F/kW).

M. Jalon. — Sans doute, mais on est bien obligé actuellement de faire de la petite série. J'ajoute que le contacteur paraît avoir encore de belles années si les performances ne sont pas jugées primordiales.

M. Benezech. — Le moteur électrique pour ses nouveaux emplois n'est pas vieux. On peut espérer abaisser de 3 à 4 fois le prix dans le cas de grande série.

M. Robin. — Il me semble qu'il faut accueillir avec quelque réserve le chiffre de 3 000 tués pouvant

être évités chaque année par le freinage anti-bloquant. Il convient d'attendre les résultats aux essais d'efficacité actuellement en cours.

M. Magnien. — En conclusion :

A bord d'un véhicule, le Wh embarqué est très précieux bien qu'extrêmement bon marché. Il faut donc optimiser le rendement d'ensemble, et en particulier l'ensemble du matériel électrique de bord. Quant au prix, on peut arriver en ce moment à 200 à 300 F/kW. Il faut prévenir des durées de vie de l'ordre de 2 000 heures. Pour le moment il s'agit de traiter de petites séries de moteurs.

3

LE CHASSIS

M. Magnien. — Parlons maintenant rapidement du châssis. Le problème des structures sera examiné par les autres tables rondes.

M. Georges. — A propos des techniques de construction, pourquoi les techniques nouvelles : verre, résines, matériaux plastiques, alliages légers, ne sont-elles pas utilisées dans la construction automobile ?

Pour le véhicule classique, ces allègements ne se justifient pas économiquement dans le cas de grandes séries, mais seulement pour de petites séries : voitures de sport, etc. Il n'est pas évident qu'ils

ne seraient pas intéressants dans les séries de démarrage des véhicules électriques. Il faut penser toutefois à la sécurité. Même à 30 km/h, un choc sur un obstacle fixe peut être mortel pour des occupants non attachés.

M. Barak. — Je voudrais citer à titre d'exemple les Japonais qui utilisent la fibre de verre pour de petits équipements de golf. On pourrait l'employer autour du moteur. En Grande-Bretagne on a construit 200 voitures avec carrosserie en aluminium, le châssis comportant bien entendu les renforcements convenables...

M. Magnien. — M. Wolf peut-il nous parler du chauffage du véhicule électrique ?

M. Wolf. — L'homme est sensible pour moitié à la température de l'air et pour moitié à celle des parois. Dans le véhicule électrique, on choisit de chauffer les parois et non l'air, contrairement à ce qu'on fait dans le véhicule à essence.

Les puissances suivantes sont nécessaires pour obtenir une température de 20 °C :

— plancher	240 W installés
— plafond	150 W installés
— vitrages 2 × 125	250 W installés
— sièges 4 × 55 (avec thermostat)	220 W installés
	<hr/>
Total	860 W

ce qui, en deux heures, conduit à une consommation égale à 10 % de l'énergie stockée. Il faut également assurer le dégivrage au départ.

4

LES STATIONS DE RECHARGE * ET D'ÉCHANGE DES BATTERIES

M. Magnien. — Nous arrivons à l'étude de la recharge. M. Wolf, vous avez la parole.

M. Wolf. — Le problème comporte :

- un aspect technique : poids, volume, automaticité de charge, protection de la batterie pendant la charge. Comme il a déjà été dit, la durée de vie des accumulateurs dépend beaucoup du processus de charge et de l'entretien ;
- un aspect économique : prix du chargeur, durée d'immobilisation du véhicule.

Les objectifs sont différents en fonction de l'utilisation : sur la berlinette R4 on a adopté la recharge

embarquée; on cherche à utiliser pour la recharge des dispositifs électroniques de commande.

Quant à la recharge rapide, il faut d'abord délimiter les véritables besoins; une autonomie de 100 kW donne déjà de grandes possibilités.

L'échange rapide des batteries pose des problèmes de technologie et concerne surtout les véhicules lourds.

Dans le cas de la recharge lente de nuit, le chargeur embarqué est tout à fait suffisant. Dans le cas d'autres modes de charges, il faut installer la puissance de chargeur

(*) Ou chargeurs embarqués.

nécessaire pour stocker en moins de temps la même énergie. Les prix sont les suivants :

- chargeur du type 12 h : 900 F ;
- chargeur du type 8 h automatique et avec protection de batterie : 1 900 F ;
- chargeur rapide, avec 50 à 60 % de charge et puissance installée de l'ordre de 20 kW : 6 000 F.

Quant au coût des échangeurs de batteries complètement automatiques, des renseignements devraient pouvoir être trouvés en Allemagne ou l'expérience a été faite sur les autobus.

M. Bouthors. — L'intérêt du véhicule électrique est de se recharger « à la maison » ; c'est ce que permet le chargeur embarqué. Mais certains utilisateurs ne peuvent peut-être se contenter de 70 à 110 km d'autonomie.

Sur la R 5 (véhicule à essence adapté), on a étudié divers modes d'échange : par le dessous, latéral, par le toit rendu ouvrant ; ce dernier paraît le meilleur, il utilise un portique de hauteur suffisante.

Dans le cas d'un véhicule conçu pour la traction électrique, le problème pourra vraisemblablement être plus facilement résolu. L'échange (par exemple à la demi-journée) intéresse les compagnies ayant une certaine flotte.

M. Magnien. — M. Lasserre peut-il nous donner son avis sur la technique de la recharge rapide ?

M. Lasserre. — En laboratoire, en partant d'une température d'aci-

de de 20-25 °C on peut recharger à 95 % en 1 h 15/1 h 30 une batterie déchargée à 80 %, ceci avec des chargeurs spéciaux qu'on peut trouver dans le commerce. Aux Etats-Unis on étudie la recharge en quelques minutes, qui exige des puissances considérables.

Les difficultés de la recharge rapide sont les suivantes :

- après début de charge avec une intensité très élevée il faut éviter la surcharge, et le bouillonnement de l'électrolyte, résultant d'un dégagement d'oxygène, qui apparaît au-dessus d'une certaine tension de batterie ; les plaques seraient dégradées et les grilles protectrices intensément corrodées. Il faut donc des postes très puissants, mais avec limitation de la tension ;
- une batterie rechargée rapidement — ce qui exige une certaine température — est en principe remise aussitôt en service. Une température trop élevée peut réduire fortement la durée de vie de la batterie. Un compromis est à trouver.

M. Mordchelles-Régnier. — On a réussi à assurer l'échange de batteries en une minute sur un véhicule à faible encombrement à l'aide d'une petite plateforme de manutention coûtant environ 500 F. Je pense que cela est possible chaque fois qu'il s'agit d'un véhicule nouveau, adapté à la traction électrique.

M. Müller. — Je voudrais insister sur deux points :

- la recharge rapide comporte des intensités plus fortes,

des contraintes plus grandes conduisant à des poids supérieurs. Pour cette raison, la recharge rapide en moins d'une heure, et surtout en quelques minutes, devrait être interdite ;

- les batteries doivent être soumises périodiquement, actuellement tous les 5 à 6 cycles, à l'avenir peut-être une fois par mois, à une révision complète et à une charge d'entretien sous contrôle du niveau d'acide et autres qualités de la batterie, ceci par des spécialistes. Si la batterie est fixe à bord, il faudra immobiliser le véhicule une journée par mois. Il faut donc, pour l'entretien, au moins une technique d'échange assez sommaire (5 à 10 minutes).

M. Magnien. — En conclusion :

Les coûts qui nous ont été communiqués sont extrêmement intéressants et serviront de base dans nos rencontres ultérieures.

Quant à la recharge, il convient de suivre les avis de bon sens exprimés. La recharge rapide n'est pas sans risques.

En faveur de la recharge embarquée, on peut noter qu'elle permet une recharge de nuit, éventuellement de jour, et également de trouver une recharge rapide, de temps en temps, en 1 ou 2 heures.

L'échange de batteries ne semble valable que pour une compagnie exploitant une flotte de véhicules d'une certaine importance.

DEUXIEME TABLE RONDE
JEUDI 8 FEVRIER 1973 (APRES-MIDI)

INSERTION DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE DANS LE PARC AUTOMOBILE

Rapporteur-animateur :

M. André Laure Préfet, Chef du Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne

Animateurs :

MM.

Michel Frybourg Directeur de l'Institut de Recherche des Transports

Louis Lefort Directeur-Adjoint de la Distribution d'Électricité de France

Jean-Pierre Morelon Chargé de mission au Secrétariat Général du Groupe Central des Villes Nouvelles

Armand Osselet Chargé de mission à la Direction des Routes et de la Circulation Routière

Jean Servant Adjoint au Directeur de la Technologie, de l'Environnement Industriel et des Mines

Bernd Stoy Chef du Service Commercial Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk

1 - LE VEHICULE UTILITAIRE

2 - LA VOITURE PARTICULIERE

et les infrastructures de recharge ou d'échange des batteries

INSERTION DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE DANS LE PARC AUTOMOBILE

M. Saulgeot. — M. André Laure va animer cette réunion consacrée à l'insertion du véhicule électrique dans le parc automobile. Je lui donne tout de suite la parole.

M. Laure. — Il résulte des conclusions de la première table ronde que, pour les années qui viennent, le véhicule électrique sera essentiellement basé sur l'accumulateur au plomb. Dans ces conditions, les avantages du véhicule électrique sont les suivants : longévité, coût d'exploitation réduit, absence de pollution (qualité fondamentale).

Ses inconvénients sont : une autonomie limitée de l'ordre de 60 km sauf recharge rapide — mais celle-ci comporte certains désavantages ou risques —, un coût d'achat élevé, une vitesse limitée, inconvénient pour le véhicule lui-même et pour son insertion dans la circulation générale.

Le champ d'utilisation privilégié, peut-être initialement unique, du véhicule sera l'agglomération urbaine.

Les discussions vont concerner d'une part le véhicule utilitaire

(transport de marchandises, service, transport en commun) déjà en service dans plusieurs pays, d'autre part la voiture particulière encore au stade de prototype. Ces 2 types se distinguent notamment par le fait que les considérations de rentabilité, primordiales pour le premier, ne constituent qu'un élément du choix pour le second.

Pour chacun des 2 types, on examinera :

- les créneaux de lancement possibles et leurs délais d'ouverture ;
- l'importance éventuelle des séries, compte tenu de la position des utilisateurs potentiels et des constructeurs, des impératifs de la circulation et de la sécurité ;
- le problème des infrastructures de recharge ou d'échange de batteries ;
- les incitations économiques et réglementaires que les pouvoirs publics pourraient donner, s'il s'avère que le bilan économique et social est positif pour le véhicule électrique, question qui sera examinée par la troisième table ronde.

LE VEHICULE UTILITAIRE

M. Barbier. — Le véhicule électrique utilitaire dispose de trois créneaux :

- le premier est celui des petits véhicules de liaison, de service ou de livraison. C'est celui qui est développé en France par E.D.F. Il comporte l'expérimentation d'environ 80 Renault du type R 4 ou R 5 et de divers autres véhicules ;
- le créneau moyen est constitué par les véhicules de livraison urbaine d'environ 1 000 kg de charge utile, qui représentent une partie importante du parc automobile. Des véhicules électriques d'un tel tonnage s'inséreraient parfaitement dans la circulation urbaine ;
- il y a enfin le créneau des véhicules de transport en commun. Le minibus Sovel exploité en France dans quelques villes semble avoir donné satisfaction. D'autres pays ont fait avec des autobus du type standard des expériences dont il serait intéressant de connaître ici les résultats.

M. Dierkens. — Il faut écarter de la discussion le véhicule très léger et à très faible vitesse utilisé en Grande-Bretagne pour les petites livraisons, hors pointes de circulation et de limiter à ce qui s'insérera dans la circulation actuelle.

Quant aux trois créneaux qui viennent très justement d'être in-

diqués, ils doivent être traités séparément car ils s'adressent à une clientèle différente et posent des problèmes techniques également très différents. Le véhicule électrique léger est entièrement à créer. Il ne faut pas se baser sur ce qui existe, mais réaliser quelque chose de léger, de très maniable avec un minimum de charge et de batterie. A l'autre extrémité, il convient d'étudier un véhicule lourd : charge utile de 4 à 5 tonnes, poids total de 9 tonnes, batterie comprise, pas nécessairement rapide, effectuant de nombreux arrêts et pouvant donc concurrencer de façon favorable le diesel. Il peut être par exemple un véhicule de prise et remise à domicile du chemin de fer ou des postes.

Le véhicule moyen de 850 à 1 200 kg de charge utile est le plus difficile à étudier et, contrairement aux deux autres, on est obligé pour lui de partir de versions modifiées de la version diesel ou à essence qui bénéficie, au point de vue châssis, de l'effet de série de ces camionnettes.

M. Müller. — Il faut attaquer plus violemment le problème : outre la nécessité de protéger l'environnement, qui est évidente, la raréfaction des produits pétroliers, donc leur renchérissement, sont à prévoir pour les 20 à 50 prochaines années : il faut, pour faire durer ces produits aussi longtemps que possible, substituer a plus tôt, dans

la mesure permise par les moyens techniques dont nous disposons, le véhicule électrique au véhicule thermique.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que le coût d'exploitation d'un véhicule utilitaire comprend la charge importante afférente au conducteur, de sorte qu'un surcoût éventuel, dû à l'électrification du véhicule, intervient assez peu en valeur relative. Et, d'une part, les transports de personnes doivent s'intégrer dans un système complet (trains, etc.) et de ce fait les rayons d'action correspondants peuvent être faibles ; d'autre part, les transports de marchandises ont à assurer l'éclatement amont ou aval de lignes régulières fonctionnant sur grandes distances.

Enfin, des véhicules utilitaires qui sont exploités en flottes et à haute fréquence constituent un banc d'essai idéal. Ils sont les pionniers qui ouvriront la voie au véhicule électrique individuel.

M. Kalberlah. — Volkswagen procède en partant d'une camionnette déjà construite en série, et se propose de construire par jour 1 000 camionnettes de charge utile de l'ordre de 1 tonne, dont le besoin en ville croîtra. On prévoit la possibilité d'échange de batterie car, si le parcours journalier est en moyenne de l'ordre de 40 km, il peut atteindre 100 km.

M. Laure. — Quelles sont les performances de ce véhicule, notamment sa vitesse, et quels sont les programmes que vous envisagez ?

M. Kalberlah. — Partant d'un véhicule thermique de charge utile 1 tonne, il fallait y loger une batterie pesant 800 kg. Mais la vitesse étant réduite de 120 km/h (thermique) à 72 km/h (électrique), on espère alléger le châssis et la carrosserie et l'on arrive déjà à une charge utile de 500 kg ; on espère, au cours des essais, atteindre 700 à 800 kg ; le moteur de 16 kW permet des montées à 22 %.

Quant aux programmes, on espère terminer en avril 1973 les 20 premiers véhicules qui seront mis en expérimentation dans la circulation réelle, notamment pour tester la psychologie du conducteur vis-à-vis de l'autonomie. Après un an de tels essais, on construira 200, puis 2 000 véhicules ; ensuite, une décision sera prise concernant une petite série.

M. Müller. — Le « Transporteur » de Volkswagen a un moteur arrière facile à changer et un espace libre au milieu du véhicule peut être utilisé pour le logement des batteries. Vingt exemplaires sont en construction dont 18 nous seront livrés, les deux autres restant sur le circuit d'essai de Volkswagen pour des épreuves sévères. Les 18 véhicules livrés seront soumis à une exploitation proche de la pratique, soit dans le fonctionnement interne de la R.W.E., soit chez des clients potentiels tels que grands magasins, postes, administrations, etc. Un projet analogue est en cours avec Daimler-Benz. Il s'agit d'un tracteur fonctionnel avec entraînement frontal, les roues arrière suivant indépendamment, ce qui donne une place pour installer la batterie.

Ces essais nous fourniront les données statistiques nécessaires en ce qui concerne non seulement le véhicule et la batterie, mais aussi les systèmes d'approvisionnement ultérieur, car le très important problème de l'infrastructure de recharge est à étudier au plus tôt par les distributeurs d'électricité.

M. Laure. — Ainsi, dès la fin de cette année, nous pourrions avoir des enseignements très utiles sur l'expérience que vous avez engagée.

J'aimerais maintenant savoir où en sont nos amis anglais qui ont fait beaucoup d'efforts, depuis longtemps d'ailleurs, en faveur du véhicule électrique.

M. Tritz. — Les Sociétés Réunies d'Énergie du Bassin de l'Escaut possèdent quelques véhicules anglais dans leur flotte. Nous avons en service depuis deux ans un véhicule anglais de charge utile 250 à 300 kg avec une vitesse maximale de 45 à 50 km/h et une autonomie de 45 à 50 km. Les 2 petits moteurs de 4 1/2 ch, branchables en série ou en parallèle, ont donné lieu à quelques incidents... La consommation est de 0,25 à 0,30 kWh par km. Le véhicule est utilisé par une entreprise de distribution d'électricité pour le service des compteurs et, à raison de 20 à 25 km par jour, il a parcouru à peu près 4 000 km. La carrosserie en polyester renforcée de fibre de verre peut être soulevée par rotation autour de deux points, de sorte que batterie, moteur et chargeur incorporé sont très accessibles. La durée de vie escomptée du véhicule est de 8 à 10 ans, éven-

tuellement 12, tandis que la durée de vie espérée pour la batterie de 48 V à plaques planes est seulement de 3 ans, mais nous espérons qu'avec un régime de charge très soigné elle pourra durer davantage.

M. Jalon. — Un véhicule anglais du type camionnette présente des caractéristiques assez différentes : autonomie de 60 à 80 km, vitesse de pointe de 60 km/h, charge utile de 500 kg améliorée grâce à l'utilisation de batteries allégées livrées par la maison Fulmen. Ce véhicule répond à une demande du Post Office américain auquel un prototype a été livré et avec lequel nous sommes en pourparlers pour une livraison de 30 véhicules. Des contacts ont également été pris avec les P.T.T. français, et E.D.F. en a commandé un exemplaire. Le véhicule a une suspension assez dure qu'il conviendra d'améliorer, mais il faut noter que le conducteur passe 3/4 de son temps à livrer, 1/4 seulement à conduire. L'avis des utilisateurs potentiels est sollicité.

M. Stoy. — La vitesse minimale des véhicules urbains a déjà été examinée au colloque organisé par l'UNIPEDE, à Bruxelles, en mars 1972. J'aimerais savoir si des valeurs ont été adoptées depuis lors aux États-Unis ? Si oui, qui les a mises au point, qui les a ratifiées et a réussi à les faire respecter dans la pratique ?

M. Young. — Je voudrais d'abord vous parler d'un certain nombre de projets ou essais en cours aux États-Unis.

- Comme il a été dit, la Région postale Ouest a commandé une trentaine de camionnettes anglaises, après les avoir essayées pendant une année.
- Le service postal central a acheté 3 véhicules analogues à divers constructeurs américains.
- La Société West Coaster construit des éléments de véhicules pour de grands fabricants.
- Une compagnie de distribution du Middle West envisage d'ici à la fin de l'année des essais à grande échelle sur 60 véhicules à passagers.
- Electric Vehicle Council, organisme englobant des sociétés de distribution d'électricité, des fabricants, etc., va commencer des essais sur une centaine de véhicules de 5 000 livres de charge utile au cours de l'été prochain : vitesse maximale de 60 miles/h avec une autonomie de 20 miles ; vitesse moyenne 30 miles/h avec une autonomie de 40 miles.

Au cours de la décennie vont apparaître aux Etats-Unis un grand nombre de réalisations dans les domaines : véhicules de service, autobus, transport au voisinage d'aérodromes...

Un souci essentiel est l'économie de pétrole, pour lequel les Etats-Unis souhaitent ne pas trop dépendre de l'étranger.

M. Laure. — Oui, mais quelle est la réponse à la question posée quant à la vitesse minimale ?

M. Young. — Nous n'avons pas de normes obligatoires. Les sociétés d'électricité se sont fixés elles-mêmes les niveaux de performances que je vous ai indiqués : 60 miles/h, autonomie de 20 miles, etc.

M. Smart. — Un des orateurs a soulevé la question de la basse vitesse des véhicules utilitaires en Angleterre. Mais ces véhicules sont destinés à un usage très particulier qui n'existe peut-être pas dans d'autres pays : livraison quotidienne de pain, de lait... Un véhicule anglais de livraison à basse vitesse s'arrête à chaque maison et la loi obligeant les véhicules en stationnement à stopper leur moteur, un moteur à essence ou diesel s'utiliserait de façon inacceptable.

Pour ces usages, le véhicule électrique est le véhicule idéal et la vitesse de 30 km/h est suffisante : 50 000 unités sont déjà en service.

Cependant, il y a un intérêt croissant pour un véhicule plus rapide. C'est ainsi qu'une compagnie d'électricité a commandé une cinquantaine de camionnettes du genre qui a été décrit par M. Jalon, pour être utilisées par les inspecteurs du réseau, les démonstrateurs, etc. Enfin, des essais sont effectués sur des autobus en exploitation dans un certain nombre de villes d'Angleterre.

M. Müller. — Le véhicule utilitaire urbain a besoin avant tout d'une certaine accélération, au moins 1 m/seconde et, de ce fait, la vitesse atteindra 60 à 70 km/h, faute de quoi il serait un obstacle à la circulation et l'opinion publique ne l'accepterait pas.

M. Osselet. — On peut concevoir 2 modes de réglementation. Le mode allemand est préventif : on tente de tout déterminer à l'avance ; le mode français est curatif : on essaie de pallier les défauts constatés. Il semble que pour le véhicule électrique on utilisera le mode allemand : on fixera des vitesses et accélérations minimales ; peut-être séparera-t-on le trafic urbain du trafic extra-urbain.

M. Laure. — Cette observation s'applique-t-elle même aux véhicules légers, c'est-à-dire de charge utile 100 à 200 kg ?

M. Osselet. — Nous avons étudié le problème surtout pour les voitures particulières, le véhicule de livraison nous paraissant marginal. Mais s'il doit y en avoir beaucoup la vitesse minimale sera certainement supérieure à 40 km/h.

M. Laure. — Parlons des autobus.

M. Lhermitte. — Permettez-moi de revenir sur l'intervention du Dr Müller. Il a souligné l'importance des données statistiques qui seront fournies par une clientèle potentielle encore assez imprécise ; d'autre part, des revues spécialisées (entre autres les publications de la S.E.M.A.) ont mis l'accent sur les efforts de normalisation des modèles de transit des marchandises en centre urbain. Comment ceci se raccorde-t-il avec ce qui vient d'être dit ?

M. Frybourg. — Une des nombreuses solutions théoriques pourrait comporter des gares de quar-

tier, puis un service collectif de distribution, assuré par des véhicules de dimension, autonomie et vitesse maximale modestes. Comme nous l'avons vu, l'accélération est un facteur important, car le démarrage de ces véhicules ne doit pas limiter la capacité des carrefours.

M. Laure. — Parlons maintenant des autobus et des minibus.

M. Regani. — Je vous souhaite tout d'abord, au nom de M. le Maire de Besançon, la bienvenue dans notre Franche-Comté et je suis heureux de profiter de ce colloque pour vous informer des projets de notre municipalité. La ville de Besançon :

- interdira pratiquement toute circulation de transit en centre ville ;
- instaurera des zones piétonnes ;
- en même temps, renforcera considérablement son réseau de transports en commun. Encore faudra-t-il ne pas aggraver, de ce fait, les nuisances. C'est pourquoi, d'ici à 1977, l'ensemble des autobus traversant le centre de la ville devra être électrique. Mais ces véhicules doivent être conçus pour le confort des usagers, car les constructeurs ne doivent pas oublier que l'autobus ne transporte pas seulement des batteries...

M. Laure. — Soulignons que Besançon est à la pointe de l'évolution en cette matière.

M. Frybourg. — Effectivement, les projets envisagés à Besançon

vont dans un sens très souhaitable pour la collectivité, mais il ne faut pas mettre en cause systématiquement les transports collectifs qui ont le mérite de pouvoir remplacer un grand nombre de véhicules individuels. D'autre part, il vaut mieux, en principe, que les collectivités fixent des objectifs à atteindre en matière de circulation, sans imposer les moyens.

M. Laure. — Quel est l'avis de M. Morelon en ce qui concerne les villes nouvelles ?

M. Morelon. — Le marché des autobus dans les villes nouvelles va se développer dans les mois à venir. L'ambiance est favorable à des solutions neuves. Le VI^e Plan fait des villes nouvelles des points d'innovation privilégiés pour les techniques, ce qui peut intéresser le véhicule électrique et les infrastructures correspondantes. Depuis l'automne dernier, les villes nouvelles d'Evry et de Saint-Quentin-en-Yvelines expérimentent deux autobus prêtés par E.D.F., de marque Sovel, à 22 places ; ils sont utilisés soit dans un circuit normal de transports en commun, soit pour des visites en groupe dans la ville. Ils sont bien reçus par les collectivités, les responsables et les usagers. Mais des progrès restent à faire quant au chauffage et à l'échange des batteries. Des autobus directement conçus pour la traction électrique pourront comporter des améliorations.

Je crois que les études et essais en cours doivent permettre de préciser les conditions économiques d'utilisation de ce type de transport et de les comparer avec celles

de l'autobus thermique. A ce propos, on peut se demander si des incitations de la part de l'Etat ne devraient pas intervenir.

M. Félix. — Je suis bien d'accord pour procéder par étapes dans l'élaboration du véhicule électrique, mais des conceptions nouvelles sont cependant nécessaires.

M. Messy. — Pour ma part, je voudrais préciser que l'autobus Sovel comporte une deuxième version, avec modification de la suspension — qui devient entièrement pneumatique — et de l'intérieur du véhicule ; une troisième génération est à l'étude avec la ville de Besançon, comportant l'amélioration de l'échange des batteries et de la disposition des sièges (50 places). La première version roule de 45 à 50 km/h avec 60 à 80 km d'autonomie et les deuxième et troisième versions à 60 km/h avec 120 km d'autonomie.

M. Müller. — Cette année, la société R.W.E. va mettre 20 autobus en véritable service de ligne, de 5 h à 23 h. Le véhicule électrique doit démontrer ses qualités de cette façon, c'est-à-dire dans des conditions particulièrement sévères ; il ne fait l'objet d'aucune présentation spectaculaire (rallies, etc.).

M. Robin. — La discussion se place en ce moment dans le domaine de la prospective et nous constatons :

— des « tendances lourdes », ce vers quoi nous allons : problèmes des nuisances notamment ;

— des « faits porteurs d'avenir » décelés à travers ces tendances ; le véhicule électrique en est un ; son éclosion ne doit pas prendre de retard. La décision de la ville de Besançon s'inscrit dans ces « faits porteurs d'avenir ».

S'y inscriraient de même les subventions des Etats, les décisions financières des constructeurs d'automobiles dont les préférences pourront aller vers la traction électrique.

S'il faut être ambitieux, néanmoins partir de ce qui existe est également bon pour ne pas prendre de retard... Adapter peut permettre d'optimiser le phénomène électrique.

M. Laure. — En conclusion de la première partie de cette table ronde, voici en résumé les principaux points évoqués :

— en ce qui concerne le véhicule utilitaire, les choses évoluent rapidement en Allemagne, Grande-Bretagne, Etats-Unis, France ;

— parmi les créneaux, il faut retenir notamment : le véhicule léger faisant du porte-à-porte ; le véhicule moyen (1 000 kg de charge utile) qui se prête le plus opportunément à l'adaptation des véhicules existants ; le poids lourd avec nombreux arrêts ;

— les grandes flottes sont les moyens de percées les plus appréciés ;

— pour l'insertion du véhicule électrique, une vitesse minimale de 60 à 70 km est probablement nécessaire ;

— des expériences sont souhaitées quant aux véhicules de transport en commun ; celle de Besançon est proche. La solution électrique doit être l'occasion d'humaniser l'intérieur des véhicules ;

— il faudra se revoir d'ici un an ou deux...

Cela dit, nous aborderons en deuxième partie les problèmes plus complexes du véhicule individuel, de la voiture particulière.

2

LA VOITURE PARTICULIERE

M. Laure. — Les problèmes à examiner sont les suivants :

— les caractéristiques fonctionnelles que doit présenter cette voiture en fonction des besoins des usagers, de la sécurité, de l'insertion dans la circulation ;

— le cheminement à suivre pour que cette voiture puisse éventuellement, un jour, remplacer le véhicule thermique ; ce qui nous donnera l'occasion d'envisager la solution de transition que peut constituer le véhicule

hybride, les flottes spécialisées, la location, le libre-service pour lequel une expérience très intéressante est en cours ;

- l'infrastructure (échange, recharge) et l'environnement, tant pour le véhicule utilitaire que pour la voiture particulière ;
- les incitations économiques et réglementaires.

M. Frybourg pourrait fort opportunément ouvrir ces débats.

M. Frybourg. — Au niveau de l'année 1980, on peut envisager que le deuxième véhicule du ménage puisse constituer 20 à 30 % du parc total dont 70 à 80 % en zone urbaine. La production nécessaire serait alors de 400 voitures par jour, ce qui est le minimum pour une production de grande série. Des études et enquêtes du type I.N.S.E.E. sont indispensables, en liaison étroite avec les constructeurs. Les véhicules spécifiquement urbains pourraient correspondre à deux natures de besoins :

- des besoins de type complémentaire par rapport aux besoins satisfaits actuellement, ce qui conduirait à un accroissement global de la circulation, peut-être à une concurrence aux transports collectifs. Un problème particulier est la desserte en surface des stations de transport en commun pour l'urbanisation discontinuée : il s'agit de rejoindre la gare, la station de métro régional, etc. avec des petits véhicules à très court trajet ;
- des besoins de type alternatif à l'utilisation du véhicule ther-

mique actuel. Il est important d'examiner quelles devraient être les caractéristiques fonctionnelles du véhicule électrique du point de vue de l'emcombrement dynamique, des nuisances et de la sécurité, car il sera soumis à la réglementation de droit commun qui tendra à une meilleure protection des passagers, des piétons et des « deux roues ».

Les caractéristiques fonctionnelles des véhicules électriques en milieu urbain devront être définies. Elles seront vraisemblablement différentes de celles du véhicule de type B du tableau 2.1 (1). Toutefois, il peut y avoir des solutions de transition. Mais pour atteindre les objectifs d'un bilan qui soit positif pour la société, il faut tenir compte non seulement du coût économique pour l'utilisateur, mais des coûts collectifs : insertion dans la circulation, pollution, sécurité.

M. Robin. — En adhérant à l'analyse de M. Frybourg, notamment quant aux coûts sociaux, je voudrais la compléter par deux remarques :

- au-delà du véhicule complémentaire ou de substitution, il convient de penser à une autre formule. Un produit nouveau change l'état du marché et pénètre un peu par tous les bords, car il répond souvent à une certaine nature de besoins non encore exprimés ;
- avec ou sans le véhicule électrique, le marché évolue. Nous

(1) Cf. page 133.

entrons dans une civilisation de services, plus que de produits. Les qualités du véhicule électrique — robustesse, durée de vie — doivent permettre de répondre aux besoins du véhicule de service. Il s'agit donc d'un nouveau produit qui bouleverse le marché, mais un marché en évolution vers le service.

M. Fort. — M. Frybourg a dit qu'en 1980 il y aurait 20 à 30 % de seconds véhicules, dont 60 à 70 % électriques (urbains).

Est-il possible de donner des ordres de grandeur en chiffres absolus du nombre des véhicules utilitaires qui ont fait l'objet de la première partie de la discussion ? En effet, les dimensions du marché conditionnent les séries, donc le coût d'investissement.

M. Saury. — On peut prévoir pour 1985, en France, 20 millions de voitures particulières et commerciales, avec une production annuelle de l'ordre de 20 % de ce chiffre (10 % pour le remplacement et 10 % pour l'expansion et l'exportation).

M. Laure. — Quant aux caractéristiques fonctionnelles du véhicule, il a été indiqué qu'il était nécessaire de faire des études et des enquêtes. Mais ne peut-on pas d'ores et déjà apporter quelques précisions sur ce que devraient être ces caractéristiques, en ce qui concerne le type B (1) notamment, et quant au mode d'insertion et à la vitesse ?

M. Osselet. — Il faut distinguer deux sortes de caractéristiques fonctionnelles :

- celles exigées par les usagers ;
- celles exigées par les gouvernements et relatives à l'insertion, à la sécurité, aux nuisances (on ne l'a pas dit parce qu'on pense véhicule électrique).

En fait, il y aura des véhicules urbains et des véhicules non urbains ayant certaines caractéristiques de performances.

Du point de vue insertion et sécurité, je crois qu'une vitesse et une accélération minimales seront exigées. Il faut distinguer la sécurité primaire (freinage, stabilité de route) et la sécurité secondaire (passive), moyen de lutter contre les conséquences des accidents, par action sur les structures des véhicules qu'il ne faut pas trop alléger. Nous en sommes encore au stade des réflexions et nous ne pourrions avoir qu'une position européenne sur la question, mais nous serons probablement amenés à concevoir deux types de véhicules : urbain et routier, ayant des caractéristiques différentes du point de vue sécurité secondaire.

Les essais au choc pourraient être effectués à des vitesses différentes. Suivant qu'on lance un véhicule à 40 km/h ou à 60 km/h, les résultats ne sont pas du tout les mêmes. Un problème délicat est celui de la coexistence des deux types, urbain et routier.

On peut imaginer :

- soit d'imposer les mêmes performances, vitesse, accélération, sécurité passive aux véhicules urbain et routier ;
- soit pour permettre le développement du véhicule urbain, d'admettre pour celui-ci des

performances inférieures, mais alors il faudrait interdire l'utilisation de ces véhicules sur les autoroutes, les routes à grande circulation, éventuellement certaines routes urbaines. Faut-il réciproquement interdire la circulation urbaine aux véhicules routiers ? Non peut-être, s'il existe des incitations à l'usage des véhicules du type urbain en ville.

M. Frédérick. — A Paris, 8 % des voitures sont en rodage — 15 % au printemps — et roulent théoriquement à 60 km/h sans qu'une gêne soit constatée. Le véhicule électrique doit donc pouvoir s'insérer à 60 km/h. Sa vitesse va modifier le contexte du trafic ; il ne faut pas extrapoler en fonction des conditions actuelles.

Selon la firme Volvo, la coexistence des deux véhicules est tolérable, soit en milieu urbain, soit en milieu autoroutier, si la vitesse de l'un ne dépasse pas le double de celle de l'autre.

Un véhicule électrique (60 km/h) pourrait donc circuler en ville en même temps que tout autre véhicule puisque la vitesse y est limitée bien au-dessous de 120 km/h.

M. Frybourg. — Le problème principal se situe au niveau des autoroutes. En zone urbaine, 60 km/h suffisent ; en zone néo-urbaine, les vitesses sont limitées en principe à 80 km/h. Sans doute des voitures roulant à 60 km/h peuvent-elles y circuler. Ce qui importe surtout, c'est l'accélération. Peut-être d'ailleurs la vitesse de 80 km/h pourra-t-elle être atteinte par le véhicule

électrique dans une dizaine d'années.

Je pense qu'il faut attacher surtout du prix aux caractéristiques de sécurité secondaire (passive) en recherchant des performances minimales des structures et une bonne répartition des masses (notamment batteries). Il serait intéressant de connaître le point de vue des constructeurs sur ces questions.

M. Stov. — Nous parlons avec optimisme des années 80, mais les performances vont-elles vraiment s'améliorer (batteries plus légères, etc.) ?

Je crois que les conditions techniques et économiques actuellement connues de fabrication et d'utilisation des véhicules électriques valent pour des véhicules utilitaires, mais quelle personne privée va acheter, même dans 10 ans, une voiture électrique si elle coûte deux fois plus cher, a une autonomie plus faible, des caractéristiques de conduite moins favorables ?

Donc d'autres facteurs doivent motiver un changement ; plusieurs raisons militent en faveur du véhicule électrique :

- des raisons de protection de l'environnement : d'une part, quant aux émissions du véhicule ; d'autre part, pour le véhicule électrique les transformations d'énergie primaire en énergie secondaire ont lieu dans des centrales éloignées des grandes agglomérations ;
- des raisons politiques et commerciales. Nous avons

l'exemple du Japon dont la politique d'exportation en ce domaine est encouragée par des subventions publiques assez considérables.

Par ailleurs, l'énergie primaire (pétrole) va devenir rare et chère. Le risque est plus grand en R.F.A., qu'en France et en Grande-Bretagne. Il faut aller vers le nucléaire, donc l'électricité.

En R.F.A., si en 1985 10 % des véhicules sont électriques, ils consommeront environ 2 % de la production totale d'électricité, soit 10 milliards de kWh qui pourraient être produits par une unité de 1 250 MW fonctionnant 8 000 heures par an, et en fait, cette consommation sera centrée sur les heures creuses.

M. Benezech. — La vitesse, l'accélération et les normes de sécurité ont toujours été prises en considération dans les études faites. Avec 2,50 m de longueur, on peut réaliser un habitacle confortable. En effet, un avantage du véhicule électrique est qu'on peut répartir les masses, les sources d'énergie, les moteurs, les dispositifs de commande. Avec les techniques stratifiées et en faisant appel au bouclier, on peut satisfaire aux normes les plus sévères. Le véhicule électrique a de meilleures caractéristiques aérodynamiques : pas d'ouverture de la carrosserie vers le bas, couple plus régulier permettant une forme elliptique du pneu, avec bande de roulement rigide et étroite. Le facteur décisif sera le générateur à 100 Wh par kg. Le moteur électrique peut donner sur quelques minutes 2 à

3 fois la puissance normale et le véhicule électrique s'insérera donc facilement dans le trafic.

M. Fort. — En réponse à M. Stoy, je voudrais faire deux remarques :

- le véhicule électrique n'aura pas un développement spectaculaire d'ici 1980-1985. Les incertitudes pétrolières pour cette époque — qui peuvent d'ailleurs aller dans un sens favorable — ne sont pas plus importantes que les incertitudes que comporte actuellement le véhicule électrique ;
- à moyen terme (1985), l'énergie nucléaire n'arrivant pas immédiatement, la demande supplémentaire induite ne pourra-t-elle se traduire par une demande accrue au niveau du pétrole ?

M. Laure. — Cette question est à traiter par la troisième table ronde.

M. Phéline. — Il serait utile qu'avant la troisième table ronde puissent se dégager des ordres de grandeur de percée de la voiture électrique, pour aider à construire des scénarios pour les zones de développement urbain intensif, nous permettant d'évaluer les incidences sur l'environnement.

M. Duclos. — Il convient de bien définir les conditions nécessaires pour un véhicule urbain. A égalité de service rendu, le choix devrait se porter sur le véhicule électrique, moins polluant et moins bruyant (5 à 10 décibels de moins) que le véhicule thermique.

M. Smart. — Je préconiserais quant à moi un véhicule de vitesse

maximale de 60 km/h d'autonomie réduite, donc destiné à la ville. L'accélération devrait être de 0 à 50 km/h en 12 secondes, soit en moyenne 1,2 m/seconde. On devrait pouvoir démarrer sur une pente à 20 %, monter une côte à 8 % à 40 km/h, pour ne pas gêner la circulation. Au freinage, une décélération de 0,8 G doit être possible.

M. Mordchelles-Régnier. — Je suis d'accord sur l'ensemble de ces chiffres et je voudrais seulement les compléter.

Un véhicule urbain transporte en moyenne 1 ou 2 personnes sur un parcours limité. Il faut se proposer de transporter 1 conducteur + 1 passager, soit 150 kg. Pour transporter ces 150 kg, on a besoin d'un certain poids de batterie, qui est fonction des performances (vitesse, accélération et autonomie) que l'on va exiger du véhicule. Donc, si l'on passe de 40 à 60 km/h, en circulation urbaine avec démarrages et arrêts, l'autonomie est divisée par 2 à 3. Pour transporter ces deux personnes à une vitesse variable entre 40 et 60 km/h, on a le choix actuellement entre deux types de châssis :

- type habituel, grand châssis conçu normalement pour transporter 4 personnes à des vitesses bien plus grandes, poids total 1000 kg, 350 kg de batterie au plomb ;
- type spécifiquement urbain : 2 personnes + 350 kg de batterie ; avec une sécurité raisonnable on peut réduire le poids de 250 kg par rapport au type précédent, ce qui donne 30 % d'accroissement des performances

des batteries... C'est-à-dire qu'on obtient les mêmes performances pour 40 Wh/kg que pour 55 Wh/kg. Il faut aussi penser à la « pollution surfacique » (encombrement). On peut réduire la longueur à 2 m ; ce qui permet de faire stationner, perpendiculairement au trottoir, trois véhicules avec sortie par le côté, pour un véhicule actuellement. Il faut étudier la stabilité dynamique au freinage et en virage, ce qui a conduit nos recherches à rejeter la solution tricycle avec une roue à l'arrière, instable au freinage et en virage.

M. Laure. — Ce véhicule répondra-t-il à des normes de sécurité raisonnables ?

M. Mordchelles-Régnier. — Aux faibles vitesses prévues, ce doit être possible.

M. Osselet. — S'il devait s'agir de voitures extra-légères, il ne faut pas oublier que les essais comportent le lancement du véhicule contre un mur et que des pendules le cogneront sur les côtés à des vitesses à déterminer... Je suis prêt à dire qu'on ira moins loin que pour les véhicules routiers, mais on n'ira pas à zéro.

M. Mordchelles-Régnier. — En phase de transition, pour quelques milliers de véhicules, faut-il des normes plus sévères que pour les centaines de milliers de vélocycleurs ou motocyclettes ?

M. Müller. — Nous avons beaucoup parlé de vitesse maximale. Sur le véhicule électrique, un sim-

ple contrôle électronique peut, pour un surprix très faible, transmettre un signal extérieur quand le véhicule a atteint 50, 60, 70 km, avec éventuellement blocage de la vitesse à ce niveau.

M. Jalon. — En réponse à MM. Osselet, Mordchelles-Régnier et Müller, je pense que la solution n'est pas d'ordre technologique ou réglementaire, mais économique. S'il y a trop d'accidents, les assurances vont augmenter les prix, et de ce fait les clients vont s'abstenir (exemple des scooters).

M. Laure. — Nous allons examiner maintenant le problème du cheminement et voir par quels moyens (location, banalisation...) il est possible de faciliter l'insertion du véhicule électrique.

M. Dubois. — A mon sens, le véhicule électrique ne pourra d'abord exister qu'en flottes pour des raisons techniques, car l'infrastructure nécessaire serait trop lourde pour les particuliers et pour des raisons économiques, car la seconde voiture serait trop chère pour un usage restreint.

Il existe une solution « Transport individuel public - T.I.P. ».

M. Laure. — Pourriez-vous nous préciser ce qu'est le système T.I.P. ?

M. Leblond. — Un système de libre-service, avec abonnement. Il existe à Montpellier depuis 1 an et demi, il fonctionne provisoirement sur voitures thermiques. On pourrait réduire au 1/10 le nombre de

voitures circulant dans une ville ; on créerait à l'entrée des villes des parcs de dissuasion où seraient laissées les voitures particulières.

M. Dubois. — Nous sommes prêts à entrer en contact avec un constructeur pour tenter l'expérience sur 100 véhicules électriques.

M. Frybourg. — A ce propos, il est bon de rappeler que deux approches sont possibles pour le véhicule électrique, qui ne sont pas exclusives l'une de l'autre :

- partir des batteries existantes : on atteint 60 km/h, avec autonomie de 100 km, 1,2 m/seconde d'accélération, d'où on déduit les utilisations immédiates de façon à expérimenter en champ ouvert ;
- analyser les besoins attachés à la seconde voiture du ménage. Un progrès de 20 % sur les performances ne paraît pas impossible. Mais il faut développer dans une phase transitoire des véhicules qui permettent d'éprouver les réactions de la clientèle, de mettre au point les infrastructures, d'où l'intérêt des flottes spécialisées.

J'évoquerai aussi les véhicules hybrides.

A noter toutefois que si l'objectif poursuivi est d'intéresser la grande industrie automobile au véhicule électrique, cette industrie ne s'intéressera aux flottes spécialisées, conduisant à des séries réduites que si elles apparaissent comme transitoires. La formule location est un bon moyen de mettre en contact

la clientèle ordinaire avec le véhicule électrique. On peut envisager :

- la location proprement dite, du type voiture sans chauffeur ;
- la voiture banalisée du type « taxiphone », avec ou sans abonnement.

Pour que les démonstrations commerciales ne soient pas un échec, il faut peut-être consentir momentanément un surcoût, pour des raisons évidentes tenant à la faiblesse de la production, voire à l'utilisation de technologies provisoirement trop coûteuses.

M. Laure. — Nous allons examiner maintenant la question des infrastructures de recharge et d'échange.

M. Lefort. — M. Wolf a donné des prix pour un dispositif de recharge à 80 %, embarqué ou non, sur une durée de 12 heures : soit 900 à 1 000 F. E.D.F. a effectué une étude sur les infrastructures d'alimentation des postes de charge en :

- parcs publics souterrains ;
- parcs privés d'immeubles ou d'entrepôts, abrités ou extérieurs.

Nous avons étudié deux types de véhicules :

- véhicules électriques de déplacement urbain, ou véhicules commerciaux de service (type B et C) (1),
- véhicules utilitaires du type camionnette de livraison (type D) (1),

(1) Cf. tableau 2.1, page ??

et retenu deux types de recharge :

- lente en 7 à 8 heures au moins, en principe durant les heures creuses,
- rapide en 3 heures, éventuellement de jour.

Pour les véhicules de type B et C :

- En parc privé, deux possibilités ont été envisagées :
 - comptage reporté chez chaque abonné, propriétaire ou locataire de sa place de parc, ce qui nécessite une liaison entre celle-ci et le compteur de l'abonné (appartement ou palier). Prix d'équipement : 1 350 à 2 150 F (parc abrité ou parc souterrain) ;
 - comptages regroupés sur un tableau général, dans un local attenant au parc. Prix d'équipement :
 - 1 650 à 1 950 F par place de parc intérieur ;
 - 1 950 à 3 100 F en parc extérieur.
- En parc public, sous avenues ou places, avec borne de comptage fonctionnant avec jeton spécial : prix moyen entre 2 600 F (recharge lente) et 5 800 F (recharge rapide).

Pour les véhicules de type D, avec batterie de 250 Ah jusqu'à 600 Ah, on peut envisager :

- les parcs privés de sociétés, avec compteur totalisateur,
- les parcs publics banalisés (stations-service...) avec enregistrement des quantités consommées ou encaissement de l'argent à chaque recharge.

Tableau 2.1

**CLASSIFICATION DES VEHICULES ELECTRIQUES
EN FONCTION DES DIFFERENTS CRENEAUX D'UTILISATION**

Type	Usage	Constructeurs	Charge transportée kg	Puissance nominale kW	Vitesse km/h
A Mini véhicule	Loisirs Golf Cars Handicapés Tondeuses Tricycles	LA VOITURE ELECTRONIQUE (F) Américains Suédois	2 personnes	1	30
B 2 places	Véhicule spécifiquement urbain (V.S.U.) à 2 places et bagages	LA VOITURE ELECTRONIQUE (F) BERTIN (F) TEILHOL (F) URBANINA (I) ENFIELD (GB)	200	3/5	40/50
C Service	Petites interventions Petites livraisons Démarchage urbain Taxis P.T.T.	LA VOITURE ELECTRONIQUE (F) BERTIN (F) E.D.F.-RENAULT (F) C.G.E. GREGOIRE (F) MORRISSON (GB) DORNIER (D) DAIHATSU (J)	200 à 350	5/10	50/80
D Livraison	Livraisons urbaines Microbus de 10-12 places	VOLKSWAGEN (D) SINPAR (F) HARBILT-SMITH (GB) MERCEDES (D) MESSERSCHMIDT (D)	800 à 1 200	15/20	50
E Utilitaire	Véhicules lourds Bennes à ordures Minibus urbain Autobus urbain de 50 à 70 places	SOVEL (F) M.A.N. (D) CROMPTON-MORRISSON MITSUBICHI (J)	2 000 à 3 000	30/50	50

Deux cas ont été étudiés :

- place de parc avec chargeur collectif :

— pour 5 places :

3 350 F pour 250 Ah,
5 800 F pour 600 Ah ;

- place de parc avec chargeur individuel :

4 200 F pour 250 Ah,
10 900 F pour 600 Ah.

Le cas de recharge rapide des camionnettes de livraison urbaines

n'a pas encore été étudié. Par contre, dans le cadre de l'opération PROCOTIP (2), l'utilisation de véhicules électriques a été envisagée en prévoyant 5 emplacements réservés dans la ville. Chacun de ces emplacements serait aménagé avec borne parcmètre comportant une prise de charge et serait équipé de 8 postes dont 4 de charge lente et 4 de charge rapide. Le coût des branchements serait en moyenne de 2 400 F, celui des chargeurs serait en moyenne de 3 000 F (charge lente : 2 000 F, charge rapide : 4 000 F). Avec une armoire métallique étanche à 3 000 F et une borne de raccordement à 2 000 F, le coût moyen d'équipement par place serait de l'ordre de 5 000 F. Pour des véhicules coûtant 15 000 à 20 000 F, le coût de l'équipement de recharge serait donc égal à 1/3 ou 1/4 du prix du véhicule.

Voilà ce que l'on peut dire sur le coût du réseau. On a calculé d'autre part (car il est courant de dire : « Mais les réseaux d'E.D.F.

pourront-ils faire face ? ») qu'en France :

- la puissance appelée par la recharge des véhicules électriques pourrait atteindre en pourcentage de la charge totale du réseau :
 - en janvier 6,1 % à 22 h et 3,9 % à 3 h ;
 - en juillet 7,2 % à 22 h et 4,6 % à 3 h.

La charge due aux véhicules électriques est relativement constante quelle que soit la sai-

son ; c'est ce qui explique que les coefficients de contribution de charge sont plus importants en été qu'en hiver, la charge générale diminuant évidemment en été ;

- 1 million de véhicules électriques consommeraient 11 TWh sur une consommation totale de 400 TWh, soit 2,75 % de celle-ci.

Ce chiffre est assez voisin de celui cité par M. Stoy pour la R.F.A.

M. Laure. — Nous allons examiner la question des incitations économiques et réglementaires.

M. Frybourg. — L'aide de l'Etat et des collectivités porte d'abord sur le développement en matière de composants et de progrès technologique. Quant à la stratégie de l'innovation, cette aide peut consister à financer le surcoût correspondant aux expérimentations commerciales par flottes spécialisées. L'incitation économique doit être justifiée par les avantages que la collectivité retire du véhicule électrique et que devra évaluer la troisième table ronde. Au sujet de la pollution, il faut rappeler le principe : « pollueur, payeur » adopté par l'O.C.D.E. au niveau international.

Un aspect réglementaire s'ajoutera aux incitations économiques. La promotion des véhicules spécifiquement urbains passera par une « définition administrative » de ces véhicules, d'où pourront découler certains avantages tarifaires (stationnement, par exemple).

(2) Promotion Coopérative du Transport Individuel Public.

M. Osselet. — Cette « définition administrative » passe par une définition du véhicule urbain et des caractéristiques qu'il doit présenter (pollution, bruit, encombrement, accélération, vitesse...). Alors seulement pourront lui être appliquées telles ou telles règles en matière de sécurité (freinage, essais de choc...). On aura alors un outil bien défini et il appartiendra aux collectivités locales et à l'Etat d'accorder un traitement préférentiel à cet outil du point de vue des taxes, s'ils l'estiment opportun.

M. Laure. — En conclusion de la deuxième partie de cette table ronde, je note qu'il y a une incertitude sur les créneaux du marché pour la voiture privée, d'où l'enchaînement : pas de marché, pas de production de série et vice versa...

Il faut, il me semble :

— résister à la tentation de sacrifier la sécurité et la robustesse à l'autonomie et à la vitesse, pour ne pas s'exposer à des contre-performances ;

- organiser la transition, ne pas être trop exigeant quant aux normes du véhicule : par exemple, se contenter au début d'une vitesse de 60 km/h. La technique la fera croître ;
- favoriser le développement de flottes spécialisées ; l'expérience de Montpellier est intéressante ; on peut penser à une formule de location ou à des flottes de taxis ;
- rechercher des technologies de transition (moteur hybride ?) ;
- tirer les leçons, pour le développement des voitures particulières, des expériences que l'utilisation des véhicules utilitaires nous apportera sur les dispositifs de recharge. Mais le problème fondamental est celui-ci : que feront les Etats et collectivités pour favoriser économiquement et administrativement le véhicule urbain ? Il ne s'agit pas de vouloir le véhicule électrique à tout prix. Il faut s'assurer que le bilan pour la collectivité est positif ; si oui, prendre toutes mesures incitatives nécessaires.

TROISIEME TABLE RONDE
VENDREDI 9 FEVRIER 1973 (MATINEE)

ÉCONOMIE DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Rapporteur-animateur :

M. Albert Robin

Directeur à la Direction Générale d'Électricité de France

Animateurs :

MM.

Serge Antoine

Secrétaire Général de la Mission Intermministérielle pour l'Environnement

Pierre Bouthors

Chef du Service des Etudes Avancées de la Régie Nationale des Usines Renault

Bernard Félix

Adjoint au Directeur des Transports Terrestres

Adolf Kalberlah

Chef du Service de la Recherche de Volkswagen

Pierre Patin

Directeur des Etudes Générales de la R.A.T.P.

Denis Smart

South Western Electricity Board

- 1 - CONSTAT DES COUTS ACTUELS
- 2 - PROSPECTIVE
- 3 - MESURES DE TRANSITION

ÉCONOMIE DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

M. Saulgeot. — M. Serge Antoine est parmi nous. Il participera aux travaux de cette matinée et interviendra au nom de son ministre.

Avant cela, la presse ayant manifesté le désir de poser un certain nombre de questions, nous y répondrons d'autant plus volontiers à la fin de ces trois tables rondes que c'est surtout par elle que le grand public sera informé de nos travaux.

Je donne donc immédiatement la parole à M. Robin.

M. Robin. — La troisième table ronde comportera trois parties :

- On procédera tout d'abord à un constat des coûts tels qu'on peut actuellement les observer : coûts d'investissement et coûts d'exploitation, pour un certain nombre de créneaux.
- Ensuite, il s'agira de traduire dans le domaine économique ce qui a été dit aux première et deuxième tables rondes, concernant le cadre prospectif dans lequel le véhicule électrique apparaît.
- A partir de ce cadre, on reviendra à la situation d'aujourd'hui, pour voir quel est le style des mesures d'exécution qui pourrait permettre de faire passer dans la réalité ce qui a été esquissé en termes prospectifs.

1

CONSTAT DES COUTS

Les tableaux (1) indiquent pour chaque type de véhicule, le prix de construction constaté actuellement et une estimation des charges de fonctionnement et du coût total d'exploitation annuel (y compris amortissement et intérêts).

(1) Voir tableaux (chapitre IV p. 70 à 81).

Pour le cas de la benne tasseuse, les tableaux présentent un bilan comparatif d'exploitation entre un châssis électrique Sovel AS 19 et un châssis thermique équivalent Saviem SM 13-BOM. Une variante indique ce que serait le coût de la solution thermique en l'absence de la taxe à l'achat sur le fuel.

Il apparaît que la solution électrique est dès à présent compétitive, même abstraction faite des coûts sociaux qui pourront venir grever les véhicules thermiques. Ce type de véhicule électrique est d'ailleurs exploité économiquement depuis de nombreuses années.

Pour les autres types de véhicules (1) la compétitivité est de moins en moins nette. On n'a pas la même expérience au niveau de la fabrication (qualités du véhicule et durée de vie) ni quant aux coûts d'exploitation. On est peut-être pessimiste sur les coûts d'achats, puisqu'il n'y a pas encore de grandes séries. A la lecture de ces tableaux, les comparaisons sont de moins en moins agréables pour le véhicule électrique. En ce qui concerne les véhicules thermiques, on note que l'incidence des taxes sur les carburants est très importante sur les coûts.

Lorsqu'on tombe dans le domaine privé, le bilan économique d'exploitation n'est pas le facteur déterminant du choix : c'est surtout le prix d'achat qui importe ; on se permet d'être irrationnel, et c'est peut-être cela qui caractérise le niveau de vie.

Il faut noter que, jusqu'ici, on a exclu des comparaisons les coûts sociaux et qu'en outre on a comparé des prototypes ou de toutes petites séries de véhicules électriques avec de grandes séries de véhicules thermiques.

Nous souhaitons avoir, sur ces constatations, et du point de vue industriel, l'avis de constructeurs de véhicules thermiques et électri-

ques. M. Kalberlah, M. Bouthors, voici nos questions :

- Etes-vous d'accord sur les prix constatés, tels qu'ils viennent d'être présentés ?
- La production de grandes séries est-elle susceptible de modifier le niveau des prix d'achat des véhicules électriques, ou bien des raisons profondes, indépendantes de la série, font-elles qu'il subsistera une différence entre les prix du véhicule thermique et du véhicule électrique ?

M. Kalberlah. — Il n'y a pas de différence fondamentale, mais il est difficile de trouver un pont pour franchir la période de transition. Pour un véhicule thermique, un modèle vient à la suite d'un autre et on sait à peu près quel est le nombre d'unités à produire. La Société Volkswagen, pour faciliter les choses, est partie d'un véhicule thermique de série et sait ce qu'elle en a enlevé, c'est-à-dire un moteur à combustion coûtant de 1 500 à 2 000 DM, et ce qu'elle a ajouté : un moteur électrique, une commande électronique, une batterie.

Quant au moteur, peut-il y avoir de fortes réductions de prix pour de grandes séries ? Oui, et voici un exemple : on fabrique actuellement en grandes séries des moteurs de démarreur ; il s'agit d'un moteur universel ayant une ressemblance avec le moteur à courant continu, avec un collecteur. Les séries sont de quelques milliers par jour. En extrapolant à un moteur de 16 kW tel que celui du « Transporteur », on arrive aux environs de 1 000 DM, ordre de grandeur voisin du prix d'un moteur à combustion.

La commande électronique donne plus de soucis et comporte encore beaucoup d'inconnues. Pour un moteur série ou autre, on arrive, avec des dispositifs à thyristor ou à diode, à un prix de 2 500 ou 1 000 DM. Il y a cinq ans, on pensait que c'étaient là des prix de début, qui allaient baisser. En fait, ces dispositifs étaient déjà largement utilisés dans divers domaines tels que celui des machines-outils. Cependant, dans la technologie des semi-conducteurs, rien n'est impossible; la valeur du matériau est infime. Et puis, faut-il des dispositifs de commande confortables? L'exemple anglais en fait douter. Quoi qu'il en soit, pour l'ensemble moteur plus commande, on arrive un peu au-dessus du coût du véhicule thermique.

Reste la batterie; mais fait-elle partie du véhicule ou d'un réseau d'échange? Il vaut peut-être mieux considérer les frais correspondants comme des dépenses courantes et établir une relation entre coût et kilomètres parcourus.

Au total, les sommes auxquelles on arrive sont relativement raisonnables. Il n'apparaît pas de différence fondamentale entre les deux types de véhicule. Et en outre on aura à examiner tout à l'heure les surcoûts que devra subir le véhicule thermique du fait de mesures anti-pollution.

M. Robin. — Que pense M. Bouthors de ce que vient de dire M. Kalberlah?

M. Bouthors. — Je partage dans une large mesure les avis expri-

més par M. Kalberlah, son expérience s'appliquant toutefois à des véhicules de type et de puissance différents.

Cependant, quant au moteur, M. Kalberlah me semble un peu optimiste. Le moteur électrique contient plus de métaux nobles que le moteur thermique, donc restera vraisemblablement, même asymptotiquement, plus cher que celui-ci. En outre la comparaison avec le moteur de démarreur est discutable: les problèmes thermiques sont différents.

Par contre, il semble qu'on puisse être un peu plus optimiste quant à l'électronique. Les spécialistes peuvent-ils dire quels sont leurs espoirs de diminution des prix des éléments de puissance, qui sont déterminants?

Enfin les tableaux (1) appellent une remarque: les équilibres de charges d'exploitation sont comptés avec des amortissements très variables suivant les types de véhicules, surtout pour les petits véhicules. Or, il n'est pas exact qu'un petit véhicule doive être amorti sur une courte période. Si les séries étaient suffisantes, il ne coûterait pas très cher de faire des véhicules homogènes. Après correction sur ce point, la comparaison serait un peu plus favorable au véhicule électrique.

M. Robin. — Une autre question: à environnement égal, quels progrès peuvent être faits dans les années qui viennent sur le véhicule thermique?

(1) Voir tableaux (chapitre IV).

M. Bouthors. — Les progrès du véhicule thermique doivent être envisagés sous deux angles très différents :

- Dans le contexte du marché actuel, les améliorations apportées au véhicule classique portent sur des quantités considérables et tout changement nécessite des investissements importants. Les progrès seront donc lents et raisonnables.
- On peut se demander s'il est possible de faire, en petites quantités, pour l'utilisation urbaine, des véhicules thermiques ayant les mêmes performances, ou des performances meilleures, que le véhicule électrique. Théoriquement, en laboratoire, on sait résoudre un grand nombre de problèmes touchant la pollution, le bruit et l'encombrement. Contre la pollution, certaines maisons arrivent à présenter des solutions de plus en plus raisonnables, par exemple, aux Etats-Unis, pour satisfaire à la loi Muskie (2).

Honda, de son côté, présente un dispositif sans catalyseur, au prix il est vrai d'une complication et d'un accroissement de consommation.

Quant au bruit, et pour des vitesses limitées à 60 km/h, on

(2) La « Vehicle Emission Law », ou loi Muskie du nom du sénateur Muskie, fut présentée au sénat américain en février 1970 et adoptée le 26 mars de la même année. Elle impose dans les gaz d'échappement une réduction de 90 % des hydrocarbures et monoxydes de carbone sur les modèles des véhicules de 1975, par rapport à ceux de 1970 (depuis lors, l'application en a été reportée aux modèles de 1976).

peut faire des moteurs tournant à 2 500 tr/mn et inaudibles à 1 ou 2 mètres. Pour le véhicule urbain, Renault pense étudier les deux solutions électrique et thermique.

M. Kalberlah. — Je propose d'examiner suivant trois points de vue les modifications qui pourraient être apportées au moteur thermique dans les années à venir :

- la croissance de la puissance, pour un moteur donné, est de l'ordre de 1,5 ch par an, 15 ch en dix ans. Les vitesses maximales des véhicules croissent en conséquence, ainsi que les accélérations. Avec des cylindres plus grands, les conditions d'échappement sont améliorées. La position du véhicule électrique est difficile dans ce contexte. Mais ce véhicule a des avantages si les circulations sont séparées ;
- la sécurité fait des progrès ; on dispose d'éléments plus avantageux du point de vue coût. D'autre part, lorsque le véhicule électrique n'est pas très petit, on doit pouvoir monter et fixer la batterie de façon satisfaisante même en cas de choc ;
- la voiture classique a besoin de toujours plus de réparations et le prix des prestations de services augmente.

M. Mangan. — Le centre de recherche sur l'électricité en Angleterre s'est posé trois sortes de questions concernant les véhicules électriques :

- qui va les acheter ?

- qui va les faire ?
- et, dans les deux cas, pourquoi ?

Le moindre coût d'exploitation peut contrebalancer le coût de construction plus élevé. Mais il n'est pas certain que le véhicule électrique ait une plus grande durée de vie, parce que des éléments de corrosion entrent en jeu et, pendant la période de transition, nous devons nous appuyer sur des véhicules existants. Quant à la commande, le principe de la multiplication mécanique permet de réduire le couple du moteur, et ainsi l'intensité, de 900 à 300 ampères, dans le cas d'un véhicule de livraison, d'où des contraintes thermiques plus faciles à satisfaire et un gain sur le poids du moteur. Pour la période de transition, la combinaison d'un petit moteur et d'un convertisseur de couple est donc à recommander.

M. Frybourg. — Vis-à-vis d'un nouveau cahier des charges pour les véhicules urbains, l'exposé de M. Bouthors montre qu'il y a des solutions thermiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces solutions ont l'inconvénient d'une consommation supplémentaire de carburant de 20 %, mais peut-être les performances à atteindre vont-elles être réduites ?

M. Fort. — Le poids des annuités de charges de capital est important. Quelle est la justification du taux de 8 % adopté dans les calculs ?

M. Robin. — Les calculs ont été faits avec un taux de 8 % et à monnaie constante, ce qui équivalait à

un taux de 13 % compte tenu des glissements monétaires actuels dans les divers pays d'Europe.

M. Bertin. — On ne peut comparer les moteurs thermique et électrique ; la puissance disponible ne peut être du même ordre.

Avec l'accumulateur au plomb, le véhicule électrique ne peut remplir qu'un programme très modeste. Quant à la comparaison entre commande mécanique et commande à thyristor, il faut examiner le rapport entre le coût de ces solutions et l'économie d'énergie électrique correspondante. Le véhicule électrique ne peut exister qu'en ville. Le problème de la sécurité est alors à envisager pour de faibles vitesses et en supposant la signalisation observée, ce à quoi il faudra bien arriver... Concernant les véhicules légers, il faut remarquer qu'on n'interdit pas les bicyclettes. M. Bouthors croit qu'on peut rendre le véhicule thermique plus silencieux et moins polluant et toutes les études vont dans ce sens. Mais, dans la technique actuelle, un moteur à 2 500 tr/mn est, ipso facto, capable de tourner à 5 000 ou 6 000 tr/mn. C'est donc un moteur beaucoup plus puissant, en fait, qu'il est nécessaire et son prix s'en ressent. Finalement, il devrait y avoir équilibre dans les coûts du moteur électrique et du moteur thermique amélioré.

M. Smart. — J'aimerais traiter les trois points suivants :

- Quant au coût de fonctionnement, les chiffres donnés pour la R5 sont surprenants. La mini-Austin électrifiée consomme

1/2 kWh par mile, ce qui coûte 1/2 penny par mile. Le coût de fonctionnement est un peu moins de la moitié de celui du véhicule ordinaire. Pourquoi la R5 est-elle plus coûteuse en énergie électrique que la mini-Austin ?

- En Angleterre, où 50000 véhicules électriques sont en fonctionnement, on trouve un prix de construction de 2 000 livres pour le véhicule électrique contre 1 088 livres pour le véhicule à moteur diesel. Le coût de fonctionnement est de 0,45 penny par mile pour le véhicule électrique contre 2,09 pence par mile pour le diesel, donc environ 4 fois plus pour ce dernier. Pour l'ensemble des frais d'exploitation (charges de capital et fonctionnement), on trouve 5,4 pence par mile pour le véhicule électrique contre 7,83 pour le diesel. Pour le camion électrique Fork-Lift on arrive à un coût total d'exploitation (amortissement inclus) de 554 livres/an contre 815 pour le diesel, soit un rapport de 1 à 1,5.
- Quant à la sécurité, le véhicule électrique ne pose pas de problèmes particuliers. L'essai au choc consiste à projeter le véhicule à 30 miles/heure contre un mur. Il n'y a pas de problèmes de déplacement éventuel des batteries.

M. Martin. — Dans le coût de consommation des véhicules électriques indiqué sur les tableaux présentés (1), on a incorporé le coût des batteries considérées

(1) Voir tableaux (chapitre IV).

comme consommables, coût calculé sur une garantie de 500 cycles. Le coût annuel comprend 1 000 F pour la batterie et 300 F pour l'énergie.

M. Lehry. — Mis à part le problème n° 1 (la batterie), le problème essentiel du véhicule électrique est celui du prix. Le public n'achètera un véhicule électrique que si son prix d'achat est sensiblement compétitif avec celui des véhicules classiques rendant les mêmes services. « Le Véhicule électronique » fabrique une petite voiture de livraison, le COB, comparable au tricycle utilisé par les P. et T. Pour être compétitif, il doit être vendu 8 000 F taxes comprises, soit 6 600 F hors taxes. Les prix des principaux éléments sont les suivants : 640 F pour les deux moteurs, 700 F pour la batterie (du type démarrage), 450 F pour l'électronique (qui assure la commande à vitesse variable, le freinage à récupération, et en même temps la recharge, ce que ne font pas les relais), 190 F pour l'équipement électrique. Finalement, avec le châssis, la carrosserie, etc., on arrive à un total de 3 100 F. Faire un véhicule du prix indiqué avec un coût matières de 3 100 F, c'est presque un problème impossible à résoudre.

M. Caën. — Pour se faire une idée de l'évolution probable du coût des commandes électroniques, on peut tenter d'extrapoler l'évolution du prix des thyristors et transistors, à partir de celle des diodes d'automobile par rapport aux diodes d'usage industriel, laquelle se traduit par un rapport

nettement supérieur à 10. Un thyristor ou un transistor est beaucoup plus compliqué qu'une diode, mais on peut espérer arriver à une

réduction de 4 à 1, ce qui permettrait d'atteindre la marge inférieure indiquée par M. Kalberlah, soit 2 500 DM pour 20 kW.

2

PROSPECTIVE

M. Robin. — Il s'agit d'examiner :

- les questions d'ordre énergétique ;
- les coûts sociaux, face aux problèmes de l'environnement.

Concernant l'énergie et du point de vue européen, il apparaît que la période qui va s'écouler jusqu'à 1985 sera marquée par une phase du jeu des hommes entre eux : l'Europe est dépendante du monde des hydrocarbures, pays producteurs et non consommateurs, qui sont en position de force. Elle doit chercher les moyens de défendre son indépendance par une politique de diversification des sources de pétrole et par une politique nucléaire. Le prix du nucléaire peut continuer à baisser à monnaie constante dans les années à venir tandis que celui des produits pétroliers va stagner ou monter dans les périodes de crise.

Vers l'an 2 000 apparaîtra une phase du jeu des hommes vis-à-vis de la nature. Tandis que des ressources quasi inépuisables existent du côté de l'uranium, on éprouvera des difficultés croissantes à trouver des hydrocarbures.

Il y a des dérives de prix importantes à considérer dans les études à mener.

Y a-t-il des incompatibilités entre l'énergie et l'environnement ? Le nucléaire — en dehors de certains problèmes psychologiques qu'il pose — ne présente pas de nuisances directes. Il comporte seulement des rejets de thermies, mais l'Europe est bien pourvue en golfes puissants.

Concernant les véhicules, face à l'environnement :

- Jusqu'à 1985, seules les considérations d'environnement — et ceci spécialement en milieu urbain — pèsent sur le choix d'un type de véhicule.
- Au-delà de l'an 2 000, les problèmes d'énergie pourraient nous imposer de trouver des véhicules alimentés par autre chose que des hydrocarbures.

Pour l'instant, les questions à résoudre sont l'encombrement, la pollution atmosphérique, le bruit, la sécurité des personnes (on a évoqué le freinage antibloquant), les effets thermiques qui peuvent à la fois imposer et gêner le conditionnement d'air.

Quant à l'encombrement, il pose des problèmes de structures. Les tableaux qui vous sont présentés (1) concernent la région parisienne et l'on y voit apparaître une situation analogue à celle actuelle de Los Angeles (concentration de 6 millions de véhicules).

M. Félix. — Il va falloir dresser un bilan, pour la collectivité, des différentes formes de transports urbains envisageables. Dans la première partie de cette table ronde, il a été essentiellement question du bilan pour l'usager. Le bilan pour la collectivité reste à faire. A cet effet, que faut-il prendre en compte ?

- la meilleure utilisation possible des sources d'énergie ;
- la qualité, l'agrément de la vie urbaine, ce qui conduit, comme il a été dit, à l'étude des problèmes de pollution atmosphérique, bruit, sécurité des personnes, effets thermiques, encombrement.

Des véhicules supplémentaires électriques ou thermiques conduiraient à un accroissement de l'encombrement. Il faut réfléchir aux différents types de déplacement à assurer en ville. Des mesures d'incitation réglementaires ou tarifaires pourraient aller dans un autre sens que la promotion du véhicule électrique. En effet, le véhicule thermique pourrait répondre aux normes visant à l'amélioration du cadre de vie. Les mesures d'incitation pourraient développer l'usage des transports collectifs. La solution réside sans doute dans une combinaison de transports collec-

tifs, véhicules thermiques améliorés et véhicules électriques. Nous devons affiner toutes nos connaissances en matière de coûts sociaux des transports en site urbain.

M. Robin. — En prospective, il faut essayer de dégager l'évolution des prix, compte tenu des coûts sociaux. Le prix est l'élément pilote d'un choix. Ensuite, il faut essayer de voir quelles incitations contraignantes ou positives sont nécessaires pour passer de la situation d'aujourd'hui à celle qu'on peut imaginer pour la fin du siècle, au moment où, tout étant rentré dans l'ordre, les prix inciteront bien les gens à se comporter comme il faut, face au monde de l'environnement ou au monde industriel.

Je pose la double question suivante à MM. Kalberlah et Bouthors :

- à supposer qu'avec un cahier des charges bien en forme on demande aux véhicules, quant au bruit, 5 à 6 décibels de moins que la pratique actuelle ; quant à la pollution atmosphérique, ce qui est demandé actuellement à Los Angeles par exemple ; quant à la sécurité, une garantie supérieure notamment en matière de freinage, on sent que le véhicule électrique peut satisfaire à ces conditions, qu'il est d'ailleurs un excellent pilote pouvant permettre aux pouvoirs publics d'avoir un critère de référence pour les décisions à prendre dans l'élaboration de ce cahier des charges. Mais comment et avec quel supplément de prix le véhicule thermique pourrait-il satisfaire à ces mêmes conditions ?

(1) N.D.L.R. : il s'agissait de tableaux concernant l'encombrement de la région parisienne.

— en imaginant qu'à la fin du siècle il faille absolument abandonner les carburants authentiques pour passer entièrement à l'électricité — la pile à combustible étant supposée mise au point —, le chemin parcouru par le véhicule électrique entre les années 1980 et 1990 pour aboutir à la production en grande série permettra-t-il de déboucher plus facilement sur le véhicule à pile à combustible dans la dernière décennie du siècle ?

M. Kalberlah. — A votre première question relative aux coûts sociaux, voici ma réponse : pour rendre non polluants les véhicules à essence, il faut les équiper d'une post-combustion des hydrocarbures à la sortie des gaz à l'aide d'un catalyseur à base de métal noble (platine).

Le supplément de coût (calculé sur 150000 km) peut être évalué comme suit :

— amélioration du moteur	1 300 DM
— nécessité d'obtenir pour la bonne marche du catalyseur un gaz d'échappement bien spécifique, ni trop gras, ni trop maigre, d'où augmentation de consommation	700 DM
— frais de services plus élevés	310 DM
— pièces de rechange, notamment le catalyseur (tous les 25 000 km)	2 300 DM
Soit un total de ..	4 610 DM

Ainsi les coûts des deux types de véhicules se rapprocheraient.

M. Bouthors. — Il faudrait que le problème soit nettement posé aux constructeurs. Les études faites chez Renault concernant un véhicule de 1 500 kg conduisent à un surcoût de 3 500 à 4 000 F pour assurer la non pollution du véhicule thermique. La solution hybride, comportant l'utilisation d'un moteur électrique en ville et d'un moteur thermique en dehors de la ville, pourrait être intéressante.

L'accumulateur permet des surpuissances momentanées. En sera-t-il de même pour la pile à combustible ? On répond affirmativement concernant le type oxygène-hydrogène.

M. Robin. — S'il n'y avait pas l'effet de série, les prix seraient sensiblement les mêmes pour les deux types de véhicule. Alors, à long terme, il y aurait donc un espoir pour le véhicule électrique ?

Ou bien, quels que soient les progrès techniques, le véhicule électrique restera-t-il un peu plus cher à l'achat, même en grande série ?

M. Félix a dit que des mesures devraient être prises contre l'encombrement (véhicules en location, etc.). A cet égard, le véhicule électrique pourra affronter le marché vers 1985 aussi bien que le véhicule thermique ; mais il restera impropre à l'utilisation routière.

M. Patin. — Le problème important, c'est l'encombrement en ville. L'automobile actuelle est, par ses dimensions, totalement inadaptée à la ville classique. Une bonne so-

lution paraît être la conjugaison de petits véhicules urbains — de l'ordre de 1 m² par personne — avec les transports en commun.

L'utilisation du véhicule électrique pour les transports collectifs dans les villes anciennes est étudiée. La R.A.T.P. a lancé deux expériences pour préparer l'avènement de la pile à combustible. L'utilisation des accumulateurs pose des problèmes, notamment quant à la recharge. On estime que dans une ville comme Paris elle nécessiterait une autonomie moyenne de l'ordre de 150 km (0 à 300) et pour cela des batteries ayant une énergie massique de 150 à 200 Wh/kg...

Sans doute le véhicule électrique est le moins polluant, mais le diesel bien réglé l'est déjà moins que le moteur à essence, et par conséquent une formule hybride peut être intéressante.

A mon sens, le petit véhicule privé pourra se développer en complément des transports collectifs, à titre de véhicule de rabattement à faible autonomie. Il devient alors économiquement intéressant.

On peut à la limite envisager un stade où le véhicule thermique serait totalement exclu du centre des agglomérations urbaines.

Quant au système à volant d'inertie préconisé par certains, il ne me paraît pas, à la suite d'une étude particulière dont j'ai été chargé, susceptible d'être retenu. Par contre, le stockage d'énergie électrique sous forme thermique n'est pas à exclure, grâce à l'emploi de moteurs à haut rendement, du genre Stirling.

M. Robin. — Je crois qu'il ne faut pas raisonner à partir de la situation actuelle. Si on mettait des conditions plus strictes du point de vue non seulement de la pollution mais du bruit...

M. Patin. — Je considère en effet que l'évolution est inéluctable et que dans vingt ou trente ans, nous aurons des autobus électriques.

M. Barak. — Ce matin, nous avons parlé de l'environnement urbain, des coûts sociaux, des réglementations sur la vitesse et la sécurité. Il faut aussi parler de nous-mêmes. Si nous ne sommes pas prêts à acheter des véhicules électriques, nous n'aurons pas réussi à changer notre attitude d'esprit de manière constructive.

Concernant la demande d'énergie et la façon dont elle est fournie, on a dit qu'en France en 1985 il y aurait 20 millions de véhicules dont, on l'espère, 10% seraient électriques, soit 2 millions. La recharge de ces 2 millions de batteries (si elles sont rechargeables, bien sûr) nécessitera des stations de 3 000 mégawatts. Si l'on suppose en effet qu'on aura 2 millions de voitures et 50 cellules par batterie, la production annuelle devra être supérieure à la production groupée des Etats-Unis, de la France, de l'Allemagne fédérale et de la Grande-Bretagne. Si l'on essaie d'obtenir cette énergie par les piles à combustible, il faudra énormément d'essence...

M. Rohin. — Je crois qu'il faut ramener à leurs justes proportions

les chiffres avancés. Reprenons le cas de la France : j'admets que cela représente 3 000 mégawatts, mais 3 000 mégawatts cela représente très peu de chose par rapport à la consommation d'énergie électrique en France en 1985. Cela veut dire qu'il faudrait faire en 13 ans les investissements qu'on devrait faire en 12 ans 1/2, autrement dit : gagner 6 mois sur 13 ans, d'ici 1985. Cet aspect, s'il pose des problèmes, reste extrêmement marginal.

M. Morelon. — Je désirerais prolonger l'intervention de M. Patin sur l'inadaptation du véhicule automobile à la ville et celle de M. Félix relative aux transports en commun, et examiner les conséquences de la situation actuelle

sur les problèmes d'organisation de la vie urbaine, et donc finalement sur les problèmes de la vie de chacun d'entre nous. Il faut une adéquation entre l'organisation des villes que l'on crée et des quartiers que l'on développe et les modes de transport disponibles sur le marché, tel qu'il est prévisible à court terme et modulé par le problème des transports en commun évoqué par M. Félix. Il en résulte deux natures de conséquences sur l'urbanisme et l'organisation de la ville :

- des contraintes de conception liées aux types de véhicules ;
- des coûts d'investissement très élevés pour les infrastructures et parcs de stationnement, qui obèrent les disponibilités de la collectivité.

3

PASSAGE DE LA SITUATION PRÉSENTE A LA SITUATION FUTURE

M. Robin. — Nous allons quitter les voies de la stratégie ou de la prospective pour en venir au court terme ou au moyen terme et examiner les moyens de passer de la situation présente à la situation future envisagée. En quittant la stratégie pour la tactique, on entre dans le fait politique : il faut envisager des mesures d'application et il y a peut-être moins d'adhésions que lorsqu'il s'agissait des buts. Il faut rechercher celle des hommes en général, des industriels, des structures sociales, des col-

lectivités de toutes natures, des services publics.

Deux questions se posent :

- comment mieux définir la règle du jeu à partir de laquelle les constructeurs sauront ce qu'ils doivent faire sur le véhicule thermique, pourront mieux appréhender l'évolution du marché des transports, mieux apprécier la place du véhicule électrique, et ainsi déboucher sur de véritables séries, ce qui est le point d'arrêt entre la si-

tuation d'aujourd'hui et la situation de l'avenir.

En Europe, la règle du jeu vis-à-vis des villes ne peut être très différente d'un pays à l'autre, puisqu'elle a des répercussions au niveau du Marché commun. M. Serge Antoine en parlera en conclusion. La règle du jeu, c'est d'abord l'affaire des Etats ;

— mais l'autre élément, pour la définition d'une règle du jeu, c'est la collectivité urbaine, la ville, la municipalité. Que fait-on en la matière à ce niveau ?

M. Félix. — Il y aura probablement une règle du jeu par collectivité urbaine, car les situations sont diverses dans nos villes qui ont un passé ancien. Il faut que les collectivités connaissent les véhicules ou systèmes de transports qu'on peut leur offrir. C'est aux pouvoirs publics de les informer et de définir des règles d'ordre général qui s'appliqueront à la conception et à l'exploitation de ces systèmes. Dans ce cadre, chaque ville fera son choix, définira ses propres règles.

M. Robin. — Y a-t-il d'autres interventions sur ce point ?

M. Morelon. — Dans les villes nouvelles, on peut plus facilement mettre en jeu l'innovation, servir d'exemple. Le transport est déterminant au niveau de la conception de la ville et de son fonctionnement. Dans la mesure où la ville nouvelle est un pôle d'innovation privilégié, elle est à la pointe dans le domaine des autobus électri-

ques, des transports en commun en général et il sera intéressant d'y procéder à des expérimentations dans les prochains mois ou dans les toutes prochaines années, portant sur les modes de transport électriques et permettant de décortiquer les problèmes, d'« apprivoiser » les usagers, de mieux mesurer les coûts et les difficultés.

M. Robin. — Il faudra tenir compte des expériences d'autres villes d'Europe. Elles seront facteurs de progrès.

M. Smart. — Mais pour faire des expériences et définir des règles du jeu, il faut d'abord avoir des véhicules !...

M. Robin. — La recherche d'une règle du jeu n'est pas unilatérale. Par exemple, en matière de pollution, on pourra tirer leçon des règles définies à Los Angeles, et voir comment elles sont appliquées. Un certain dialogue pourra s'instaurer.

M. Müller. — Quant aux règles du jeu, la première vient du marché de l'automobile lui-même. Comment définir un cahier des charges avant d'avoir sorti une voiture ? Les voitures qui sont sur le marché sont le fruit d'une libre concurrence déterminée elle-même par la publicité... Nous devons aussi essayer d'élaborer une telle publicité, et bien choisir le moment.

Concernant les déclarations de M. Smart, on note qu'il y a 50 000 véhicules électriques en Grande-Bretagne. Combien y en

aurait-il s'il n'y avait pas obligation légale d'arrêter le moteur à l'arrêt du véhicule? Beaucoup moins sans doute. Donc sans législation raisonnable on ne peut pas avancer ; mais la législation a besoin de se baser sur des réalisations concrètes et elles-mêmes raisonnables.

Par ailleurs, un autre facteur intervient : c'est l'énergie primaire. Pourra-t-on vraiment proposer des véhicules thermiques mieux adaptés aux exigences de la lutte anti-pollution, mais avec une consommation de carburant supérieure de 20 à 30 % alors que ce carburant se fera plus rare ?

Enfin de combien sont habituellement les pré-séries ? Quelques centaines à quelques milliers suivant la catégorie, le type... Dix mille véhicules sont encore très loin d'une production de série. Ford produit 10 000 véhicules par jour. Qui va payer la mise initiale du jeu ? Il faudrait des mécènes. Seul l'Etat peut nous aider à passer du stade intermédiaire à la production de série. Si l'on arrive à faire ce premier pas, tout pourra être réglé par les conditions du marché, par les règles habituelles.

M. Smart. — En réponse à la question de M. Müller, je ne peux pas dire ce qui se passerait en l'absence de la législation concernant l'arrêt des moteurs. Les véhicules en question sont tout à fait adaptés aux besoins, les utilisateurs sont tout à fait satisfaits, les coûts de réparation sont bas. Il faut d'abord persuader les gouvernements que le véhicule est bon parce qu'il permet d'éliminer une certaine pollution.

C'est ainsi qu'en Angleterre il y a une taxe sur les véhicules. Elle est de 18 livres pour un véhicule électrique et de 55 livres pour un véhicule thermique.

Je suis d'accord avec M. Müller ; ayons d'abord des réalisations concrètes pour pouvoir utiliser toutes nos observations.

Pour la production en série dont a parlé M. Müller, Ford a produit des voitures dites « de banlieusards » ; on a demandé à cette société de combien d'unités serait la production de ces véhicules. La réponse a été : avec une autonomie de 120 miles, la production minimale serait de 1 000 véhicules par jour.

M. Félix. — Bien sûr, ce n'est pas au constructeur de fixer la règle du jeu, de faire un véhicule, puis par une action publicitaire de convaincre les pouvoirs publics d'aider à sa vente. Il faut un dialogue portant sur les possibilités des constructeurs et les objectifs du public et des pouvoirs publics, ces derniers devant traduire les objectifs du plus grand nombre : c'est de là que sortiront les règles du jeu, ou si vous préférez le cahier des charges auquel l'industrie devra répondre. L'expérience montre qu'en matière de transports collectifs, si les pouvoirs publics ont bien défini des objectifs réalistes, l'industrie peut y répondre. La difficulté est plus pour les pouvoirs publics de poser les problèmes que pour l'industrie de trouver les moyens de les résoudre.

M. Bouladon. — Les citoyens sont parfois en avance sur les au-

torités du point de vue législatif. En Suisse, deux cantons ont voté récemment contre l'autobus diesel, et en faveur d'une solution plus coûteuse mais moins polluante et malodorante.

M. Bertin. — Si l'Etat veut imposer au véhicule électrique une trop grande sécurité au choc, celui-ci ne pourra naître... Pourtant le mélange des piétons avec les véhicules est permanent et tant qu'à faire, si l'on veut des règles de sécurité féroces, il faut munir le piéton d'anti-chocs.

M. Robin. — Un autre point doit être évoqué, qui reprend l'intervention du Docteur Müller. Un effort financier de la part des pouvoirs publics est nécessaire, outre la définition d'une règle du jeu et de divers règlements. Mais auprès de qui cet effort doit-il se développer ? Dans plusieurs pays d'Europe l'effort initial a été entrepris par les distributeurs d'électricité, peut-être parce qu'ils ont l'habitude des investissements à long terme. Mais qui va prendre la relève ? Car cela va changer. Ce n'est d'ailleurs pas une affaire d'une très grande importance pour les producteurs et distributeurs d'électricité, nous l'avons vu. Ils se sont jusqu'alors penchés sur ce problème plutôt sous l'angle d'une image de marque du produit kilowattheure. Alors, qui va être la « locomotive » industrielle ?

- le constructeur des composants,
- ou bien celui qui fait la synthèse du côté de l'industrie automobile ?

Le distributeur d'électricité doit progressivement se retirer, tout en gardant le soin des infrastructures. La « locomotive » doit être le constructeur d'automobiles, avec l'appui de ce que peuvent faire encore, le plus longtemps possible, les pouvoirs publics. Mais dans le cadre du Marché commun européen, n'y a-t-il pas la possibilité de troncs communs multinationaux, pour la recherche et la réalisation de séries : troncs communs entre constructeurs et tronc communs entre véhicule électrique et véhicule thermique ?

M. — Voici une réponse à votre question : dans huit jours à Bonn on parlera des moyens publics ; il s'agit de fonds qui ne doivent pas être distribués uniquement d'après des considérations nationales, mais dans le cadre de l'Union européenne et avec appel à des experts des Etats-Unis : il s'agit d'éviter de faire le même travail dans deux pays, de façon à utiliser ces fonds publics au mieux.

M. Bouthors. — Lorsque des batteries plus performantes seront disponibles, les règlements à peu près au point, il existera un marché et le constructeur d'automobiles sera la locomotive. Dans le cadre de l'économie qui existera à ce moment-là il pourra faire face aux problèmes posés par un développement d'abord progressif, ensuite à plus grande échelle.

Dans l'étape intermédiaire, il y a des solutions à trouver qui ne dépendent pas du tout des constructeurs d'automobiles : problèmes

des sources, des réglementations, de distribution d'énergie. Il faut une formule de progression faisant intervenir l'ensemble des parties intéressées, pilotées par l'Etat, véritable locomotive dans l'étape intermédiaire.

M. Tritz. — Nous avons vu qu'on peut fabriquer un véhicule électrique pouvant donner satisfaction au moins en zone urbaine, mais coûtant de l'ordre du double d'un véhicule classique en raison de trop faibles séries de fabrication. Si on pouvait les fabriquer en grandes séries le surcoût pourrait être de 20 à 30 % avec une longue durée d'amortissement et de faibles frais

d'exploitation. Mais il est indispensable d'arriver dans ce domaine à une collaboration européenne, qui est déjà nécessaire même pour les véhicules classiques ! Nous avons l'avantage, dans le domaine des moteurs, des batteries, des composants électroniques, de pouvoir disposer d'unités standards qui, par couplage, série ou parallèle, pourraient convenir à différents types de véhicule.

M. Robin. — Monsieur le Président, les travaux de notre troisième table ronde sont donc terminés. J'espère ne pas avoir trop empiété sur le temps que vous pensiez réserver à la presse...

Interventions de la presse

M. Saulgeot. — Je vous remercie, M. Robin. Que les représentants de la Presse qui ont des questions à poser veuillent bien le faire.

M. Janiaud. — Deux réflexions, l'une d'un représentant britannique, l'autre de M. Müller, nous ont montré que le devoir des participants à ce colloque, nous journalistes n'étant que témoins, est de contribuer à la création du marché du véhicule électrique. Pendant la dernière guerre, beaucoup de véhicules électriques ont circulé réalisés par des sociétés de construction électrique ou de distribution d'électricité. Les parcs automobiles d'Electricité de France, de la Compagnie Générale d'Electricité, des divers ministères représentés à ce colloque pourraient donner lieu à un marché de l'ordre de 30 000 véhicules par an, permettant d'atteindre des coûts compétitifs.

M. Saulgeot. — Il faut souscrire entièrement à ce que vous venez de dire, mais nous avons trouvé une condition préalable : il faut démontrer à ces utilisateurs potentiels que des véhicules électriques de service sont faisables. C'est ce qu'a entrepris E.D.F., dont les 80 véhicules prévus au programme 1972-1973 seront d'abord expérimentés en champ clos par les services d'E.D.F., puis livrés à l'expérimentation — en champ ouvert — des futurs usagers.

Robert Frédérick. — Je tiens à remercier les organisateurs de ces débats d'avoir permis à certains

représentants de la presse de les suivre et d'approfondir leurs connaissances du problème. Je félicite E.D.F. qui joue en la matière un rôle de pionnier. Je vais présenter certaines questions ou considérations :

- on a donné une très grande importance au problème des accumulateurs, mais peut-être un peu escamoté celui des piles à combustible. Il semble que les Américains, malgré une indifférence apparente, aient poursuivi leurs travaux à ce sujet d'une façon très efficace. L'Europe risque de se trouver un jour en retard, 80 % du marché pouvant déjà être pris par l'Amérique ;
- je remarque également l'avance allemande et anglaise dans le domaine de la recherche concernant le véhicule électrique, par comparaison avec un certain statisme français ;
- je regrette qu'on ait attendu aujourd'hui pour situer le problème du véhicule électrique dans le cadre de l'environnement qui est le sien, chaque partie intéressée semblant d'ailleurs ignorer les problèmes des autres ;
- nos discussions sont faussées par le fait qu'on a voulu comparer le véhicule électrique à la voiture automobile. Pourquoi vouloir les comparer alors qu'ils sont complémentaires ? La voiture automobile (la belle voiture de telle ou telle puissance) satisfait à la fois un besoin de déplacement et un souci de vanité. Et je note que l'Etat a cru

devoir faire des constructeurs d'automobiles les moteurs de toute l'économie ;

- l'insertion du véhicule électrique dans le cadre de notre société urbaine actuelle est un problème de civisme. Le véhicule thermique est, économiquement, très mal utilisé dans ce cadre mais il me semble que la grande série du véhicule électrique ne pourra répondre à des besoins individuels ;
- les villes nouvelles devraient, en cette matière, utiliser à plein leurs possibilités, qui sont très grandes ; elles auraient dû, dès l'origine, interdire la circulation des véhicules thermiques non adaptés et imposer celle des véhicules électriques ;
- j'ai trouvé des approches de synthèses remarquables — dont je les félicite — chez MM. Patin, Bertin, Smart.

Je suis Béotien en la matière, mais je souhaiterais que des apaisements nous soient donnés sur ces divers points.

M. Saugeot. — Votre intervention véhémente est extrêmement sympathique. Je vais répondre moi-même à quelques questions, et sur la pile à combustible je donnerai la parole à M. Magnien.

— Tout d'abord, c'est nous qui remercions la presse d'être venue ; grâce à elle l'opinion publique sera informée.

— Vous avez parlé de « statisme français ». Or, Volkswagen a un programme de 20 véhicules pour la première année, 200 pour la deuxième ; en France, il y a un programme d'environ

80 véhicules pour la première année, celui de la deuxième année n'est pas encore arrêté. N'opposons pas les pays les uns aux autres. Tous les pays ici représentés ont des programmes, entreprennent des pré-séries, c'est ce qui ressort de ce colloque et qui est intéressant.

Quant à l'ordre dans lequel les questions ont été abordées, il était logique de commencer par examiner les problèmes techniques, c'est-à-dire faire le point des possibilités actuelles et futures de la source d'énergie. Tout ce qui a été dit ensuite sur l'environnement, l'insertion du véhicule électrique et sa complémentarité avec le véhicule thermique n'aurait eu aucun sens si l'on avait procédé dans l'ordre inverse. Certainement, le sujet n'a pas été épuisé : je crois néanmoins que les principales questions ont été passées en revue et qu'il était important, en particulier, d'évoquer le rôle des pouvoirs publics que nous avons mis en cause, donc stimulés.

M. Magnien va vous répondre sur la pile à combustible.

M. Magnien. — Je voudrais, non pas rassurer M. Frédérick, mais lui apporter quelques informations convaincantes.

Ces dernières années, on s'est énormément occupé de la pile à combustible, notamment en France. Entre 1960 et 1968, 5 sociétés ou laboratoires français y ont travaillé avec l'aide de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.) et d'organismes gouvernementaux ci-

vils ou militaires. En 1968-1969, il a été décidé de poursuivre les études sur la pile à combustible d'une des sociétés malheureusement non représentée ici, la Société Alstom, qui reçoit à cet effet des crédits gouvernementaux. Cette société travaille sur un profil de pile méthanol-air.

Il est remarquable que toute une équipe américaine de l'Esso Jersey travaille à Paris en contact avec des chercheurs français. L'objectif poursuivi est de mettre à disposition vers 1980-1982 une pile à combustible pour usage terrestre qui soit fiable. Lorsqu'elle aura été suffisamment éprouvée à terre, j'ai le sentiment que l'on pourra alors l'embarquer sur un véhicule. M. Patin a signalé ce fait ce matin. Les puissances massives escomptées sont de l'ordre de 200 watts par kg.

M. Barmond. — Une question de détail : une fois le véhicule électrique développé, quelle sera la tarification qu'E.D.F. adoptera ? Tarif de nuit ou tarif spécial ?

M. Robin. — Il n'y aura pas de tarification spéciale. On appliquera le tarif correspondant aux conditions de consommation : installation industrielle, en grande série ou non, de jour ou de nuit, etc. E.D.F. ne fait pas de prix « selon le client » ou « selon l'usage ».

M^{lle} Humbert-Droz. — Je souhaite que la coopération européenne, qui essaye actuellement de s'exercer par exemple dans le pilotage automatique des trains, intervienne également dans le domaine de

l'automobile ; cela me paraît très important.

M. — J'interviens non en tant que journaliste, mais en tant que spécialiste de la pile à combustible. Je suis d'accord sur ce qu'a dit M. Magnien et je voulais ajouter que la filière hydrogène-air est maintenant très proche du développement, ainsi que l'a indiqué hier M. Breelle. Quant au générateur lui-même — en dehors du combustible — la technique est très avancée et permettrait de réaliser des prototypes. Reste la question du prix du générateur, mais on peut penser qu'on pourra l'abaisser à des valeurs compatibles avec la traction. Mais le principal problème pour cette filière est celui de l'hydrogène.

D'autre part, si la voiture électrique se développe jusqu'à atteindre 80 % du parc automobile, cela posera des problèmes sur le plan fiscal ; même si elle atteint 30 %, cela en posera...

M. Robin. — Les premiers tableaux de constats comparatifs de coûts ont montré l'incidence, variable selon les créneaux, de la fiscalité appliquée aux carburants. C'est un élément non négligeable, mais ce n'est pas le plus important. Les problèmes de la série et ceux de l'environnement semblent plus lourds. Les problèmes d'encombrement dans les villes appelleront peut-être d'autres mesures fiscales.

Il est vraisemblable que la fiscalité évoluera aussi bien en matière de carburants qu'en matière de véhicules électriques.

Conclusions

de M. Louis Saulgeot

Il m'appartient de tirer en quelque sorte les conclusions des conclusions, puisque les animateurs des tables rondes ont, après chacune d'elles, résumé les débats.

M. Magnien, qui a animé avec tant d'autorité et de compétence la première table ronde, m'a communiqué hier soir un pittoresque article sur la voiture électrique, paru en... 1896 ! dont je ne puis m'empêcher de vous citer quelques extraits. Dans un louable souci d'objectivité, l'auteur expose d'abord les contraintes :

La voiture électrique qui est libre de toute entrave et circule ici et là au gré de son conducteur, est forcément alimentée par des batteries d'accumulateurs dont la courte vie a besoin d'être fréquemment entretenue par des visites répétées à des stations bienfaisantes qui lui rendront force et santé. Aussi les automobiles électriques doivent-elles se contenter de fréquenter les grandes villes ou de faire de courtes apparitions dans la banlieue : le vol à grande distance leur est encore interdit. Ceci dit, quelle supériorité par rapport à toutes les autres voitures à vapeur ou à pétrole : propreté et facilité de démarrage et de manœuvre, douceur de roulement, souplesse des conducteurs. Après plusieurs timides essais, pour la plupart infruc-

tueux à cause de l'imprévoyance des électriciens qui voulaient entrer en lutte avec les automobiles à pétrole sur de très longs parcours, la voiture électrique est rentrée en ville où elle a vite conquis son droit de cité. Paris comme toujours est arrivé bon dernier, cette brave capitale... [un coup de patte en passant, etc.].

Vient ensuite la description des performances : parcours journalier 70 à 75 km, avec une « bonne » vitesse. C'est parfait ; alors l'enthousiasme du rédacteur s'élève, monte, délire, et il en vient à créer des lignes de diligences électriques : 10, 20 diligences pourraient se succéder à grande vitesse à la queue leu leu dans une journée, écoutez bien, avec un éclairage et un chauffage électrique.

Mais il faut bien retomber sur terre et quand il est question des résultats financiers de certaines entreprises, tels les fiacres de Londres, l'auteur les qualifie de « déplorables ». Nous n'en sommes pas tellement étonnés.

Les résultats seraient-ils meilleurs aujourd'hui, quelque soixante-quinze ans plus tard ? Avant de parler économie, il fallait parler technique et notre premier soin a donc été d'explorer les possibilités actuelles de la source d'énergie, accumulateurs ou pile. Pour tous

les participants à ces journées, il est clair maintenant qu'à moyen terme l'accumulateur au plomb reste seul utilisable (moyen terme, cela veut dire 1978-1980, je crois qu'il faut avoir cela bien présent à l'esprit) avec ses performances limitées, 45 wattheures par kg, peut-être à la rigueur 50, en régime de 5 heures. C'est donc avec lui que nous allons construire le développement du véhicule électrique, s'il faut le construire.

Ensuite on a parlé de l'accumulateur zinc-air. Avec un accumulateur du type « air-zinc en circulation » qui constitue un espoir très sérieux, on peut envisager la recharge en poudre de zinc chez le pompiste. C'était pour certains une révélation et il faut en remercier la C.G.E. Mais il a été précisé que cet accumulateur, il fallait le faire et que ce serait seulement à la fin de l'année 1973 qu'on saurait s'il était faisable. Attention à cette réserve. Mais si tout marche bien, on peut penser qu'après 1980 l'accumulateur air-zinc prendra le relais de l'accumulateur au plomb avec des performances très améliorées. Et plus tard sans doute apparaîtront des accumulateurs à énergie massive plus élevée (on a parlé du sodium-soufre en termes très encourageants) et enfin la pile à combustible utilisable à terre vers 1985 et qui pourrait être embarquée sur un véhicule un peu avant la fin du siècle.

Hier après-midi, avec M. le Préfet André Laure à qui ses hautes fonctions dans la région parisienne valent une compétence particulière dans les problèmes de circulation, nous avons étudié la stratégie du développement du véhicule

électrique, en fonction des données définies le matin. Il est donc apparu qu'il ne pouvait s'agir que d'un véhicule urbain. Le véhicule particulier n'en est actuellement qu'à l'état de prototype et le développement se fera d'abord sur le véhicule utilitaire, de préférence à partir de voitures de série.

Trois créneaux préférentiels ont été définis : la berlinette, la camionnette moyenne et les véhicules de transports en commun. Nous avons pris connaissance avec beaucoup d'intérêt des programmes des différents pays, relatifs aux berlinettes et aux camionnettes. Quant aux autobus, il est apparu que ce n'était pas un moyen de transport économique pour le moment, mais des considérations d'ordre social peuvent l'emporter sur l'économie. L'exemple de la ville de Besançon a paru singulièrement typique à cet égard. Les possibilités des villes nouvelles méritaient également d'être signalées.

Le développement du véhicule électrique particulier a fait l'objet d'une discussion fort intéressante. Comme on l'a dit et répété, l'automobile actuelle c'est une bonne à tout faire, mais elle n'est pas adaptée à la circulation urbaine et ce dont nous avons besoin, c'est d'un véhicule spécial urbain, électrique ou non, destiné à remplacer le plus grand nombre possible de véhicules conventionnels, et qui soit complémentaire des véhicules de transports en commun : quel serait en effet le bénéfice de l'introduction d'un nouveau type de véhicule si elle devait se traduire par une augmentation globale de la circulation, voir une concurrence

accrue aux transports collectifs, ces nouveaux véhicules fussent-ils moins polluants et moins encombrants ?

Il faut donc déterminer ses caractéristiques fonctionnelles : vitesse, accélération, niveau acceptable de pollution atmosphérique et de bruit, encombrement, et cerner en même temps l'importance du marché. Aussi serait-il prématuré de lancer actuellement une action commerciale pour le véhicule électrique particulier et ce n'est pas avant 1980 qu'une construction en série, de dimensions sans doute modestes au début, pourra être envisagée. Mais 1980 c'est demain et nous n'avons pas de temps à perdre. Il faut que d'ici-là les flottes spécialisées : véhicules de livraison, de service, taxis, voitures banalisées dont l'expérience a été faite à Montpellier, autobus, véhicules hybrides nous permettent d'acquérir les connaissances nécessaires tant au point de vue du fonctionnement des véhicules et de leur exploitation que des infrastructures indispensables.

Mais n'est-ce pas beaucoup demander à ceux qui seront ainsi les pionniers du véhicule électrique ? Il est évident que ces solutions qui ne peuvent être que transitoires ne bénéficient pas de mesures d'incitation économiques ou réglementaires. Une participation de l'Etat et des collectivités au surcoût des premières exploitations serait parfaitement justifiée dès maintenant, en fonction des avantages sociaux escomptés dans le cadre de l'anti-pollution. Il est apparu normal également que le véhicule électrique bénéficie de

la part des collectivités d'un traitement préférentiel, tel l'octroi d'avantages pour le stationnement.

Avec M. Albert Robin, les échanges de vue de la troisième table ronde ont d'abord porté sur l'économie du véhicule électrique. D'un point de vue immédiat et quantitatif, le véhicule électrique est mal placé pour affronter la concurrence du véhicule thermique, mais les deux versions sont difficilement comparables avant que le véhicule électrique n'ait donné lieu à des fabrications à l'échelle commerciale.

D'un point de vue qualitatif, ce dernier surclasse son concurrent, et le véhicule thermique ne pourra s'adapter aux futures exigences réglementaires en matière de pollution et de bruit que moyennant une augmentation des coûts de fabrication et des frais d'exploitation. Les constructeurs ont fourni avec beaucoup de clarté les renseignements qui leur étaient demandés à ce sujet. Mais ils ont insisté (et c'était de bonne guerre) pour qu'on leur définisse la « règle du jeu » qui ne concerne pas seulement les nuisances mais aussi les performances imposées pour la vitesse et l'accélération, les caractéristiques d'encombrement et même les règles de sécurité. C'est alors seulement qu'ils seront à même d'apprécier la place du véhicule électrique à moyen terme et de faire en sorte de déboucher sur de véritables séries, si le marché des transports s'y prête.

Mais déjà, à plusieurs reprises, les problèmes d'ordre énergétique avaient été soulevés et c'est sur un plan prospectif que M. Albert Ro-

bin a tenu à les situer. Les besoins de l'Europe en produits pétroliers la placent dans un climat de dépendance par rapport aux pays producteurs qui font peser sur elle la menace constante de la hausse des prix. Cette situation la conduit à pratiquer une politique de diversification des ressources à laquelle correspond notamment un développement de l'énergie nucléaire et des utilisations de l'électricité.

Ce développement est d'autant plus nécessaire qu'à plus long terme, disons en l'an 2000 ou un peu au-delà, on peut craindre une diminution des ressources mondiales de pétrole. Nous devrions alors être à même de disposer de moyens de transport utilisant autre chose que les hydrocarbures, ce à quoi répond évidemment une politique de développement du véhicule électrique.

Ainsi, qu'il s'agisse d'environnement, de circulation ou d'énergie, le moment paraît venu de faire une place au véhicule électrique. On a vu qu'il ne pourrait s'installer sur le marché que si des mesures d'incitation étaient prises en sa faveur par les pouvoirs publics. Qui doit profiter de ces mesures ?

Les producteurs et distributeurs d'électricité ont fait un premier effort de promotion. Le moment venu pour les constructeurs d'automobiles

de prendre la relève, ce qu'ils semblent disposés à faire à la condition qu'une politique cohérente et réaliste soit dégagée par la voie d'un dialogue largement ouvert avec les pouvoirs publics.

Il reste que le véhicule à moteur thermique, j'en suis persuadé et vous aussi, a pour longtemps encore de belles années devant lui. Petit à petit, la compétition deviendra plus serrée et je pense que c'est tant mieux pour les deux car elle est synonyme de progrès.

Nous avons tous apprécié la très grande objectivité dans laquelle s'est déroulé ce colloque et je veux personnellement souligner la qualité des interventions.

Je tiens aussi très spécialement à remercier Electricité de France à qui nous devons l'organisation parfaitement réussie de ces deux journées.

Je me tournerai en terminant vers le Président de la Fondation, pour lui exprimer notre reconnaissance. Comme la colline inspirée, la Fondation Ledoux est un de ces lieux où souffle l'esprit et celui qui a animé ces deux journées était un esprit de collaboration entre tous les participants grâce auquel, j'en suis convaincu, l'aventure du véhicule électrique sera une aventure heureuse.

Discours de clôture

de M. Serge Antoine

Les applaudissements nourris qui ont été les vôtres vont à votre Président, M. Saulgeot, qui vient de si bien rassembler pour nous les contributions des rapporteurs des réunions de travail d'hier et de ce matin. J'ajouterai simplement les remerciements de mon Ministre, M. Robert Poujade, Ministre de la protection de la Nature et de l'Environnement, qui a mis en place dans notre pays, avec trois Ministres (le Ministre de l'Aménagement du Territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, le Ministre du Développement Industriel et Scientifique, le Ministre des Transports) « un groupe interministériel sur les véhicules électriques ». C'est donc des remerciements interministériels que je me permets de lui apporter ce matin.

Mais votre présence ici, très internationale, atteste qu'il s'agit, au-delà d'un travail national, d'une réflexion générale, propre à nos pays développés, sur le véhicule et la fonction des transports, en ville tout au moins.

A ce stade de vos travaux, je me garderai bien d'ajouter une synthèse sur synthèse. Je voudrais plutôt vous faire part seulement de quelques remarques sur la manière dont s'engagent ou peuvent s'engager dans nos pays, à propos du véhicule électrique, **les rapports**

entre l'Etat, l'innovation, l'automobile et l'environnement.

Que nos amis étrangers me pardonnent si la plupart des exemples que je prendrai font référence à notre pays et à la position de mon gouvernement.

Ces points de rencontres, je les regrouperai sous cinq têtes de chapitre :

- 1 - La fixation d'objectifs publics.
- 2 - La réglementation.
- 3 - La recherche et l'incitation à l'innovation.
- 4 - La stratégie territoriale.
- 5 - La préparation d'un milieu d'éclosion à l'innovation.

*
**

1) Pour la **fixation d'objectifs**, je rappellerai d'abord que c'est une fonction normalement dévolue aux Etats et que ceux-ci en font parfois usage. Leur silence a peut-être fait croire que leur responsabilité était déclinée. Il n'en est rien. Et, pour ma part, je pense contrairement à ce que quelques-uns ont dit dans cette salle, qu'il leur appartient de l'exercer pleinement et de manière à être entendus.

C'est en tout cas ce qui se passe dans mon pays en ce moment. Quant à savoir sur quoi s'applique ce langage de l'Etat, mon Ministre

a rappelé hier à l'issue d'un conseil interministériel qu'il n'y avait pas lieu de créer, à l'endroit d'un objet ; une morale, une religion ou une condamnation :

La mission de l'Etat n'est pas de condamner l'automobile ni de lui dresser un piédestal ; elle est de fixer des priorités dans les fonctions sociales. La voiture est un objet à l'intérieur d'une fonction, à l'intérieur d'un environnement. Dans cette perspective, l'Etat doit s'efforcer de fixer et d'aider à satisfaire la fonction de communication dans laquelle l'automobile, c'est-à-dire le transport individuel ou familial, prend sa place, à côté d'ailleurs d'autres moyens. Le transport en commun doit à cet égard être d'autant moins négligé que la population est dense ou se densifie ; il doit être d'autant plus pris en considération qu'une comptabilité globale et « sociétale » fait apparaître qu'il est, en bien des circonstances, un instrument économique. Les solutions de transport en commun, soit dit en passant, ne sont pas plus antiéconomiques que celles qui sont prises en faveur du véhicule individuel. Je rappelle à cet égard les paroles récentes de M. Galley, Ministre des Transports. Le Ministre a affirmé qu'il fallait faire en sorte que l'automobile n'empiète pas sur le « créneau », sur le « couloir » du transport en commun ; le transport en commun ainsi canalisé pourra aider les automobilistes. Ainsi, le rôle de l'Etat est, avant tout, de s'attacher à la fonction du véhicule, plutôt qu'au véhicule objet.

Mais, à cette référence à la fonction de transports s'ajoute, depuis

quelques années, la référence à l'environnement, où l'Etat a également d'importantes responsabilités et des responsabilités croissantes.

L'Etat se doit de veiller à l'environnement, aux pollutions objectives et aux nuisances plus subjectives, telles que l'opinion les ressent. Il lui revient alors — et c'est une sorte de droit régalien — de « dire l'environnement » comme on disait « dire la justice », et de fixer de grands objectifs.

Ces objectifs peuvent être ce que l'on appelle des « objectifs de qualité ». Objectifs de qualité de l'air par exemple, de seuils pour la santé, qui ne devront pas être franchis. Ces objectifs qui ne s'adressent pas aux producteurs seuls mais à la population en général sont d'une nature qu'il n'est pas facile de définir ; ils ne sont pas des utopies à longue échéance, ils ne sont pas non plus tout à fait des réglementations par anticipation, du type de celles de la loi Muskie qui, aux Etats-Unis, propose à terme précis (1975-1976) de très fortes réductions de la pollution automobile. Ils peuvent, par contre, être des paris qui n'ont pas de vertu réglementaire automatique mais qui peuvent le devenir. Pour être plus clair, j'en donnerai quelques exemples en référence à notre pays. Quant au bruit des véhicules, l'Etat fixe un objectif lorsque par la parole du Premier Ministre (le 30 janvier 1973) il affirme que : la puissance sonore maximale autorisée pour les automobiles vient d'être réduite de 25 %. Notre objectif est de diviser par trois cette puissance sonore avant 1978. C'était, affirmé par le Chef du Gouvernement, ce que M. Poujade

avait annoncé le 12 octobre 1972 : à terme le bruit des voitures doit être réduit. Fixons-nous un objectif de 5 décibels de moins... C'est ambitieux, mais c'est possible...

Dans un autre domaine, celui de la pollution de l'air, je vous rappellerai qu'en France, des objectifs viennent d'être fixés en Comité Interministériel (décembre dernier), objectifs que le Premier Ministre a rappelés la semaine dernière : grâce aux efforts qui ont déjà été accomplis, un véhicule automobile émet aujourd'hui 2 fois moins de polluants qu'il y a 10 ans. Nous nous efforcerons de réduire le niveau minimal actuel de pollution autorisée de 20 % d'ici 1978. Par ailleurs, la teneur en plomb des essences automobiles sera réduite de 30 % avant 1976.

Vous le voyez, ces objectifs sont donc précis. Ils sont même datés. Ils attestent que l'Etat montre le chemin à suivre.

Ce chemin, bien entendu, ne se fait pas au gré de l'inspiration. Les confrontations, comme celles d'aujourd'hui à Arc-et-Senans, lui permettent de mesurer ce que l'on appelle leur « faisabilité ».

J'ajouterai, et ceci intéressera les partisans du véhicule électrique, qu'annoncés par l'Etat, ces objectifs seront à n'en pas douter, au fil des ans, de plus en plus sévères. L'environnement n'est pas une mode ou une fleur du moment ; il se nourrira des exigences de la société et je suis persuadé que les ingénieurs comme les « commerciaux » devront tenir compte chaque jour davantage de ces exigences et ne pas les ranger

dans les paramètres marginaux comme le faisaient les économistes en parlant de « toutes choses égales par ailleurs ».

*
**

2) Plus traditionnellement, la réglementation, mission normale des pouvoirs publics, Etats et parfois régions ou mêmes villes, est un autre point de rencontre entre les pouvoirs publics, l'automobile, l'innovation et l'environnement. Cette réglementation ne concerne pas seulement les véhicules eux-mêmes, mais leurs conditions d'usage, la sécurité et même bien d'autres données qui peuvent réagir sur le véhicule-objet (réglementations sur la ville, sur la signalétique, sur les sites, etc.).

Le dispositif réglementaire donc, envisagé comme un système et non une somme de textes séparés, intègre aujourd'hui des dispositions relatives à l'environnement dont on se souciait peu il y a quelque 10 ans. Citons quelques-unes de ces dispositions dans notre pays, pris à titre d'exemple :

- Pour le bruit d'abord, il a été décidé le 13 avril 1972, que le seuil autorisé des bruits de véhicules automobiles serait abaissé de 1 décibel à compter des voitures produites le 6 février 1973.
- Pour la pollution de l'air, il a été décidé, lorsque l'Etat français (arrêté du 30 juin, mis en application le 30 septembre 1972) a souscrit à la directive européenne n° 15, qu'une réduction supplémentaire serait atteinte pour les teneurs en oxyde de car-

bone et en embrûlés. Il ne s'agit là que d'un palier supplémentaire dans un ensemble de réductions successives dont la composante a été de 20 % de réduction depuis 5 à 6 ans. Une nouvelle réduction est d'ailleurs en vue, qui sera bientôt adoptée à Bruxelles (réduction de 20 % pour les oxydes de carbone et de 15 % pour les imbrûlés).

- o Les réglementations de l'environnement ne concernent pas que les pollutions elles-mêmes. Elles concernent également les sites et hier il a été annoncé par le Ministre de la protection de la nature et de l'environnement que les contraintes supplémentaires seraient appliquées pour l'aménagement des parkings ; un autre exemple est celui des véhicules abandonnés pour lesquels les réglementations et amendes viennent d'être renforcées.

Il ne m'appartient pas ici de détailler toutes ces mesures, je les ai prises à titre d'exemples et me contenterai sur un plan général d'ajouter quatre considérations :

- la première est que toute réglementation n'a de sens que pour autant que l'application ait une sanction et que les modalités d'un contrôle effectif soient réellement mises en place. C'est ainsi, par exemple, qu'en France il a été décidé de mettre en place 37 brigades anti-bruit en 1972 ; c'est ainsi, par exemple, que les sanctions ont été renforcées pour les véhicules abandonnés ; c'est ainsi, par exemple, qu'avec l'aide de professionnels, il sera monté à Monthéry un banc à rouleaux

en chambre sourde pour le contrôle des véhicules neufs ;

- j'ajouterai en deuxième point que la réglementation doit être périodiquement actualisée. Il fut un temps où le droit suivait de loin les usages. Je dirai aujourd'hui qu'il doit « coller de près » au présent et même anticiper légèrement pour tenir compte notamment de la longueur des cycles de production ;
- ma troisième remarque sur la réglementation tend à dire qu'elle doit être de plus en plus internationale. Un dispositif est en train de naître au niveau mondial grâce à la création d'un secrétariat de l'environnement à l'O.N.U. Il semble prématuré en l'état, pour le domaine de l'automobile. Par contre, au niveau régional (au sens international du terme), les réglementations tendent à s'harmoniser et c'est d'ailleurs ce qui se passe en Europe. L'O.C.D.E. à Paris, la C.E.E. à Genève et le Marché Commun à Bruxelles sont des pôles d'une concertation qui se développe activement ;
- enfin, voici ma quatrième remarque ; la réglementation doit veiller à être neutre sur le plan technologique. Elle n'a pas à privilégier telle ou telle technologie : elle doit au contraire permettre à toutes les technologies d'évoluer convenablement à l'intérieur de la loi et des textes. C'est dire qu'une réglementation spécifique à telle ou telle technique n'est pas de l'ordre de l'usuel ni même de l'ordre du souhaitable.

3) **La recherche et l'incitation à l'innovation.** L'une des missions de l'Etat (et ceci peut intéresser tous les promoteurs de technologies nouvelles) est d'aider la promotion de la recherche et la mise en œuvre de l'innovation. Recherche fondamentale, recherche appliquée, expérimentation sont trois stades importants et cela au plan national et international.

Je ferai quant à la recherche, à la charnière de l'automobile et de l'environnement, trois remarques :

- l'environnement n'est pas un domaine, c'est une dimension. C'est dire que la recherche-environnement ne se ferme pas sur elle-même ; elle peut donner la main à d'autres recherches technologiques, par exemple : la mise au point de piles à combustibles qui peuvent être une source d'énergie des véhicules automobiles et qui peuvent avoir aussi bien d'autres applications ;
- la deuxième remarque est qu'elle peut s'exercer à plusieurs niveaux : la recherche peut, par exemple, porter sur les véhicules classiques et en même temps, consacrer une part de son effort à la « deuxième génération » dont il faut se préoccuper. De même que la prospérité, l'environnement n'apparaît pas « au coin de la rue ». L'environnement se prépare donc en fonction d'une stratégie échelonnée. Il est possible de lancer un premier étage de recherches sur des instruments dits « classiques » et de lancer en même temps le deuxième étage d'une fusée à portée plus lointaine. C'est

d'ailleurs le cas des recherches en France.

Le rapport préparé en 1971 par M. Frybourg pour le gouvernement français souligne la nécessité de cette double approche :

- je n'insisterai pas sur la recherche sur les véhicules classiques largement entreprise par les firmes privées et vous dirai seulement qu'en ce qui concerne le véhicule électrique, des recherches aidées par l'Etat sont amorcées depuis quelques années. Pour 1971-1972, les crédits consacrés à la lutte contre la pollution des véhicules automobiles se sont élevés à 3 millions de francs ; pour 1972-1973 à 3 millions de francs également. Nous avons conscience que le montant de la recherche pourrait être plus important. Je ne sais pas encore ce qu'il sera en 1973-1974, mais ce que je peux dire c'est qu'il sera fonction de l'effort propre des constructeurs et éventuellement des groupements de constructeurs.

Le principe même de la recherche publique en France est d'ailleurs que l'Etat ne participe que pour autant qu'il trouve, dans un domaine particulier, un partenaire déterminé à aller de l'avant en même temps que lui.

**

4) **La stratégie territoriale.** La quatrième dimension d'une intervention de l'Etat dans le domaine de l'innovation automobile au regard de l'environnement est celle que je rangerai sous le titre de

« stratégie territoriale ». L'Etat, en effet, surtout lorsqu'il est centralisé (comme l'est d'ailleurs le nôtre) n'a pas à agir en sorte que se développe un stéréotype obligatoirement national : il doit aider à l'adaptation aux sites, aux situations géographiques particulières.

Cette stratégie territoriale — et il ne faudrait pas qu'il y ait de méprise — ne débouche pas sur un plaidoyer en faveur du fédéralisme systématique ou de l'autonomie locale. Il ne vise pas, par exemple en France, à créer un « Etat de Californie » dont les règlements seraient différents de la réglementation française. Il s'agit plus simplement de veiller à tenir compte des spécificités particulières non seulement pour la conservation du passé ou l'action présente, mais pour la préparation de l'avenir et d'éviter ainsi le blocage sur le modèle unique. C'est dans cette ligne, par exemple, que le Gouvernement français s'attache à tenir compte des spécificités des villes moyennes et à leur donner des moyens différents de ceux des grandes métropoles pour les logements et pour les infrastructures.

En ce qui concerne le véhicule, cela veut dire qu'il sera fait attention à des situations différenciées. C'est pourquoi l'Etat est très attentif aux expériences qui se déroulent dans plusieurs régions françaises, à Dijon, à Besançon, à Montpellier pour ce qui est des transports en commun, à Grenoble et à Rouen pour ce qui est des piétons, ainsi qu'aux expériences qui se développent à l'intérieur des futures « villes nouvelles », expériences que suit activement en France M. Paul Delouvrier (1).

Dans cette stratégie territoriale, les « villes nouvelles » constituent un banc d'essai commode, mais il faut également s'attacher à revoir la situation du cœur des villes dont Baudelaire disait qu'« il changeait plus vite que le cœur des hommes ». La réflexion, ici, doit éviter de considérer le cœur des villes comme de simples carrefours de routes et de rues : l'ilot de nos ancêtres est peut-être mort, constatait le Haut Comité de l'environnement dans une réunion récente. Le déclin du piéton, le recul des zones calmes et des espaces verts ne sont pas loin des tendances irréversibles.

Les cœurs des villes sont à réinventer et le constructeur de véhicules devra en tenir compte, même s'il sait que cela prendra du temps. Il devra jouer avec l'innovateur de villes. Peut-être faut-il, à cet égard, remettre en chantier un nouveau rapport « Buchanan » (2) qui redéfinirait les rapports entre le véhicule et la ville en tenant compte, non seulement de l'encombrement comme M. Buchanan l'a fait, mais également des pollutions.

Le plaidoyer pour une stratégie différenciée doit s'exercer non seulement sur les territoires mais sur les types de véhicules. Une politique trop systématiquement unitaire, conforme d'ailleurs à l'image publicitaire, aurait tendance à stéréotyper le modèle unique « de la voiture à tout faire », de la voiture « du juste milieu ». En fait, cette

(1) Président de la Commission « Innovation-Nuisances » des Villes Nouvelles.

(2) « L'automobile dans la cité », publié à Londres en 1963.

voiture « tous azimuts » ne peut plus dicter la clef de toute la politique des automobiles ou des véhicules. Au contraire, il faut ouvrir toutes les possibilités pour permettre l'éclosion de « flottes spécialisées » pour des fonctions très différentes. Certains pays ont aidé à les faire éclore (la Grande-Bretagne par exemple, dont les règlements sur les véhicules en stationnement sont très intéressants). Les Etats pourraient aller plus loin dans ce domaine, non seulement dans leurs responsabilités de réglementation, mais aussi dans celles qu'ils ont en tant que clients de parcs très variés.

*
**

5) La préparation d'un milieu d'éclosion. En plus de la recherche, de la réglementation, de la fixation des grands objectifs et de la stratégie territoriale, l'Etat peut aider à l'éclosion d'une innovation en portant un soin tout particulier non sur l'objet mais sur le milieu favorable à son éclosion. Pour cela, il lui faut porter une très grande attention à toutes les « interfaces » qui peuvent ou faciliter cette éclosion, ou la bloquer. Ainsi, pour en rester aux véhicules électriques, il lui faudra d'abord examiner le problème des ressources à long terme de l'énergie sous ses différentes formes et, compte tenu de cette évolution à long terme, envisager les raretés croissantes ou les disponibilités comme aussi le rendement des différents moteurs. Il lui faudra également examiner avec soin le problème de toutes les pollutions en amont et en aval et, par exemple, ne pas se contenter de

dire que l'énergie électrique est « plus proche ». Il lui faudra d'ailleurs ne pas se satisfaire de l'analyse des choses en l'état, mais tenir compte des évolutions probables ou souhaitées, par exemple celle que le Premier Ministre vient de décider : « la teneur en soufre du fuel domestique diminuée de 0,7 à 0,3 % par paliers, d'ici janvier 1978 ». Il est évident, d'une manière générale, que plus l'action sera forte dans l'antipollution, plus les Etats seront favorables au véhicule électrique.

En aval, il faudra faire attention (et ceci n'a pas été dit ici) aux déchets. J'ai entendu dire que, pour alléger les véhicules, on s'orienterait vers le plastique. Il faudra donc alors veiller à la qualité de ce plastique au moment de la destruction des véhicules et ne pas créer ainsi en aval de nouveaux problèmes de déchets difficiles à détruire.

Il faudra également regarder — mais ici, par contre, on en a beaucoup parlé au cours de cette journée — le problème de la sécurité. Il convient d'être attentif ici aux situations évolutives et ne pas se bloquer sur des normes absolues d'aujourd'hui. Celles-ci peuvent évoluer en fonction notamment du tissu urbain et peut-être d'un parc automobile urbain spécialisé. La rencontre brutale d'un parc ancien et d'un parc nouveau pose évidemment des problèmes qu'il faudra résoudre avec doigté dans le temps. Les « interfaces » résultant de la sécurité sont d'ailleurs déjà fragiles pour le seul parc classique actuel ; le Ministre de l'Équipement, M. Guichard, n'a-t-il pas fait observer récemment :

Les améliorations que nous donnons aux routes pour la sécurité ne risquent-elles pas d'être détournées de leur but et d'être utilisées par des usagers pour des gains de temps, c'est-à-dire des excès de vitesse ?

Il ne faudra négliger aucune des liaisons, aucune des « interfaces », les détails ont leur importance : je viens de signaler, à titre d'exemple, l'intérêt porté à la réglementation des véhicules à l'arrêt.

Il y a aussi le problème de la fiscalité et des prix. L'Etat peut moduler les prix pour faire apparaître, au bon moment, telle ou telle technologie. Il vient ainsi d'autoriser en France, en 1972, des augmentations sur les prix des automobiles pour permettre l'éclosion des recherches anti-pollution. Moduler la fiscalité est en général plus difficile. Toutefois, ce n'est pas à exclure. A l'heure actuelle, par exemple, plusieurs ministères, dont le Ministère des Finances, étudient la répercussion de la fiscalité sur les effets du bruit.

Les spécialistes voudraient être attentifs à éviter des répercussions du type de celles qui ont joué, au cours des siècles derniers, sur « les portes et fenêtres » : ils ne veulent pas dénaturer la valeur d'une fiscalité toujours générale :

ils savent cependant qu'elle n'est jamais « neutre ».

La création d'un « milieu d'éclosion » est à l'heure actuelle préparée avec une grande attention en France, en tenant compte du contexte international.

En conclusion, je dirai que les points de rencontre entre l'Etat et les véhicules électriques ne peuvent se concentrer uniquement sur des relations univoques. Ce qui est important, c'est que l'Etat situe bien tous les fils et toutes les connexions qui relient l'innovation avec les autres structures, elles-mêmes en évolution. L'important, c'est également de les situer dans le temps et d'éviter les faux tête-à-tête du moment. La dimension fondamentale d'une politique doit être la dynamique et la dérivée. L'avenir ne doit pas être considéré uniquement comme ces jardins à la française que notre pays affectionne tant. L'avenir n'est pas, il sera ; il devient ; il appartient à ceux qui le font et, parmi ceux qui le font, il y a les entreprises et les pouvoirs publics, l'Etat. La réponse de ce dernier aux premières sera, en tout cas, en matière de véhicules électriques ou autres : « Faites-nous d'abord du bon « hardware » et nous ferons le reste ».

ANNEXE II

GROUPE DE TRAVAIL INTERMINISTÉRIEL "VÉHICULE ÉLECTRIQUE"

A la suite de la décision du C.I.A.N.E. du 27-1-1972, qui visait à réaliser des opérations exemplaires sur le véhicule électrique et qui accordait sur le F.I.A.N.E. un montant de 1 750 000 F, sous réserve de participations équivalentes au titre de crédits de recherche et recherche-développement, le Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement a préconisé la mise en place d'un groupe de travail, chargé d'assurer le suivi du programme.

Après concertation avec les différentes autorités concernées, ce groupe a été créé le 10 mars 1972 et placé sous la présidence de M. SAULGEOT, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

I - MISSIONS DU GROUPE

La fonction essentielle de ce groupe de travail était de favoriser au maximum la réalisation du programme correspondant à la décision du C.I.A.N.E. Il s'agissait avant tout de constituer une structure de coordination susceptible de maté-

rialiser les concours financiers indispensables au déblocage des crédits F.I.A.N.E. et d'assurer un suivi technique permettant la réalisation des objectifs fixés.

A partir de cette mission prioritaire, le groupe de travail a été amené à effectuer un travail de réflexion et d'échange entre les différents interlocuteurs potentiels pour la réalisation de véhicules électriques commercialisables. Ainsi, il a permis la promotion de plusieurs actions visant à favoriser le développement de ce type de véhicule.

Enfin, il a été conduit à exercer une mission d'incitation et d'animation, dont les manifestations les plus tangibles ont été la création d'un sous-groupe « Sources d'énergies » et la mise sur pied des Journées d'Arc-et-Senans.

A la fin du premier semestre 1974, le programme F.I.A.N.E. 72 est en voie d'achèvement. L'exploitation générale des résultats de l'expérience sera fournie en fin d'année 1974. Les résultats déjà acquis permettent d'envisager des perspectives d'avenir ouvertes.

Le travail de réflexion et le succès de la coordination effectués par le groupe, joints aux résultats technologiques des expérimentations, ont permis d'envisager l'étape suivante : la rédaction d'un rapport, demandé au cours de la réunion C.I.A.N.E. du 22 avril 1974, visant à définir les orientations à donner aux efforts des pouvoirs publics en la matière et de mieux coordonner les actions à entreprendre avec propositions de scénarii.

II - COMPOSITION DU GROUPE

A l'origine, ce groupe était constitué des représentants des différents ministères chargés de :

- de l'Équipement (Direction des routes, Division Recherche) ;
- des Transports (Direction des Transports terrestres) ;
- de l'Industrie (D.G.R.S.T., D.I.M.E.L.E.C.) ;
- de l'Environnement (Secrétariat général du Haut Comité de l'environnement et Direction des Préventions des pollutions et nuisances).

S'y ajoutaient des représentants de l'Institut de Recherche sur les Transports et du Service Régional de l'Équipement de la Préfecture de la Région Parisienne, organisme particulièrement intéressé par l'opération.

Dès la seconde réunion, le maître d'œuvre de l'opération, l'E.D.F.,

et les deux organismes ayant mis au point des modèles probatoires de véhicule électrique, Compagnie Générale d'Electricité et Société Bertin, ont été invités à siéger régulièrement au sein du groupe.

A la suite de la concrétisation de ses différentes missions et des nécessités de la réalisation du programme, le groupe s'est élargi aux organismes dont l'implication directe ou indirecte, devenait indispensable en cours d'opération ou prévisible à court terme.

C'est ainsi que le groupe s'est enrichi des représentants :

- du groupe d'intérêt économique PROVEL (créé par les Sociétés RAGONOT et CYBERMECA),
- de TREGIE,
- de constructeurs de batterie FULMEN - TUDOR - SAFT.

Le secrétariat scientifique du groupe a été effectué par des chargés de mission du Secrétariat Général du Haut Comité de l'Environnement : la première année par MM. DUCLOS et OPPENEAU, la seconde par MM. PIERRARD et OPPENEAU.

III - DEFINITION DU PROGRAMME

Après plusieurs réunions de mise au point, le programme, correspondant à la décision du C.I.A.N.E., a été défini au cours de la réunion du groupe du 5 mai 1972.

- Il comprend deux parties :
- des expérimentations et des

études portant sur les sources d'énergie et sur les moteurs et commandes,

- des opérations exemplaires de véhicules électriques.

3.1. - Expérimentations et études

3.1.1. - Sources d'énergie

Il s'agit d'une poursuite des actions engagées précédemment par E.D.F. : elles portent d'une part sur les accumulateurs traditionnels afin de faire progresser leurs performances dans chaque type d'utilisation, sans réduire la durée de vie, d'autre part sur des accumulateurs nouveaux à des fins exploratoires (accumulateur zinc-air statique avec recharge in situ, accumulateur sodium-soufre, accumulateurs organiques, pile zinc-air à circulation d'électrolyte et de matière active).

3.1.2. - Chaîne de traction

Il s'agit de la réalisation de deux prototypes de chaîne de traction évolués pour des puissances de 6 à 20 kW. La contribution de deux industriels RAGONOT (pour le moteur) et CYBERMECA (pour la commande) a été suscitée.

3.2. - Opérations exemplaires

3.2.1. - Etudes de marché

Après la réalisation de quelques sondages et analyses, elles portent

sur la réalisation de véhicules urbains électriques : C.G.E. et BERTIN.

3.2.2. - Etudes de la qualité de service

Différents aspects du problème sont étudiés :

- réalisation et expérimentation de 60 véhicules électriques R 4,
- étude et réalisation de véhicules utilitaires R 5 et estafettes,
- étude, réalisation et expérimentation de minibus,
- essais systématiques de prototypes français et étrangers.

Les expérimentations ont pour but d'étudier les modes d'utilisation des véhicules, d'examiner les problèmes de fiabilité et de maintenance, d'évaluer la consommation spécifique et déterminer la qualité de service.

Deux types d'expérimentation sont programmés :

- l'expérience dite « en champ clos » réalisée uniquement par des centres de l'E.D.F., sous la responsabilité de sa Direction des Etudes et Recherche,
- l'expérience dite « en champ ouvert » qui s'adresse à des utilisateurs extérieurs : villes nouvelles (Evry, Melun-Sénart pour les R 4, Evry, Saint-Quentin en Yvelines, Marne-la-Vallée pour les minibus), municipalités (Dijon et Lyon).

Le premier type d'expérimentation doit permettre de préparer le second type, qui concerne une utilisation moins liée au laboratoire et plus « grand public », de définir

des éléments utiles aux futures réalisations et de préciser les problèmes liés aux batteries.

IV - REALISATION DU PROGRAMME

Le groupe avait deux préoccupations fondamentales :

- faciliter la mise en place des conditions demandées par le C.I.A.N.E. pour dégager le plus tôt possible le crédit F.I.A.N.E. correspondant,
- assurer une coordination entre les différentes parties prenantes et suivre l'état d'avancement des travaux afin que le programme puisse avancer dans les meilleurs délais.

Sur le plan financier, l'action du groupe s'est concrétisée :

- par la participation de la Préfecture de la région parisienne, dont l'intérêt se portait sur :
 - l'opération exemplaire Evry - Melun-Sénart,
 - la définition et la réalisation d'un programme de développement du minibus électrique,
- par la création du groupe d'intérêt économique PROVEL avec participation financière des industriels concernés pour les chaînes de traction,
- par l'obtention d'un crédit d'aide au développement de la D.G.R.S.T. pour la mise au point de prototypes de chaînes de traction présentant un ca-

ractère d'innovation indéniable. Cette aide était rendue possible par une participation financière égale de PROVEL.

Ainsi, les conditions demandées par le C.I.A.N.E. étaient remplies :

- par l'obtention d'un crédit F.I.A.N.E. nouveau pour la mise au point de l'estafette électrique, dont deux exemplaires seront construits par la TREGIE.

Au sujet de l'état d'avancement des travaux, le groupe a suivi très régulièrement l'évolution technique de l'expérience. L'ensemble du programme a été réalisé, les résultats sont en cours d'exploitation. Le rapport final, rédigé par E.D.F., sera fourni au cours du second semestre 1974. L'expérimentation sur les estafettes sera effectuée en 1975.

Les actions menées dans le cadre de ce programme sur les sources d'énergie ont permis d'apporter des améliorations sensibles aux accumulateurs traditionnels. En revanche, aucun résultat positif n'a été obtenu au sujet des accumulateurs zinc-air statique et des accumulateurs organiques. La conclusion au niveau des accumulateurs nouveaux, est de s'orienter vers les piles zinc-air à circulation d'électrolyte pour des utilisations à moyen terme, vers les accumulateurs sodium-soufre à plus long terme.

La construction de chaînes de traction par le G.I.E. PROVEL est en bonne voie et comporte des aspects nouveaux. Pour le moteur, c'est l'intégration du collecteur et du bobinage d'induit, pour la commande, l'adaptation du ha-

cheur d'induit à la fonction de chargeur rapide.

Au niveau des expérimentations, à partir des véhicules directement réalisés dans le cadre du programme (60 R 4, 4 R 5, 8 véhicules C.G.E., 6 minibus SOVEL) ou des véhicules achetés à des entreprises françaises ou étrangères, des bilans globaux sur chaque type sont en cours d'élaboration. Dans le cas des R 4, plusieurs types d'utilisation ont pu être définis.

V - MISSION D'ANIMATION ET DE REFLEXION

5.1. - Mission d'animation

Elle s'est traduite d'abord par l'organisation des Journées internationales d'Arc et Senans (cf. annexe I), par la participation à divers congrès (par exemple Washington en février 1974) ou par la réalisation d'expositions de matériel.

Elle s'est manifestée ensuite par la création d'un sous-groupe « Sources d'énergie » où se sont confrontés pour la première fois, d'une part les chercheurs et constructeurs de ces sources, d'autre part les constructeurs de véhicules.

Les principaux spécialistes français d'électrochimie (C.G.E. - ALSTHOM - CIPEL - WONDER - SAFT - FULMEN - TUDOR), les constructeurs de véhicules (PEUGEOT - RENAULT - CITROEN), la société des ingénieurs automobi-

les, les représentants des administrations concernées par le programme C.I.A.N.E. constituèrent ce sous-groupe. Si une première phase fut consacrée à l'inventaire des systèmes électrochimiques existants ou futurs susceptibles de répondre à une utilisation dans le véhicule, la suite des travaux a été marquée par l'élaboration par les constructeurs de batteries d'un questionnaire dont les réponses techniques, apportées par les constructeurs automobiles, sont indispensables à l'étude et à la mise au point d'accumulateurs spécifiques adaptés aux caractéristiques demandées aux différents types de véhicules.

Les documents préparés à l'issue de ces travaux sont communiqués en annexe.

Ainsi, un premier échange fructueux a été établi entre les différentes parties prenantes pour évaluer leurs besoins respectifs dans le cadre de la conception de véhicules électriques.

Un travail identique a été entrepris pour mieux cerner le cas des systèmes hybrides.

5.2. - Mission de réflexion

En dehors des préoccupations précédemment exposées, le groupe a exercé une mission d'évaluation des différentes filières, non directement prises en compte par le programme C.I.A.N.E. Les efforts importants réalisés avec l'aide de la D.G.R.S.T. dans le domaine des piles zinc-air ou des

accumulateurs sodium-soufre ont fait l'objet d'une mise au point régulière de la part des membres du groupe. De même, les études I.F.P. sur les piles à combustible sont suivies attentivement, à telle enseigne que le groupe de travail a pu participer activement à la recommandation de deux études sur la question du stockage de l'hydrogène par les hydrures métalliques dans le cadre de l'action thématique programmée « Pollution par le véhicule automobile » gérée par l'I.R.T.

Le groupe a également participé aux travaux des commissions de travail lancées par le Service Régional de l'Équipement de la région parisienne, et présidées par M. SAULGEOT, sur les différents problèmes posés par l'insertion du véhicule électrique dans la circulation urbaine.

Enfin, il a commencé à élaborer un important travail de réflexion sur tous les aspects techniques, technologiques, économiques, juridiques et internationaux relatifs à la fabrication de véhicules électriques en suscitant des réunions avec les différents spécialistes concernés et la participation de l'ensemble des branches industrielles parties prenantes.

La préparation de documents relatifs à ces différents aspects a été mise en route.

Il faut également signaler la mise à l'étude de solutions concernant le transport collectif (autobus) et de transport individuel (électro-cycle).

V. - CONCLUSION DES TRAVAUX DU GROUPE

Les résultats acquis à la suite des différentes missions exécutées par le groupe, joints à l'importance prise par la conception du véhicule électrique avec ses implications à plus ou moins long terme — touchant aussi bien les considérations relatives aux problèmes d'environnement qu'à ceux de l'énergie —, ont permis d'aboutir à la décision du C.I.A.N.E. du 22 avril 1974. Le Président SAULGEOT a été chargé de présenter au Gouvernement, avant la fin de l'année 1974, un rapport exhaustif sur les différents aspects du développement du véhicule électrique, sur la définition des créneaux, et sur une programmation précise des actions à entreprendre dans le futur.

ANNEXE II - a

VEHICULE ELECTRIQUE

QUESTIONNAIRE

A remplir par le constructeur de véhicule électrique pour permettre la détermination technique et économique du générateur

a) Caractéristiques du véhicule

Type de véhicule.

Nombre de passagers.

Vitesse moyenne.

Autonomie.

— contraintes internes si elles existent (proximité de point chaud..., ventilation...).

2. - Contraintes externes d'utilisation

2.1. - Température minimale extérieure.

2.2. - Température maximale extérieure.

2.3. - Y a-t-il un impératif de temps minimum de démarrage ?
Le chiffrer en secondes ou en minutes.

2.4. - Le véhicule sera-t-il soumis à des vibrations ou des chocs particulièrement sévères ?

b) Caractéristiques du générateur

1. - Contraintes pondérales et volumiques

1.1. - Quel est le poids maximum à ne pas dépasser ?

1.2. - Quel est le volume maximum à ne pas dépasser ?

1.3. - Ce volume peut-il être scindé en plusieurs fardeaux ?

Dans tous les cas, indiquer pour chaque fardeau :

— cotes,

— accessibilité,

3. - Caractéristiques électriques souhaitées

3.1. - Un cycle type a-t-il été défini ?

Si oui, fournir :

$$I = f(t)$$

$$V = g(t)$$

nombre de cycles.

3.2. - Dans le cas contraire, indiquer :

- o tension :
 - minimum de fonctionnement,
 - nominale (régime de palier),
 - maximum à ne pas dépasser,
- o puissance :
 - moyenne (comptée pendant le roulement),
 - de pointe : durée et fréquence,
 - temps de roulement cumulé par cycle.

3.3. - Y a-t-il consommation pendant les temps d'arrêt ?

Indiquer :

- la valeur maximum,
- la valeur moyenne.

3.4. - Peut-il y avoir réinjection de courant dans la batterie ?

Indiquer les caractéristiques :

- tension,
- intensité,
- fréquence,
- énergie récupérée.

3.5. - Niveau des consommations annexes (accessoires, chauffage, ventilation, éclairage, assistances, etc.).

4. - Conditions de recharge

4.1. - Un système de recharge complet ou partiel est-il prévu dans le véhicule ?

Dans ce cas, indiquer les caractéristiques :

- forme de courant,
- caractéristique I, V,
- limitations éventuelles.

4.2. - Temps maximum autorisé pour la recharge.

4.3. - Peut-il y avoir recharge partielle ?

- temps maximum autorisé.

4.4. - Temps maximum de stockage au parking sans recharge.

4.5. - Indicateur de l'état de charge et de décharge.

5. - Entretien

5.1. - Temps d'entretien admissible - périodicité...

5.2. - Révision - indiquer le temps de roulement ou le nombre de cycles entre deux révisions.

6. - Prix - Performances

6.1. - Durée de vie minimum.

6.2. - Rapport durée de vie-prix.

6.3. - Prix plafond.

— Questionnaire élaboré par les constructeurs de batteries.

ANNEXE II - b (REPONSE AU QUESTIONNAIRE II - a)

VEHICULE ELECTRIQUE

EXEMPLE DE CAHIER DES CHARGES ÉTABLI PAR UN CONSTRUCTEUR

a) Caractéristiques du véhicule

— **Type** : fourgon de livraison urbaine ou minicar urbain 13 places. P.T.M.A. 3 500 kg.

— **Vitesse maxi** : 80 km/h.

— **Autonomie** :

— > 100 km à 60 km/h (pente nulle).

— 60 km en cycle urbain de Stockholm.

b) Caractéristiques du générateur

1. - **Contraintes pondérales et volumiques**

1.1. - 500 kg.

1.2. - Densité ≥ 1 .

1.3. - Oui, 3, respectivement : 1/2, 1/4, 1/4 du total.

— Pas de contraintes spéciales.

2. - **Contraintes externes d'utilisation**

2.1. -

— 18 °C en France.

— 22 °C en Allemagne.

— 30 °C en Suède.

— 40 °C en stockage.

2.2. - + 40 °C (Europe).

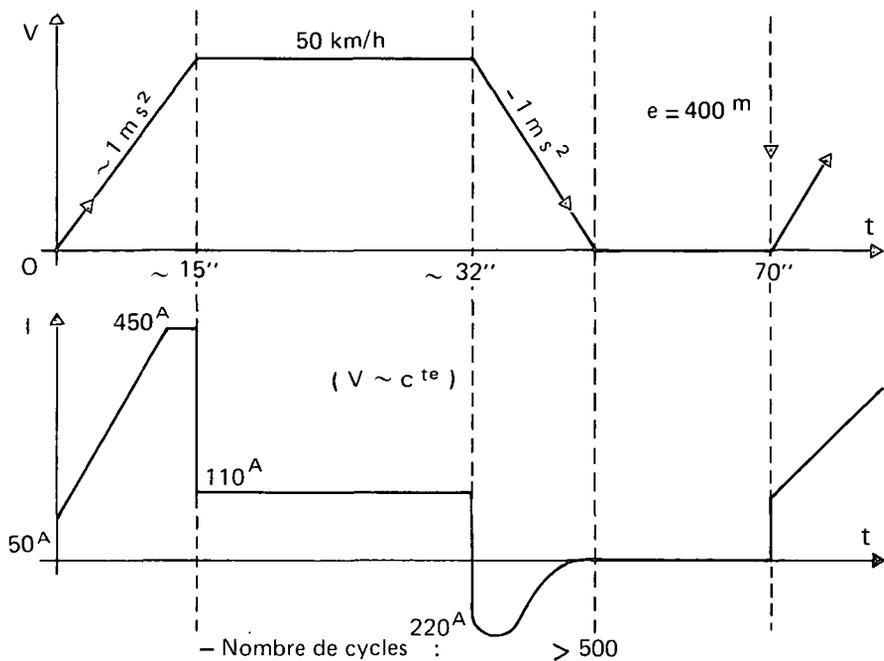
2.3. - $\leq 2'$.

2.4. - 4 g en vertical (10 à 20 Hz).

Le choc transversal reste à définir.

3. - **Caractéristiques électriques souhaitées**

3.1. - Cycle C.E.I. 69, dit de Stockholm :



1000 est un but à atteindre

A noter que le **critère de fin de vie est à déterminer** et que le prix du générateur sera fonction, à caractéristiques dynamiques égales, de la durée espérée.

3.2. - Tension :

$U_n - 10\% < U < U_n + 25\%$.

$U_n = 150\text{ V}$ (144 V actuellement).

Puissance :

18 kW en moyenne.

55 kW crête (10 secondes par minute).

Temps de roulement cumulé : 40''/70''.

3.3. - Peut atteindre 1 kW.

— Moyenne prévue : 300 W/400 W.

3.4. - Oui.

Tension batterie maxi : 180 V.

Intensité crête : 200 A.

Fréquence : 1 par minute.

Energie récupérée par pulse : 4,5 Wh.

3.5. - Peut atteindre 1 kW.

4. - Conditions de recharge

4.1. - Oui, si possibilité de connection directe au réseau sans transformateur d'isolement (poids).

4.2. - 6 h.

4.3. - Oui, par exemple pendant le déjeuner (1 h).

4.4. - 1 mois.

4.5. - Oui, à bord.

5. - **Entretien**

5.1. - ≤ 1 h, tous les 6 mois ou les 125 recharges.

5.2. - Tous les 500 cycles (changement de batterie si nécessaire).

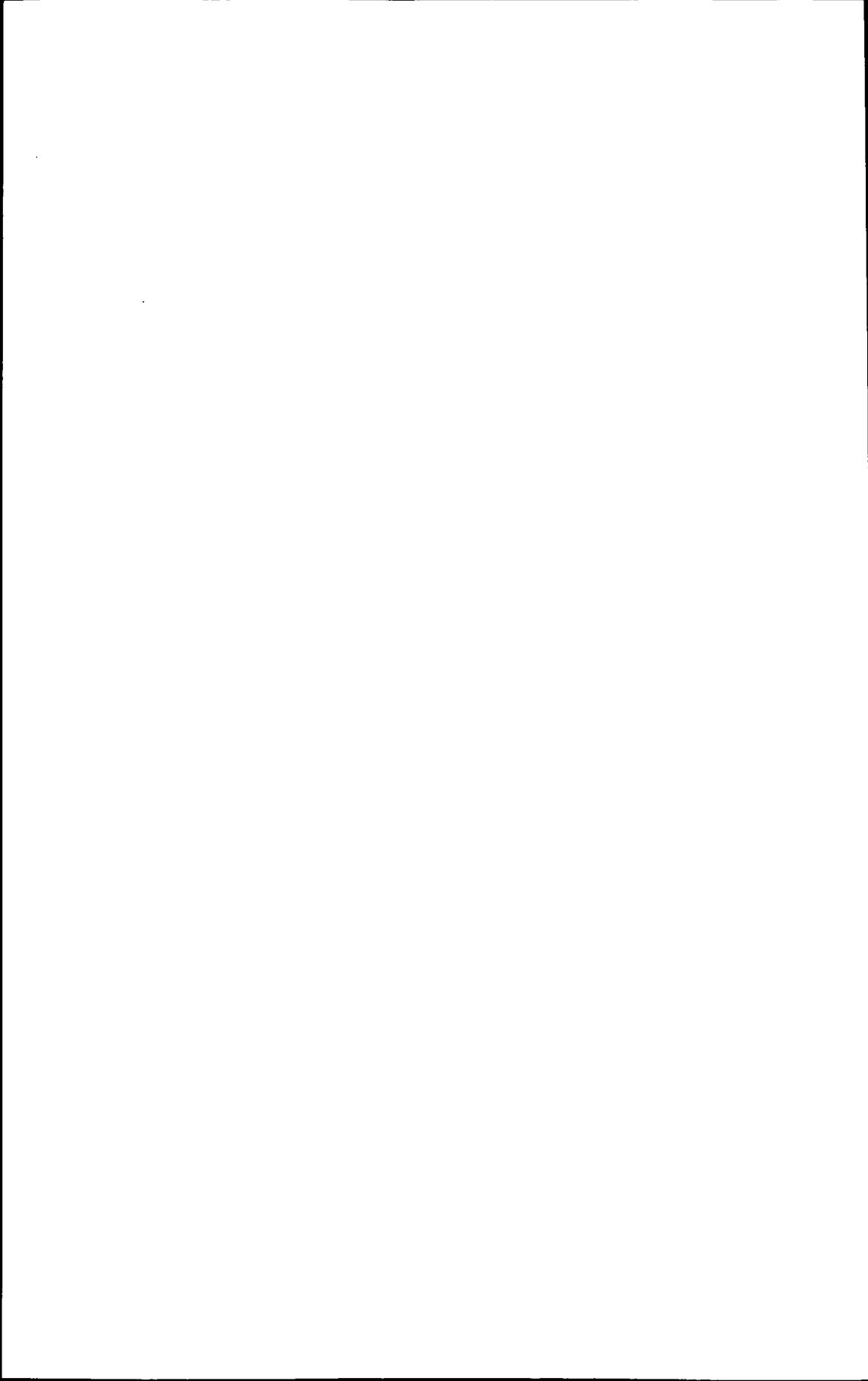
6. - **Prix, performances**

6.1. - 500 juste possible, 1 000 à atteindre.

Critère de fin de vie à définir clairement.

6.2. - Prix augmentant avec durée de vie garantie. Ex. : + 25 % de prix par 1 000 cycles par rapport à 500.

6.3. - 0,15 F / le Wh exploitable en régime 2 h.



ANNEXE III

Compte rendu succinct du III^e symposium du véhicule électrique de Washington (U.S.A.)

Le « Third International Vehicle Symposium and Exposition » organisé par l'« Electric Vehicle Council » et l'UNIPEDE (Union Internationale des producteurs d'électricité) s'est tenu à Washington du 19 au 21 février 1974. Cette manifestation a lieu tous les deux ans, la prochaine étant programmée à Düsseldorf.

A Washington, les spécialistes du monde industrialisé étaient présents, ce qui a donné au congrès un éclat tout particulier.

M. Saulgeot, président du groupe interministériel du véhicule électrique, les représentants du Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, d'Electricité de France, de Renault, de la Compagnie Générale d'Electricité, de Ragonot, de Cybermeca, de R.S.I., de Pechiney Ugine Kuhlman ont, en particulier pour la France, assisté aux conférences et aux débats.

Le présent compte rendu ne peut pas, bien entendu, reprendre dans le détail les quatre-vingt communications qui ont été faites. Son but est uniquement de présenter, d'une manière la plus exhaustive possible, les informations les plus marquantes qui ont pu être recueillies pendant ces trois journées.

L'ensemble des conférenciers s'est accordé sur le fait que la traction électrique est une des réponses probables qui permettra

d'atténuer les effets de la crise de l'énergie. Tous ont insisté sur l'intérêt qu'une telle technique présente pour résoudre les problèmes posés par les pollutions et les nuisances qui dégradent notre environnement. Cependant, tous ont aussi remarqué que le véhicule électrique n'était pas encore pour aujourd'hui et que des progrès très importants devaient être faits du point de vue des sources notamment, avant de pouvoir envisager une diffusion grand public de la traction électrique.

I - LES SOURCES

Les caractéristiques d'une source d'énergie pour véhicule électrique devaient être :

- grande densité énergétique,
- nombre élevé de cycles garantis,
- entretien réduit,
- grande sécurité d'emploi.

Le type de source utilisé actuellement dans la quasi totalité des expérimentations de véhicules est la batterie au plomb. Cependant, on s'aperçoit qu'elle répond mal aux critères définis ci-dessus. Sa capacité de stockage d'énergie est faible. Les différents conférenciers s'attendent à une limite aux environs de 45 Wh/kg.

Pour l'instant, l'augmentation de la densité énergétique va de paire

avec une réduction du nombre de cycles garantis. Par ailleurs, un des problèmes étudiés actuellement est l'entretien de ces batteries, notamment en ce qui concerne le remplissage des vingt-cinq à cent éléments (suivant la tension choisie) qui composent ces batteries. Kyoto, pour le Japon et Tudor en France proposent des solutions de maintien automatique du niveau. En ce qui concerne la sécurité d'emploi des batteries, les essais doivent être faits sur le véhicule. M. D.-H. Smart a présenté, par exemple, les travaux de l'« Electri-

city Council » d'Angleterre sur ce sujet et a proposé une série de tests s'appliquant aussi bien aux véhicules qu'aux batteries.

Cependant, en raison des faibles performances de ce type de source, beaucoup de conférenciers se sont attardés sur les travaux qu'ils entreprenaient pour mettre au point de nouvelles techniques. La société Arthur D. Little qui a fait une étude prospective à long terme sur les batteries électro-chimiques présente les résultats suivants :

	Performances escomptées		Etat d'avancement des recherches	Remarques
	Wh/lb	W/lb		
— Batterie au plomb ..	15	20-30	commercialisé	faible densité énergétique
Haute température				
— Sodium-soufre	80-100	80-100	**	problèmes de choix des matériaux de construction
— Lithium-soufre	100	100	*	
— Lithium-chlorine	50	100	**	
Température ambiante				
— Fer-air	40-50	10-20	***	problèmes de corrosion de la cathode - densité énergétique limitée
— Zinc-air	40-50	10-20	***	
— Nickel-zinc	20-25	100	**	formation de dendrites problèmes d'entretien ? principe complexe faible densité énergétique
— Nickel-fer	20-25	50 ?	***	
— Zinc-chlorine	60-80	100 ?	**	
— Zinc-bromine	20	40-50	**	

Etat d'avancement des recherches :

- *** expérimentation de batteries
- ** fin d'expérimentation d'éléments - début d'expérimentation de batteries
- * expérimentation d'éléments

Le représentant de la Gould Corporation, de son côté, a été très optimiste sur les chances de mise au point de ces batteries et a fixé les échéances suivantes pour le passage à une phase industrielle :

Nickel-fer : 1976.

Nickel-zinc : 1977.

Zinc-chlorine : 1978-1979.

Lithium-soufre : 1980-1985.

Sodium-soufre : 1980-1985.

Parmi les différents exposés qui ont été faits sur les nouvelles formes d'énergie, celui de la Compagnie Générale d'Electricité a été

un des plus précis et a montré que les études étaient sur le point d'aboutir. Il s'agit de la technique des piles zinc-air. La C.G.E. a en effet achevé ses essais en laboratoire et devrait pouvoir passer prochainement à une phase d'expérimentation sur véhicule. L'intérêt majeur de cette technique vient de la forme liquide sous laquelle l'énergie est stockée, ce qui permet de faire le « plein d'énergie » très rapidement, sans qu'une infrastructure de charge électrique soit nécessaire. Le liquide « usé » peut être ensuite régénéré dans des usines spécialisées.

Enfin, la société SIEMENS a présenté le point de ses études sur les piles à combustible. En utilisant le cycle normalisé de circulation urbaine, le conférencier a démontré qu'il était techniquement possible de construire un minibus ayant une pile à combustible hydrogène-oxygène comme source d'énergie.

II - LES « COMPOSANTS »

Peu de conférenciers se sont attardés sur les problèmes de moteurs. C'est pourtant un sujet qui soulève les passions et qui est la cause de maintes discussions entre les tenants des moteurs alternatifs et ceux des moteurs à courant continu.

Durant le Symposium, seul ce dernier type de moteur a été étudié. Signalons principalement les exposés de M. J.-M.-G. Samuel (Advanced Vehicle Systems Ltd) et de M. Rudolph Wagner (Siemens).

En ce qui concerne les commandes, sujet extrêmement important, puisqu'il faut économiser au maximum la faible quantité d'énergie stockée à bord du véhicule, les exposés les plus remarquables ont été faits par des conférenciers français. La société Cybermeca, d'une part, a présenté une étude comparative entre une commande à transistors et une commande à thyristors, puis a fait quelques commentaires sur l'ensemble de commandes qu'elle a fourni dans le cadre du programme proposé par E.D.F.

La société Ragonot, d'autre part, a présenté les résultats obtenus sur une Renault R 5 électrique munie d'une commande à transistors de puissance qui semble pour l'instant plus coûteuse en raison de la faible demande du marché, mais qui fournit des performances très intéressantes.

Par ailleurs, une communication de MM. M.-F. Mangan et J.-T. Griffith (Electricity Council Research Centre) a porté sur l'utilisation des convertisseurs de couple en lieu et place des commandes électroniques. Cette technique serait, dès maintenant, beaucoup moins coûteuse que tous les procédés électroniques et pourrait permettre une baisse des prix des véhicules électriques. Les performances obtenues à la suite d'une expérimentation sont très correctes.

III - LES VEHICULES

Beaucoup de conférenciers ont présenté leurs vues sur le véhicule lui-même, les caractéristiques qu'il

devrait avoir, la structure d'accueil qu'il faudrait prévoir, les expérimentations qui ont eu lieu et leurs résultats...

a) Les caractéristiques du véhicule

Les limites technologiques imposées actuellement par la faible densité des sources ne permet pas de disposer d'un choix très large pour les caractéristiques des véhicules. Cependant, pour l'avenir et dans l'hypothèse où de nouvelles sources d'énergie plus puissantes et plus énergétiques apparaîtront, il serait intéressant de disposer de renseignements sur ce que devrait être le véhicule urbain. Certaines études ont déjà été faites dans le passé. D'autres sont en cours.

Dans ce cadre, citons la communication d'un représentant des pouvoirs publics français qui a montré les efforts entrepris depuis quelques temps pour définir un « véhicule particulièrement urbain » (V.P.U.). S'appuyant sur des enquêtes et des considérations économiques, les responsables français essaient de définir un nouveau type de véhicule ayant les caractéristiques le destinant à une utilisation plus spécialement urbaine, mais qui pourrait néanmoins répondre à un besoin des ménages.

Ce V.P.U. correspond au créneau visé par certains constructeurs de véhicules électriques.

Une autre communication a présenté l'étude de faisabilité d'un autobus électrique pour Honolulu.

Sans attendre que toutes les études en cours soient achevées, les spécialistes s'accordent à définir des caractéristiques de véhicules qui seraient les suivantes :

Pour la voiture particulière, deux options sont retenues concernant le nombre de passagers. Les Européens parlent en général de véhicules à deux places. Les Américains semblent s'orienter plus volontiers vers le véhicule à quatre places. En outre, cette voiture devrait, pour être réellement attractive, avoir une autonomie de 200 à 300 km et une vitesse de pointe de 60 à 90 km/h. M. Edward David de la société GOULD pense qu'une voiture particulière pourra être construite lorsqu'il sera possible de disposer d'une source de 175 Wh/kg et 120 W/kg.

D'autres types de véhicules sont envisagés :

- un taxi électrique pourrait rouler à 60 km/h et avoir une autonomie légèrement supérieure à 200 km ;
- un véhicule utilitaire de livraison nécessite des caractéristiques encore inférieures en ce qui concerne l'autonomie : 100 à 150 km ;
- l'autobus électrique pour une cinquantaine de passagers devrait avoir une vitesse maximum située entre 45 et 60 km/h et une autonomie de 100 à 200 km. Ces caractéristiques imposeraient une source ayant une densité énergétique comprise entre 100 et 140 Wh/kg et une puissance massique de 50 W/kg environ.

b) La structure d'accueil

Quelques conférenciers ont abordé ce thème. La plupart ont présenté leurs études sur des systèmes de transport en sites propres.

Une communication particulièrement commentée a été celle du docteur H.-G. Müller (R.W.E.). Estimant que le parc de véhicules électriques, dans une dizaine d'années, pourrait représenter 10% du parc total, le docteur Müller conclut que l'augmentation de la consommation d'électricité qui en découlerait ne représenterait que 2% de l'énergie distribuée en Allemagne, ce qui paraît raisonnable et n'entraîne pas un suréquipement en matériels de production.

Pour que le véhicule électrique soit utilisé par des particuliers, il faut installer dans les villes des postes de recharge suffisamment nombreux et dispersés. Les problèmes qui se posent alors, sont les suivants :

- mise au point d'un système de branchement pratique et confortable pour ne pas rebuter le client ;
- étude d'un système de facturation de l'énergie consommée ;
- entretien de ces postes de recharge.

M. K.-J. Oehms de la R.W.E. a ensuite exposé les différents types de charge envisageables et leurs conséquences sur la courbe de consommation d'électricité. Il faut, en effet, éviter que la recharge des véhicules électriques conduise à certaines heures à des pointes de

courant telles, qu'il faille surinvestir en centrales électriques.

La R.W.E. a, en outre, étudié et expérimenté des stations comprenant des postes de recharge et des systèmes d'échange rapide de batteries pour les autobus et les véhicules utilitaires, seule solution qui permet de compenser la faible autonomie actuelle des véhicules.

c) Les expérimentations

L'E.D.F. a, bien entendu, présenté les résultats des expérimentations entreprises avec des Renault 4 et des autobus.

Par ailleurs, la société allemande MAN a mis au point un autobus en collaboration avec Bosch, Varta et R.W.E. Les conclusions de l'expérience sont les suivantes :

- le style de conduite a une très grosse influence sur les performances du véhicule (ce qui corrobore les constatations faites par E.D.F. sur ses autobus) ;
- l'autonomie moyenne du véhicule est de 55 à 60 km ;
- la consommation est environ 2,1 kWh/km y compris l'énergie récupérée en freinage (environ 20%).

L'expérimentation a, en outre, permis de découvrir certains défauts technologiques auxquels il sera remédié dans l'avenir.

d) Les véhicules hybrides

La société italienne FIAT s'intéresse aux autobus hybrides. Différentes possibilités d'hybridation ont été étudiées (diesel, turbine à

gaz, moteur Rankine, moteur Stirling pour la production d'énergie, batteries ou volant d'inertie pour le stockage de l'énergie).

La solution retenue a été une hybridation turbine à gaz et batteries.

En Allemagne, l'« Institut für Kraftfahrwesen Technische Hochschule Aachen » a étudié de son côté un système à volant d'inertie.

e) Les « électrocycles »

Deux conférenciers ont présenté des communications sur des bicyclettes électriques. En particulier, la société italienne PIAGGIO spécialisée dans le « scooter » semble avoir mené des études poussées dans ce domaine.

Signalons en outre que, dans le cadre du congrès, des « électrocycles » américains et allemands étaient exposés et que les constructeurs correspondants se félicitaient du succès commercial de ce matériel.

IV - CONCLUSIONS

A la suite de ce Symposium, les remarques suivantes peuvent être faites :

— Dans tous les pays industrialisés, des efforts relativement importants sont consentis pour promouvoir le véhicule électrique.

— Le « chemin critique » de l'industrialisation du véhicule électrique passe par l'amélioration des sources d'énergie existantes et surtout par la mise au point de sources beaucoup plus énergétiques. Des perspectives intéressantes apparaissent pour les années 1980-1985.

— Dans l'état actuel de la technique, les créneaux immédiatement accessibles sont les véhicules de transport en commun et de transport de marchandises. Eventuellement, le créneau limité de l'électrocycle peut être envisagé.

— Il ne semble pas qu'un pays soit nettement en avance sur les autres. Seul le Japon, dont les représentants ont été très discrets durant ce congrès, pourrait réserver quelques surprises pour l'avenir.

— Les gros constructeurs automobiles européens s'intéressent sérieusement au véhicule électrique. La présence de RENAULT, de FIAT en témoigne. Par contre, parmi les constructeurs américains, seul General Motors était représenté. Pourtant, de nombreuses petites entreprises américaines travaillent sur cette technique et certaines ont déjà entrepris une production de petites séries. Il est difficile d'estimer l'effort japonais.

— En Europe, les producteurs et distributeurs d'électricité semblent avoir un rôle moteur dans les efforts engagés ;

— Le soutien des Pouvoirs publics à la promotion du véhicule électrique existe plus ou moins directement dans tous les pays.

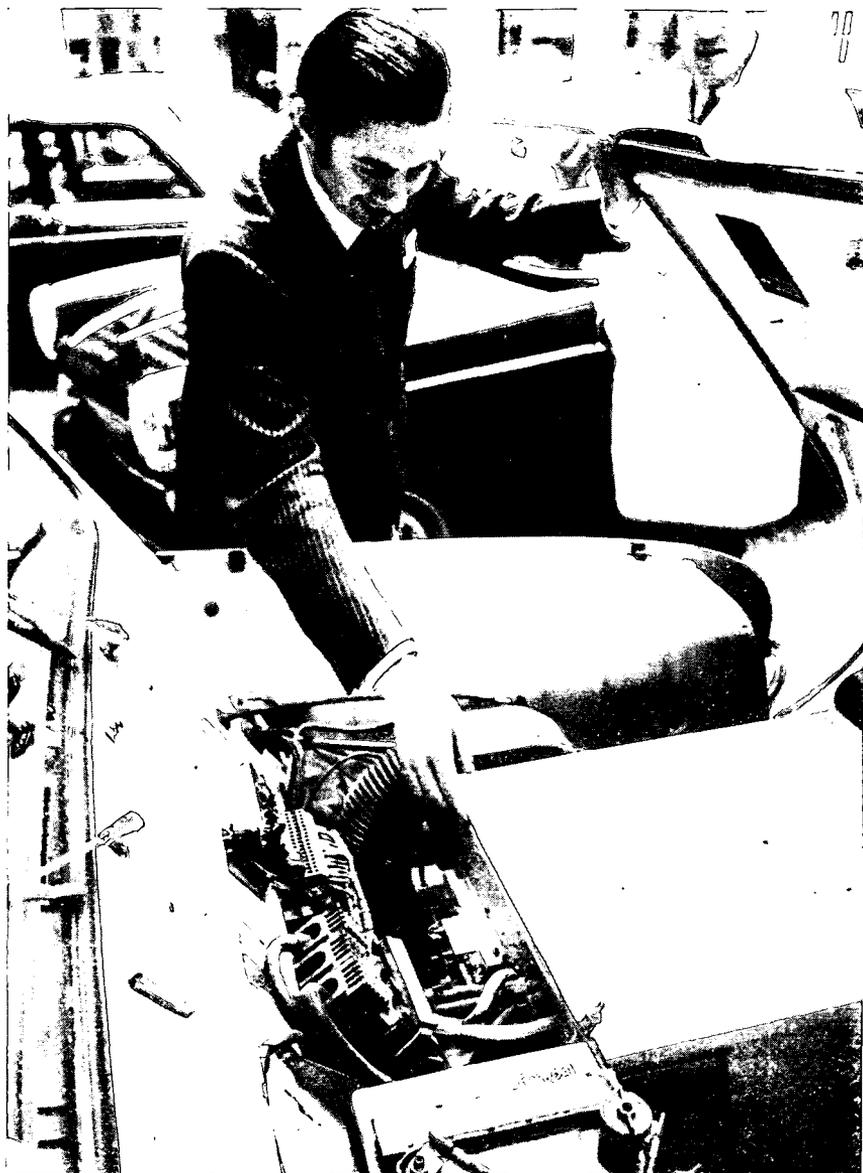
ANNEXE IV

BIBLIOGRAPHIE

- (1) L'Electricité, DARY, 1896.
- (2) La voiture électrique, Jean MEZERETTE.
- (3) L'histoire d'un record sur voiture électrique, Europe-Auto, avril 1967.
- (4) Experimental Electric Vehicles, K. H. KOCH, D. B. EAMES (Ford Motor Company). Proc. of the first inter. Electric Vehicles Symparim, nov. 5-7 (1969). Phoenix Arizona.
- (5) Les accumulateurs au plomb : historique et perspectives, François de LAAGE de MENX, Arts et Manufactures n° 169, novembre 1966.
- (6) Sources d'énergie électrique autonomes, François de LAAGE de MENX, Sciences et Techniques n° 15, mai-juin 1969.
- (7) Connaissance de la traction électrique, G. GORY, Collection Autovolt, éd. SEMIS, 1971.
- (8) Principes, technologie, applications des piles à combustible, Y. BRELLE, O. BLOCH, P. DEGOBERT, M. PRIGENT, Institut Français du Pétrole, Ed. Technip.
- (9) Véhicules électriques, Note E.D.F., janv. 1972.
- (10) Où en est le véhicule électrique ? Cahiers de l'I.A.U.R.P. n° 27, mai 1972.
- (11) Over view of hybrid vehicles, Charles ROSEN, Petro-Electric Motors Ltd, nov. 1971.
- (12) Final report hybrid heat engine-electric systems study, U.S. Environmental Protection Agency, juin 1971.
- (13) Prospects for Electric Vehicles, Arthur D. LITTLE, « A study of low pollution potential vehicles electric », U.S. Department of Health, Education and Welfare, oct. 1969.
- (14) Journées d'Arc et Senans des 8 et 9 février 1973, « Le véhicule électrique - Promesse ou réalité », présidées par Louis SAULGEOT, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Président du Groupe de Travail interministériel sur les véhicules électriques.
 - L'état d'avancement de la technique, rapporteur : Maurice MAGNIEN, Directeur des Etudes et Recherches à l'Electricité de France.
 - L'insertion du véhicule électrique dans le parc automobile, rapporteur : André LAURE, Préfet, Chef de la Mission de l'Aménagement des Equipements et des Transports, Chef du Service Régional de l'Equipement de la Région Parisienne.
 - L'économie du véhicule électrique - Rapporteur : Albert ROBIN.
- (15) Urbaniser l'automobile, Alain BIEBER, Analyse et Révision, t. XII, 1971.
- (16) The Economic Impact of Electric Vehicles, Bruce C. NETSCHERT, Society of Automotive Engineers, Congress Detroit, Mich., January 11-15, 1971.

- (17) Care and feeding of. 4,000 electric trucks, Battery Council International, 6-8 mai 1970.
- (18) Le véhicule urbain, S.A.E.I., B.C.E.O.M., R.N.U., Renault 1968.
- (19) Du véhicule électrique urbain, Analyse et Prévision, 4-1970, B BOBE.
- (20) Cars for cities (London), Ministry of Transport.
- (21) Prospects for Electric Vehicles, A study of low-pollution-potential vehicles electric, U.S. Department of Health, Education and Welfare, octobre 1969.
- (22) The Automobile and Air Pollution, A Program for Progress Report of the Panel on Electrically Powered Vehicles, U.S. Department of Commerce, octobre 1967.
- (23) Piles à combustible et traction mécanique, Electronique industrielle n° 107 (octobre 1967), B. BROCARD.
- (24) Première approche sur le véhicule urbain, I.A.U.R.P., mai 1970, J.-R. FRADIN.
- (25) Piles à combustibles pour la circulation routière, Automobil Industrie (février 1970), K.-J. EULER.
- (26) L'Accumulateur Zinc-Air et la traction électrique. Auto-Volt n° 376 (mars 1967), G. GORY.
- (27) Les générateurs hybrides, Auto-Volt n° 389 (avril 1968), G. GORY.
- (28) Tomorrow's town transport, The advantages of electric traction, The National Society of Clean Air, London, 1966, A. N. IRENS.
- (29) L'automobile électrique, Entropie n° 12, nov.-déc. 1966, J. CAZENEUVE.
- (30) Electric cars, Where are they going ? Automobil International, juin 1968, J. STEELE.
- (31) Situation actuelle des véhicules électriques et de leurs générateurs, Ingénieur de l'Automobile, janvier 1971, J. BENEZECH.
- (32) The electric car, How soon ? Automobile World, septembre 1968.
- (33) Progrès dans les véhicules électriques, Automotive Design Engineering (London), décembre 1968.
- (34) Battelle institute, Electric town-car, octobre 1964.
- (35) Véhicules électriques et circulation urbaine, C.N.A.T., Paris, mai 1966, M. CORNIERE.
- (36) La conduite de la « Still Electronique », Auto-Volt, mai 1970, G. GORY.
- (37) L'Electrovan de l'Electrovair, Auto-Volt n° 373, décembre 1966, G. GORY.
- (38) Le problème des transports électriques, Document Austin Crompton, Parkingen Electric Vehicles Ltd.
- (39) L'Electrobus Daimler-Benz, Auto-Volt n° 407, octobre 1969, C. WHIN.
- (40) Un autobus urbain M.A.N., Auto-Volt n° 413, avril 1970, C. WHIN.

V - Annexe photographique



Depuis plusieurs années, les responsables de la protection de la nature et de l'environnement ont porté une attention très scuteneue au véhicule électrique. Notamment, M. Robert Poujade qui fut Ministre de la Protection de la nature et de l'environnement de janvier 1971 à mars 1974 s'est intéressé personnellement aux progrès de cette technique. Ainsi, sur cette photo, le Ministre examinait une des voitures R. 4 électrique construite par E.D.F.

© KAREL — Le Point



Le 27 janvier 1972, à l'occasion de la réunion du comité interministériel d'action pour la nature et l'environnement, les véhicules électriques existants alors en France étaient rassemblés place de la Concorde à Paris, devant les locaux du Ministère chargé de l'environnement.

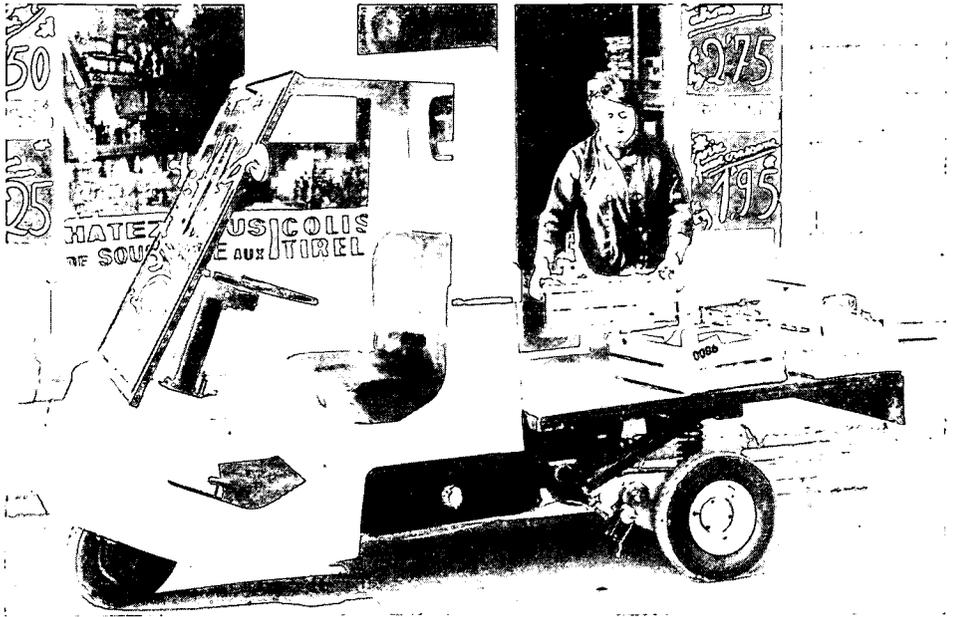
Photothèque E.D.F. — Pierre BERENGER

Les journées d'Arc et Senans (FRANCE) des 8 et 9 février 1973 ont permis de réunir les spécialistes internationaux et de faire manœuvrer « sur le terrain » un certain nombre de modèles de véhicules électriques français (ci-contre, haut et bas).

Photothèque E.D.F. — François BIBAL

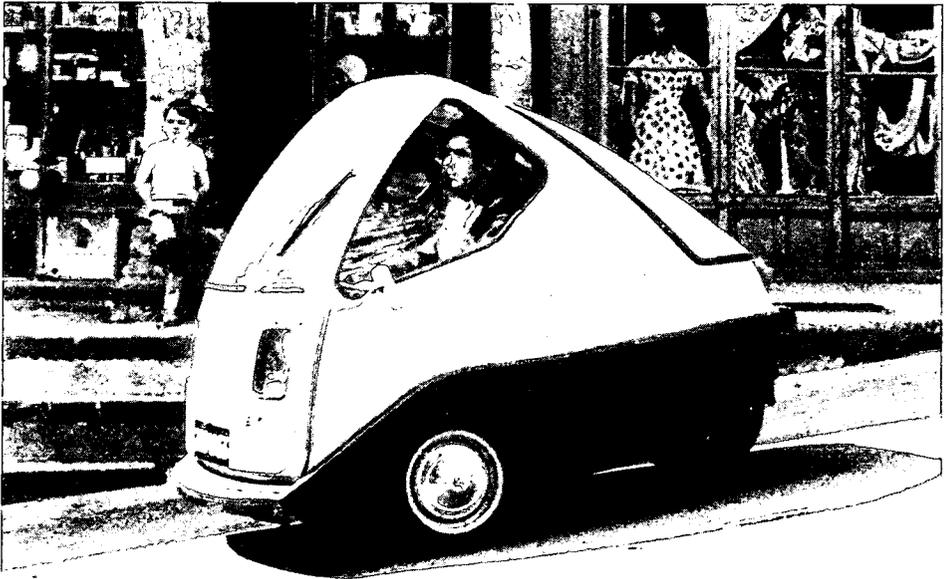






Le COB (Coursiers Urbains) est une solution très intéressante pour résoudre les problèmes de petites livraisons urbaines. Actuellement en cours de commercialisation, son prix de vente semble relativement raisonnable. Autonomie : 60 à 80 km, vitesse : 50 km/h, charge utile : 250 kg.

Photothèque E.D.F. — François BIBAL



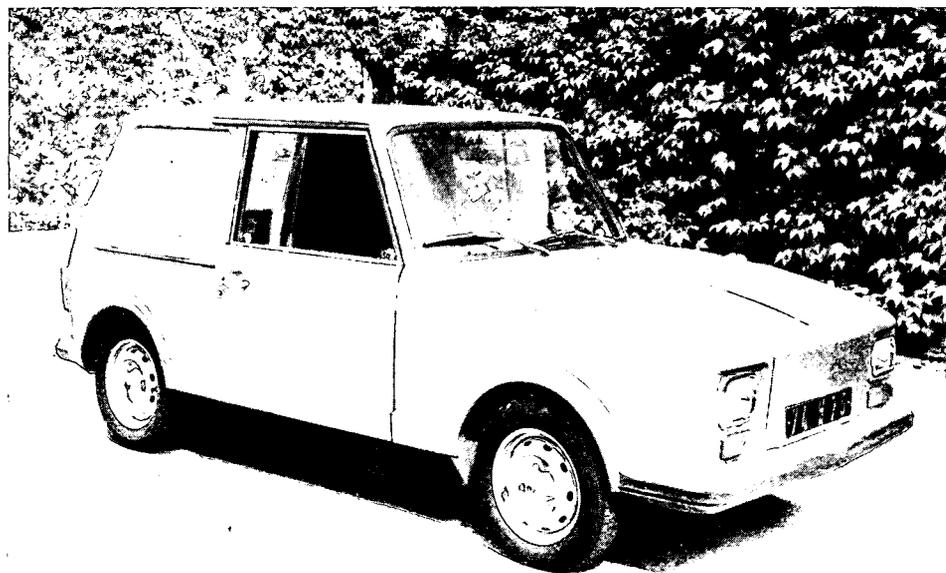
La Citadine (Coursiers Urbains) est une solution apportée aux problèmes d'encombrement dans les villes.

Photothèque E.D.F. — Gilles EHRMANN



Le prototype de voiture urbaine de BERTIN dispose de caractéristiques intéressantes. Ses essais sont en voie d'achèvement au centre des Renardières (E.D.F.).

Photo Société BERTIN

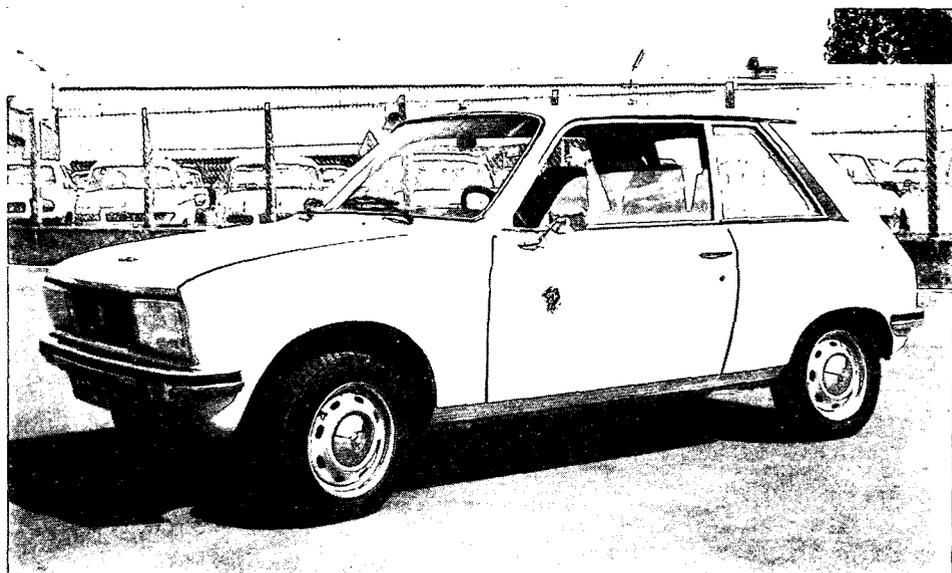


Le prototype C.G.E. conçu spécialement pour la traction électrique est un véhicule très performant. Il est actuellement en essai aux Renardières (E.D.F.). Malheureusement, son prix de revient semble très élevé.

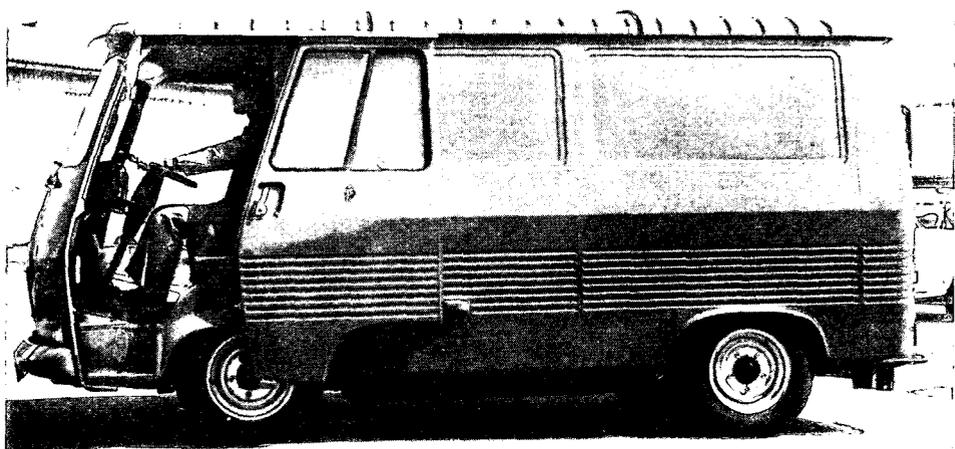


La R. 5 électrique, très séduisante, équipera certaines unités de l'E.D.F. Construite par la Régie RENAULT, elle témoigne de l'intérêt que porte désormais ce constructeur à la traction électrique.

Photothèque E.D.F. — François BIBAL



Ce coupé 104 électrique a été réalisé par la société PEUGEOT en vue d'étudier les problèmes liés à l'électrification de petits véhicules urbains.



PEUGEOT a électrifié 3 camionnettes J.7. Cette camionnette offre des performances qui lui permettent de s'intégrer à la circulation en milieu urbain.



Le Minibus 3.T (50 places) a été construit à 6 exemplaires qui sont en exploitation dans certaines villes de France et notamment 3 villes nouvelles de la région parisienne. Les résultats de cette expérimentation devrait conduire la Société SOVEL à proposer, dans quelques temps, un minibus spécialement conçu pour une utilisation en centre ville (confort, plancher bas...).

Photothèque E.D.F. — François BIBAL

Liste des ouvrages de la collection « Environnement » :

- 1) Répertoire de l'environnement : Associations et organisations (épuisé).
- 2) Automobiles et nuisances — Pour un programme d'action (2^e éd. F augmentée d'un chapitre sur le bruit).
- 3) Sauvegarde et mise en valeur du milieu naturel et urbain. I : La lutte contre les nuisances.
- 4) La politique française de l'environnement : rapport d'activité 1971 du ministère chargé de la protection de la nature et de l'environnement (épuisé).
- 5) Rapports français aux Nations unies pour la conférence de Stockholm (juin 1972) sur l'environnement humain (épuisé).
- 6) Répertoire de films.
- 7) Sauvegarde et mise en valeur du milieu naturel et urbain. II : Mesures positives de protection et de mise en valeur.
- 8) Les relations entre le secteur de l'énergie et l'environnement.
- 9) Enseignement et environnement (Colloque international d'Aix-en-Provence : 16-21 octobre 1972) (épuisé).
- 10) Le développement de l'action des agences financières de bassin durant le VI^e Plan.
- 11) Protection et aménagement des espaces verts : rapports du C.I.A.N.E. du 20 juillet 1972 et principaux règlements.
- 12) Pour une politique de lutte contre la pollution des mers — Rapport du groupe inter-ministériel d'étude des problèmes de pollution de la mer (G.I.P.M.).
- 13) L'orientation et la mise en œuvre de la politique de l'eau en France.
- 14) Une ville pilote pour la lutte contre les pollutions et les nuisances : la ville nouvelle du Vaudreuil.
- 15) Livre blanc du Bassin Seine-Normandie.
- 16) Inventaire du degré de pollution des eaux superficielles : rivières et canaux + recueil de cartes.
- 17) La pollution de l'air en France : résultats de mesures.
- 18) Rapport d'activités du Conseil de la recherche scientifique sur l'environnement 1972.
- 19) Evaluation de l'environnement - recueil de textes.
- 20) La pollution par le plomb et ses dérivés (Monographies scientifiques).
- 21) Evaluation du coût de la prévention de la pollution atmosphérique.
- 22) La pollution par les oxydes d'azote (Monographies scientifiques).
- 23) La pollution de l'eau en France (Statistiques).
- 24) Les déchets solides.
- 25) Le livre blanc de l'eau en France.
- 26) Guide administratif de la pêche fluviale.
- 27) La pollution par le mercure et ses dérivés (Monographies scientifiques).
- 28) La pollution par les organo-chlorés (Monographies scientifiques).
- 29) Prévention et lutte contre les pollutions et les nuisances des porcheries.
- 30) La lutte contre le gaspillage.
- 31) Dossier statistique-Environnement. Cadre de vie (Tome 1).
- 32) Dossier statistique-Environnement. Cadre et qualité de vie - Comparaisons internationales (Tome 2).

Hors collection : les paramètres de la qualité des eaux.

ACHEVE D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE BIALEC
14-16, av. Général-Leclerc
— 5 4 — N A N C Y —

Dépôt légal n° 5181, 4^e trim. 1974