

## F. - EXPERIMENTATIONS

Entre la recherche et la commercialisation d'un nouveau produit, se situe une phase qui prend généralement la forme d'une expérimentation.

Ce point de passage obligé de l'innovation permet de confirmer la validité et la fiabilité de toute solution nouvelle et d'étudier les aspects économiques.

### L'HISTORIQUE DES EXPERIMENTATIONS EN FRANCE

Les efforts financiers des pouvoirs publics se sont portés tout d'abord sur les nouvelles sources. Les recherches correspondantes n'ayant pas encore réellement abouti, aucune expérimentation officielle n'a été engagée. Quelques essais ont cependant été entrepris par les industriels, pour monter les nouveaux générateurs sur des voitures. C'est le cas, par exemple, de la pile à hydrogène.

L'effort principal dans ce domaine a surtout porté sur des véhicules équipés d'accumulateurs classiques.

On peut rappeler à titre anecdotique que le 1<sup>er</sup> mai 1898, c'est une voiture électrique « La Jamais Contente », bolide d'une tonne en forme de torpille qui battit le record du monde sur le circuit d'Achères, près de Paris, avec une vitesse de pointe de 105,85 km/h.

Par la suite, les qualités énergétiques du pétrole ont creusé un écart très important entre la technologie des véhicules thermiques et celle des véhicules électriques. Pendant plus d'un demi-siècle, le véhicule électrique a été peu à

peu oublié malgré les efforts consentis par certains. La guerre 1940-1945 a redonné une certaine actualité à la traction électrique, vite oubliée dès la libération. Puis, la prise de conscience de la pollution ambiante a conduit à rechercher des solutions aux conséquences d'une consommation effrénée.

Ce n'est qu'en 1969, que la France voit apparaître sur le marché un véhicule électrique de conception nouvelle, réalisé par les frères Jarret. Il s'agit d'un engin à trois roues, piloté au moyen d'un levier remplaçant à la fois volant, frein et accélérateur. Conçu essentiellement pour la desserte d'enceintes couvertes, il permet de transporter deux passagers à la vitesse de 25 à 30 km/h (autonomie : 50 km).

De même, la société Bertin et C<sup>o</sup> lance une étude paramétrique du véhicule électrique, puis réalise un petit véhicule urbain à trois roues — 2 places —, vitesse : 50 km/h (autonomie : 70 à 110 km).

A cette même époque, les constructeurs de matériel électrique et Electricité de France (E.D.F.) commencent à se préoccuper sérieusement du problème.

La Compagnie Générale d'Electricité (C.G.E.) met au point, avec l'Ingénieur Grégoire, un véhicule de petites livraisons spécialement conçu pour la traction électrique, châssis en alliages légers, carrosserie plastique à portes latérales coulissantes, suspension pneumatique par piston et coussin d'air à basse pression (brevet J.-A. Grégoire).

Vitesse :

- en mode économique : 60 km/h,
- en mode rapide : 80 km/h.

Autonomie : 100 km.

Batterie au plomb de 96 volts en bacs polyéthylène et d'un poids de 400 kg.

Moteur : 14,6 kW (20 ch.) à 1 000 t/m.

Electricité de France propose alors un programme de développement portant sur une centaine de véhicules électriques.

Ce programme financé en grande partie par Electricité de France a été soumis au Comité Interministériel d'Action pour la Nature et l'Environnement du 27 janvier 1972 qui accorde un crédit de 1 750 000 F, sous réserve de l'attribution d'un montant équivalent en crédits de recherches et de recherche-développement.

Le Service Régional d'Equipement de la Région Parisienne et la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.) ont accordé chacun une contribution financière de 750 000 F à ce programme.

Les véhicules ont tout d'abord été expérimentés en « champ clos », c'est-à-dire, dans des centres d'Electricité de France où ils ont été exploités et mis au point par des techniciens.

Les premiers résultats d'exploitation ont été assez satisfaisants et ont permis entre autres :

- de préciser les consommations spécifiques à la prise de courant de tels véhicules dans des conditions réelles d'exploitation : 0,45 kWh/km pour un

arrêt tous les 500 m environ et avec un taux de décharge de batterie de 50 %,

- de montrer la nécessité d'améliorer le fonctionnement des auxiliaires : indicateur de charge, alimentation des auxiliaires, relayage de sécurité,
- de faire un choix concernant les composants de la chaîne de traction des futures réalisations de véhicules utilitaires légers.

Une deuxième phase d'expérimentation dite « en champ ouvert » a débuté durant le dernier trimestre 1973. Le principe retenu était alors de mettre les véhicules entre les mains de conducteurs non spécialisés, qu'ils appartiennent aux municipalités ou même à des entreprises privées.

Certaines expérimentations sont désormais achevées et confirmer les résultats obtenus en champ clos :

- **Villes nouvelles** : 20 véhicules ont été essayés pendant 6 mois jusqu'en mai 1974, 34 000 km ont été parcourus au total. La consommation moyenne enregistrée est de 0,5 kWh/km.
- **Dijon** : 10 véhicules ont été testés pendant le premier semestre 1974, 18 000 km ont été parcourus. La consommation moyenne est de 0,49 kWh/km.
- **Lyon** : 10 véhicules sont actuellement en cours d'expérimentation depuis trois mois et demi. La distance parcourue par l'ensemble de ces véhicules est déjà de 18 000 km et la consommation moyenne enregistrée est de 0,4 kWh/km. Cette consommation relativement plus faible que dans les autres villes citées ci-dessus peut s'expliquer par une utilisation plus intensive des véhicules.

En conclusion provisoire, Electricité de France estime que l'expérimentation en champ ouvert a bénéficié de l'expérimentation en champ clos, notamment au niveau de la mise au point des auxiliaires. Par ailleurs, le nombre d'incidents va en décroissant régulièrement depuis le début de l'expérimentation.

L'ensemble de ce programme a été suivi et coordonné par le groupe de travail interministériel sur les véhicules électriques créé pour la circonstance.

Par ailleurs, un accord a été signé entre E.D.F. et Trégie (groupement d'intérêt économique constitué par Renault, Saviem et Seri). Cet accord a fixé trois orientations principales au programme de travaux :

- recherches pour l'amélioration des composants de la chaîne de traction,
- conception, réalisation et expérimentation de prototypes,
- traction électrique des systèmes de transports en milieu urbain.

Les créneaux sur lesquels devrait porter l'effort d'Electricité de France et de Trégie sont les suivants :

- autobus de 20 à 100 places et véhicules urbains lourds,
- camionnettes de livraison urbaine et minibus de 6 à 20 places,
- véhicules urbains de service et de petites livraisons ou privés.

Dans ce cadre, la construction de 10 R 5 électriques a été terminée. Une pré-série d'une cinquantaine de R 5 destinées à une utilisation par les services d'Electricité de France est actuellement à l'étude.

En outre, le Ministère chargé de l'Environnement a accordé à Trégie une subvention de 500 000 F pour la réalisation expérimentale de deux « Estafettes » électriques, l'une pour le transport de personnes (microbus), l'autre pour le transport de marchandises. Ces deux prototypes qui devraient être construits en avril 1975 seront testés pendant l'été suivant et la faisabilité d'une réalisation industrielle sera étudiée.

D'autres constructeurs ont réalisé et mis sur le marché de petits véhicules électriques, on peut citer notamment :

- la société « La Voiture Electronique » qui propose le « Cob » véhicule de livraison qui doit être commercialisé courant 1975,  
charge utile : 200 kg (+ chauffeur),  
vitesse maximale : 50 km/h,  
autonomie : 50 km,
- la société Teilhol qui propose et construit à 200 exemplaires, d'ici à la fin 1974, la « Citadine » petit véhicule 2 places à trois roues,  
vitesse : 50 km/h,  
autonomie : 60 km/h,
- les établissements Cèdre construisent un petit véhicule à trois roues,  
1 place + 50 kg de bagages ou 2 enfants de moins de huit ans.
  - o en 3 modèles :

vitesse	:	18 km/h	25 km/h	45 km/h
autonomies	:	35 km	45 km	40 km.

En outre, Citroën a lancé, depuis quelques années, des études importantes dans le domaine des véhicules électriques. Cependant, à ce jour, aucune expérimentation officielle n'a été annoncée.

Un autre grand de l'automobile en France, Peugeot, a présenté en juin 1974 les résultats de ses travaux. Il s'agit de camionnettes électriques de type J7 qui ont des performances leur permettant de s'insérer dans le trafic.

Vitesse maximum : 80 km/h.

Aptitude en côte : 20% à 25 km/h.

400 m départ arrêté : 25 secondes.

1 000 m départ arrêté : 55 secondes.

Autonomie en ville : 60 km.

Charges utile : 900 kg.

Peugeot a aussi transformé un coupé 104 en véhicule électrique.

En outre, ce constructeur a construit et expérimente actuellement un véhicule hybride.

Aucun projet de commercialisation n'apparaît cependant chez ce constructeur.

Il n'est pas possible de parler expérimentation et réalisation de véhicules électriques sans accorder une place importante aux travaux entrepris par la société Sovel.

Les bennes à ordures électriques Sovel sont en service en grand nombre à Paris. Cependant, elles passent souvent inaperçues car, contrairement à la plupart des matériels de voirie, elles sont silencieuses et n'attirent pas l'attention. Après avoir amené les particuliers à s'équiper de poubelles en matière plastique, dans le but de réduire le niveau sonore du ramassage des ordures, il paraîtrait opportun que les municipalités, qui effectuent le travail de ramassage tôt le matin, envisagent d'équiper leur service avec des bennes électriques.

On peut mentionner néanmoins une évolution dans la prise de conscience par les municipalités puisque les ventes de bennes ont doublé en 1974 par rapport à 1973. Les dernières villes ayant acquis ces véhicules sont Paris (5 bennes), Besançon (4), Boulogne-Billancourt et Rouen (3), Roanne (2), Tours et le Havre (1). De même, à l'étranger, Barcelone et Bruxelles en ont acquis chacune 3 exemplaires et offrent un marché d'une importance exceptionnelle.

Dans le domaine des transports en commun, le minibus Sovel a été essayé, courant 1973, dans les villes de Carhaix, Clermont-Ferrand et Evry. Ce minibus semble avoir donné satisfaction aux usagers, qui en appréciaient le silence, à l'exploitant en raison de l'entretien très réduit qu'il nécessite et de son faible coût d'exploitation, aux conducteurs enfin, qui ont aimé la facilité de conduite et la souplesse du véhicule.

A la suite de cette expérimentation, une deuxième génération a été présentée par le constructeur. Ce minibus, spécialement aménagé pour le transport en commun dans les villes, a été acheté à six exemplaires par Electricité de France qui les équipe progressivement de chaînes de récupération d'énergie au freinage.

Ces minibus sont actuellement en service dans les villes nouvelles de la Région Parisienne ou dans d'autres villes « anciennes » et sont intégrés aux réseaux classiques de transports : à Evry, Saint-Quentin-en-Yvelines, Marne-la-Vallée, Dijon, Lyon...

Les caractéristiques de ces minibus sont les suivantes :

- capacité : 20 passagers assis (50 passagers au total),
- poids total en charge : 13,4 t,
- pente minimum admissible : 14 %,
- vitesse maximum : 60 km/h,
- autonomie mesurée au cours des expérimentations de Saint-Quentin et d'Evry : 80 à 100 km,
- consommation moyenne lors de ces expérimentations :
  - à Saint-Quentin : 1,6 kWh/km,
  - à Evry où le minibus doit franchir une côte sévère : 2,2 kWh/km.

Ces expérimentations, malgré quelques défauts de jeunesse concernant les parties classiques (freinage, par exemple) ou spécifiques de la traction électrique (chargeurs, ventilation des batteries...) semblent ainsi être concluantes en ce qui concerne la validité de la solution électrique dans le transport en commun urbain. Des conclusions identiques ont été obtenues dans la plupart des pays étrangers s'intéressant au problème et plus particulièrement en Angleterre et aux U.S.A. où la société Otis a commercialisé son « électrobus » avec un succès tel qu'il lui faut doubler et même tripler ses chaînes montage. L'Allemagne semble encore plus dynamique puisque, près de Düsseldorf, à Mönchengladbach,

une ligne complète est équipée de vingt autobus électriques Man depuis le 15 octobre 1974. Un autre constructeur français s'est aussi intéressé à l'autobus à traction électrique : Alsthom travaillant avec, la R.A.T.P. a expérimenté des prototypes et se propose de poursuivre ses efforts dans ce domaine.

## LES ACTIONS A ENGAGER

Le public limite souvent le concept du véhicule électrique à la voiture particulière équipée d'une traction spécifiquement électrique. En fait, cette perception est très partielle. Elle ne tient compte ni des véhicules utilitaires, ni des véhicules hybrides, ni de créneaux plus ou moins marginaux tels la bicyclette ou le bateau...

## LES EXPERIMENTATIONS DE VEHICULES ROUTIERS EQUIPES D'ACCUMULATEURS CLASSIQUES

Pour évaluer la faisabilité technique, la rentabilité économique de chaque type de véhicule, il importe d'en construire quelques exemplaires, de les expérimenter et de chiffrer le coût de leur commercialisation. Les pouvoirs publics sont amenés, dans ce but, à traiter avec les constructeurs automobiles qui font officiellement des efforts dans le domaine de la traction électrique. Les décideurs, au niveau de l'administration, ne peuvent choisir qu'en fonction des informations qui leur parviennent.

C'est pourquoi, les pouvoirs publics ont accueilli favorablement :

- l'accord entre Trégie et E.D.F. durant l'été 1973,
- la prise de participation de Saviem, de Renault, de la Compagnie Electromécanique (C.E.M.) et d'Electricité de France (E.D.F.) dans la société Sovel, ce qui va donner à cette société, qui a acquis au cours des années une compétence technique difficilement discutable parmi les constructeurs automobiles, une assise financière et commerciale,
- la formation de la société Cotravel fondée par la Compagnie Générale d'Electricité (C.G.E.) qui cherche actuellement d'autres partenaires et dont le rôle essentiel est, d'une part de coordonner le développement industriel des principaux composants des véhicules électriques étudiés par les diverses filiales du groupe (E.V.R., S.A.F.T., Tudor, Fulmen) et, d'autre part, d'étudier les infrastructures associées au véhicule électrique (station-service) et les modes d'exploitation des flottes (aspect service).

Les pouvoirs publics s'intéressent aussi aux efforts entrepris par différents industriels. Notamment « la voiture électronique » qui, corrigeant les effets néfastes

d'une politique malheureuse au cours des années passées a réussi, grâce à l'apport de nouveaux actionnaires tels Leroy-Sommer, la Compagnie Générale d'Electricité, Rhône-Progil et Electricité de France, à effectuer une mutation qui pourrait être déterminante pour son avenir. Elle a, en particulier, entamé l'industrialisation du « Cob » en sous-traitant la fabrication de la carrosserie et le montage aux Etablissements Teilhol. « La voiture électronique » a par ailleurs engagé un programme de recherche et d'innovation dans le domaine des chaînes de traction.

Les créneaux que l'on peut, en premier ressort étudier sont (voir ci-après le chapitre sur les créneaux) :

#### a) Le camion

Pour lancer les études des constructeurs sur ce créneau, il semble nécessaire d'engager une action ponctuelle d'incitation dans un secteur bien délimité. On peut par exemple proposer de mettre au point des « tracteurs » électriques pour containers.

Cette solution permet en effet de s'adapter à tous les besoins sans remettre systématiquement en cause les études faites précédemment. La cible choisie pourrait être par exemple le système de transport rail-route qui intéresse un aspect de la politique nationale de lutte contre le gaspillage.

#### b) La benne à ordures

Ce produit est déjà commercialisé et a fourni les preuves de sa validité. Il faut maintenant informer les municipalités de la possibilité qu'elles ont d'agir concrètement dans le sens de l'accroissement de la qualité de la vie. Les pouvoirs publics pourraient demander aux municipalités d'envisager systématiquement à l'avenir la possibilité de renouvellement du parc par des bennes électriques.

#### c) Le minibus

Les efforts entrepris par Sovel et E.D.F. d'une part, Alsthom et la R.A.T.P. d'autre part, ont conduit à démontrer la faisabilité du minibus urbain. Il importe de considérer, désormais, les aspects commerciaux. Or, les villes moyennes semblent intéressées par les transports en commun électriques de 20 places assises (50 places au total). La ville de Besançon a été la première à faire connaître son intention de s'équiper de tels véhicules. D'autres villes sont prêtes à suivre cette initiative. En dehors de Besançon, on peut citer, sans vouloir être exhaustif, l'aménagement de Berre, Albi, Beaune, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Dijon, Evry, Grenoble, Le Havre, Lille, l'Isle d'Abeau, Lyon, Marne-la-Vallée, Marseille, Nancy, Nice, Rouen, Saint-Quentin-en-Yvelines, Tours, Toulouse... La ville de Paris s'intéresse aussi à ce minibus, de même que des villes étrangères comme Bruxelles, Barcelone, Zermatt...

Il faut définir, avec tous les intéressés, et notamment les municipalités et les sociétés d'exploitation, un minibus qui soit accepté par tous. En outre, le coût unitaire du véhicule peut être notablement réduit en accroissant le volume de la commande initiale. Il importe donc d'impliquer, dès le début des études, les municipalités intéressées pour créer ce marché initial qui pourrait être ainsi d'une centaine de véhicules. La création d'un groupe structuré d'une vingtaine

de villes pilotes, telle que proposée par le Ministère de la Qualité de la Vie est, dans cet esprit, une opération éminemment souhaitable et devrait être réalisée le plus rapidement possible.

En parallèle, il est souhaitable de connaître les propositions des deux constructeurs en présence. Déjà la société Sovel, après que son capital ait été redistribué, a proposé un programme d'expérimentation d'un minibus de « troisième génération » conduisant, après deux ans, à la construction en série du véhicule. Les dix premiers minibus qui, grâce à ce programme, seraient alors construits, coûteraient environ 50 % de plus que le matériel semblable classique. Cependant on peut estimer que le fait de commander 100 autobus au lieu de 10 permettrait de réduire le coût d'achat unitaire de 20 %.

Alsthom qui envisage déjà la phase suivante avec générateur zinc-air pourrait de son côté, avant la fin de l'année, déposer une proposition d'un minibus équipé provisoirement de batteries classiques au plomb.

Dès que cette première opération sera engagée, il faudra préparer l'étude, la mise au point et l'expérimentation d'un second type d'autobus d'environ 40 places assises (au total 100 places) disposant d'une autonomie supérieure. Les deux sociétés en présence devraient, dès à présent, engager les études préalables et des dossiers d'offre devraient être déposés pour la fin de 1975.

#### d) Le véhicule de livraison

Une subvention a été accordée à Trégie pour étudier la réalisation et la commercialisation d'un véhicule utilitaire de 700 kg de charge utile. Ce groupement d'intérêt économique semble convaincu de l'intérêt de l'étude et désireux d'aller le plus loin possible. De son côté, Peugeot, bien qu'il ne désire pas engager la commercialisation, a fait quelques études sur un véhicule de charge utile de 900 kg. Ces efforts seront vains si aucune société n'accepte de prendre le risque de s'équiper en véhicules de ce type. En la matière, les pouvoirs publics auront à donner l'exemple. Il ne sert à rien de financer des études si la réalisation est impossible, en raison d'un manque de marché préalable. La commande par les pouvoirs publics d'une quantité raisonnable de véhicules aurait un caractère de label pour le secteur privé.

Une part appréciable du parc urbain de véhicules routiers légers du Secrétariat d'Etat des Postes et Télécommunications pourrait être à traction électrique. Ce serait la contribution de cette administration au développement du véhicule électrique. Des organismes nationalisés tels que E.D.F., la S.N.C.F., pourraient, pour certains usages spécifiques, recevoir un équipement semblable. Il n'est pas douteux qu'une telle détermination des pouvoirs publics conforterait certaines intentions d'achat des entreprises privées. L'ensemble de ce raisonnement peut être tenu pour le véhicule utilitaire de faible charge utile (environ 200 kg). La société « La Voiture Electronique » propose un matériel de ce type, le « Cob » et le commercialisera durant le premier semestre de 1975. Le prix de vente retenu, soit 13 000 F H.T., le rend compétitif avec les autres matériels auxquels il peut être substitué (R 4 et surtout triporteur de type scooter).

En effet, d'après les premières estimations, le coût d'exploitation incluant les charges d'exploitation et les amortissements n'est alors que de 50 centimes par kilomètres, alors que les triporteurs thermiques correspondants entraînent des coûts d'exploitation nettement supérieurs. Le « Cob » est actuellement expé-

rimenté par les P.T.T., E.D.F. et l'Aéroport de Paris. Les essais n'ont pas fait apparaître, à ce jour, de mauvaises surprises. Il est donc possible d'envisager une très large utilisation de ce véhicule par les P.T.T., ainsi que par l'ensemble des ministères et des services nationalisés.

e) Le taxi électrique est probablement, parmi les véhicules destinés au transport d'un petit nombre de passagers, celui qui correspond le mieux aux connaissances technologiques dont on dispose à moyen terme dans le domaine de la traction électrique. En effet, exploités sous forme de flottes, les taxis disposent d'une organisation de maintenance, d'entretien et d'exploitation minimisant les problèmes dus à l'apparition d'une nouvelle technique. Cependant, les performances qui sont nécessaires à de tels véhicules nécessitent une source d'énergie de caractéristique supérieure aux batteries classiques au plomb. Le générateur zinc-air à circulation ou l'accumulateur nickel-zinc pourraient convenir à ce type de véhicule. Il semble donc opportun d'envisager que les premières expérimentations de ces sources auront lieu dans ce créneau de véhicule.

Le Ministère de l'Équipement avait envisagé, au début de 1974, de subventionner la réalisation de taxis collectifs. Cette idée pourrait être reprise dès que des sources plus puissantes et plus énergétiques aborderont la phase de diffusion.

#### f) Le véhicule de transport particulier en libre service

Une des solutions préconisées par les chercheurs pour résoudre le problème de l'encombrement des villes est la voiture en libre service. Le véhicule électrique se prête particulièrement bien à ce genre de fonction en raison de sa solidité, de sa facilité de conduite, du peu d'entretien qu'il nécessite.

Quelques expériences ont déjà été tentées dans ce domaine. Montpellier, en France, a été le siège d'une initiative originale qui n'a pas pu malheureusement avoir de suite. Actuellement, à Amsterdam une initiative semblable, le « Witkar », démarre. Le système évite nombre des inconvénients relevés à Montpellier. Cependant, le manque de moyens initiaux a conduit les promoteurs de l'entreprise à s'équiper très modestement au départ, ce qui peut être une cause de difficultés. L'intérêt suscité par cette expérience est cependant très grand et la société anglaise Chloride, qui produit des accumulateurs, est partie prenante dans l'opération, ce qui en garantit le sérieux.

Ce problème doit être réétudié à l'avenir dans une ville moyenne. Cependant, quelques critères essentiels doivent être respectés pour accroître les chances de réussite :

- des véhicules simples et robustes. C'est-à-dire des véhicules électriques ayant subi une expérimentation de longue durée qui garantisse une excellente fiabilité. Les performances nécessaires étant relativement faibles, la conception de base peut être, par exemple, celle du Cob si ce véhicule jouit d'une grande diffusion préalable ;
- une structure des déplacements dans la ville qui permette de prendre en compte un coefficient de foisonnement acceptable ;
- un investissement de départ assez important qui permette d'équiper en une fois l'ensemble du système.

Les études préalables pourraient être lancées dès maintenant. Les premières étapes de la réalisation ne peuvent pas être abordées avant 1977.

g) Le véhicule particulier ne semble pas devoir être promu, tout au moins dans la conception actuelle. En effet, la source d'énergie aujourd'hui disponible est notoirement insuffisante pour les besoins des particuliers. Par ailleurs, les contraintes d'entretien, de maintenance et de contrôle sont des suggestions trop importantes. Confier des véhicules électriques à des particuliers accentue dans des proportions énormes le risque de contre-performance qui desservirait à long terme la cause du véhicule électrique. Il faut remarquer, en outre, qu'il est prudent d'attendre les résultats de l'enquête menée par l'Institut de Recherche des Transports avant de lancer la fabrication d'une voiture particulière.

## LES VEHICULES HYBRIDES

Une étude préalable de validité a été engagée en 1974 par les pouvoirs publics. Les expérimentations proposées sont mentionnées dans le paragraphe C.

## L'ELECTROCYCLE

Les performances réduites permises par les sources d'énergie actuellement utilisées conviennent parfaitement à la bicyclette motorisée qui, dans la plupart des cas, n'est utilisée que pour des distances très faibles. Les trajets types sont ceux du domicile à la gare la plus proche, ou du domicile au centre commercial voisin. Une autre cible peut être le tourisme. En effet, les différents ministères concernés travaillent actuellement à la création de sites propres au tourisme, donc éloignés de toute circulation automobile. Par exemple, l'équipement de pistes cyclables sur des parcours spéciaux est envisagé. Or, limiter la « clientèle » de tels circuits aux personnes susceptibles de pédaler sur quelques dizaines de kilomètres semble conduire à une ségrégation qui serait abolie en cas d'acceptation d'électrocycles sur ces circuits.

L'Allemagne, l'Angleterre et les U.S.A. ont d'ailleurs perçu avant la France ce marché potentiel. La production de 10 000 électrocycles par an est espérée par la société allemande Solo et la société « Aurenthetic Corporation » déclare produire ce nombre d'appareils en six mois.

## LE BATEAU ELECTRIQUE

La source d'énergie utilisée actuellement, c'est-à-dire la batterie au plomb convient, dès que la puissance débitée est pratiquement constante. L'ensemble de commande et le moteur de traction dans des conditions d'utilisation aussi favorables peuvent être alors optimisés.

Le bateau électrique correspond à ces caractéristiques : vitesse constante pendant des heures, absence de caractéristiques d'accélération pénalisante, possibilité de transporter des batteries de poids très important sans pour autant pénaliser fortement les caractéristiques de vitesse de pointe, par exemple.

Le tourisme fluvial, s'il est appelé, aux dires des experts, à un avenir commercial, n'est pas encore très prisé par le public en raison d'un manque d'intérêt naturel et du prix élevé des locations. Notons cependant que les collectivités envisagent de plus en plus sérieusement d'interdire le bateau à moteur sur les réserves d'eau. C'est ce qui vient d'être décidé sur le lac d'Aiguebellette. Beaucoup d'autres exploitants attendent avec impatience la sortie du produit électrique pour faire de même.

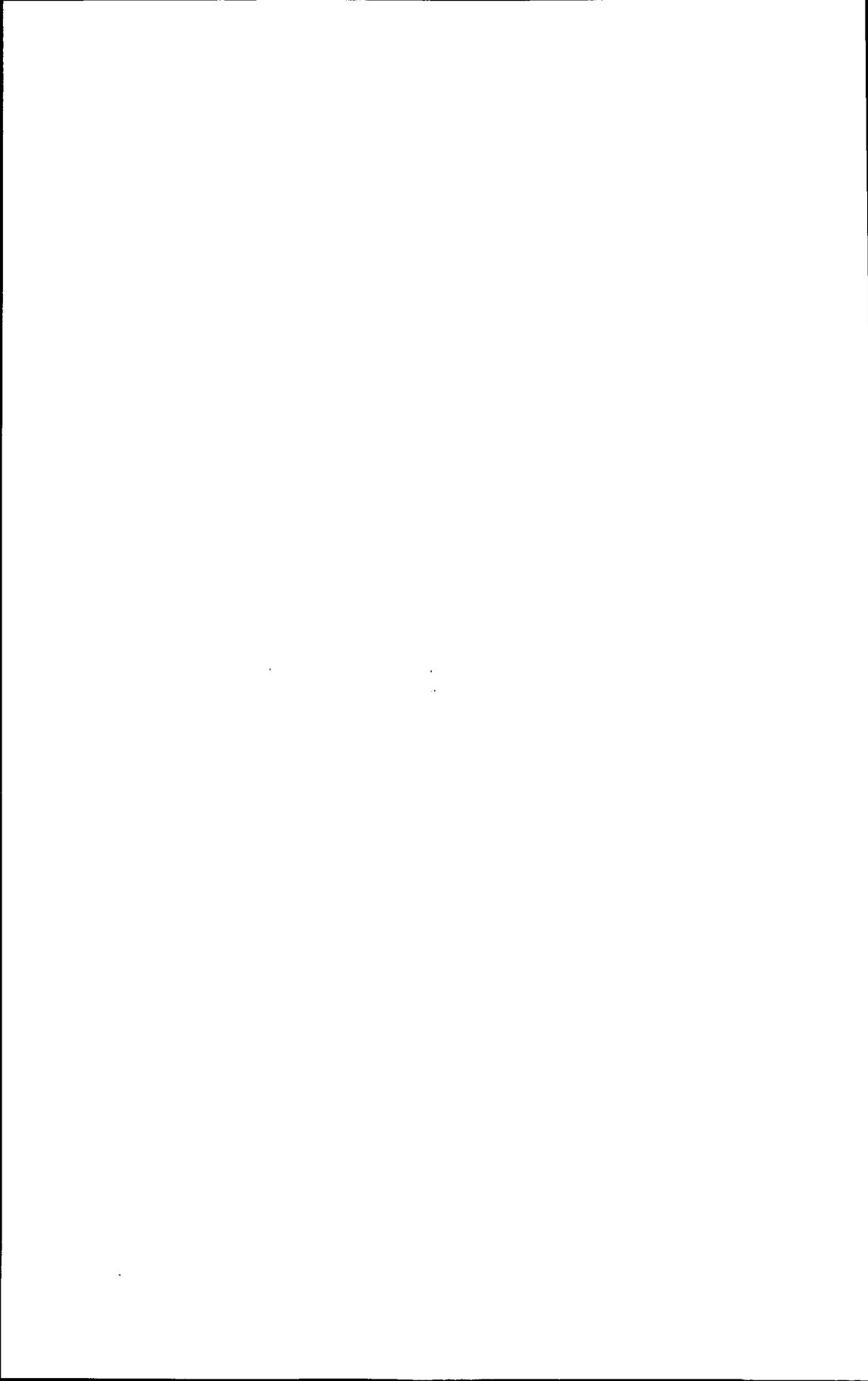
Le bateau électrique serait un pôle supplémentaire d'attraction touristique : le silence de la traction est une amélioration notable par rapport au bruit très incommodant des actuels « hors-bord ».

Pour promouvoir la commercialisation du véhicule électrique, certaines expérimentations préalables doivent être lancées. Il serait tout particulièrement utile de :

- créer un groupe d'une vingtaine de villes favorables à ce véhicule et disposées à contribuer à sa naissance en participant à sa conception et en lui assurant un marché initial de 100 véhicules minimum. L'organisation en serait confiée au Secrétariat d'Etat aux Transports ;
- lancer, dès le début de 1975, un programme d'une durée maximum de deux ans étudiant et expérimentant un minibus urbain dont le confort sera particulièrement attractif. Les sociétés Sovel et Alsthom pourraient être consultées. On peut estimer à 3 millions de francs l'ensemble de ces travaux ;
- réaliser pour la fin de 1975, les études préalables d'un autobus électrique d'une quarantaine de places assises (au total 100 places) ;
- favoriser la promotion des bennes à ordures électriques en faisant parvenir à toutes les municipalités une recommandation leur demandant de prendre en compte, au moment du renouvellement de leurs véhicules de collecte d'ordure, la possibilité d'acquérir des bennes électriques ;
- assurer un marché initial d'un millier de véhicules moyens porteurs et d'un millier de véhicules petits porteurs. Les flottes des administrations, des services publics et para-publics pourraient être constituées de tels véhicules et serviraient ainsi d'exemple ;
- préparer une nouvelle expérience de voitures banalisées. Les études qui peuvent être évaluées à 600 000 F sur trois ans permettront de choisir la ville et d'estimer l'investissement initial nécessaire ;
- promouvoir les études préliminaires de faisabilité d'un module de traction de containers sur roues. Le coût de ces études est estimé à 100 000 F en un an ;
- aider l'industrialisation de l'électrocycle. Un montant de 600 000 F est à prévoir pour les études et l'expérimentation des prototypes ;
- aider l'industrialisation de bateaux électriques. L'opération que l'on peut chiffrer à 600 000 F s'étalerait sur deux ans.

chapitre 3

## **ASPECTS LOGISTIQUES**



## A. - PRODUCTION

La fabrication en séries notables de véhicules électriques amènerait à remplacer la fabrication de moteurs thermiques et de boîtes de vitesses mécaniques, avec leurs accessoires (radiateurs, démarreurs, alternateurs, embrayages par exemple), par celle de générateurs électrochimiques et de moteurs électriques, avec leurs accessoires (commandes électroniques, chargeurs, etc.) ; ce qui revient à substituer le secteur électrotechnique au secteur mécanique.

Il est évident qu'un tel transfert ne saurait se faire que progressivement et qu'il aura des répercussions sur le marché des matières premières, le savoir faire des entreprises et de leur main-d'œuvre, et sur la structure industrielle même.

## MODIFICATION DU MARCHÉ DES MATIÈRES PREMIÈRES

Les prix pratiqués en France dépendent d'une conjoncture internationale fluctuante et d'un marché intérieur qui ignore pour le moment le véhicule électrique.

Une mutation rapide de la demande des véhicules thermiques vers des véhicules électriques ferait apparaître certains problèmes de matières premières, soit en ce qui concerne l'approvisionnement, soit en ce qui concerne les prix. Une étude complète des besoins probables en fonction des ressources disponibles pourrait fournir des indications utiles. Une telle évaluation est à engager. Les matières premières nécessaires les plus importantes en tonnage sont le cuivre, le plomb, le nickel, le zinc, certaines matières plastiques...

Les filières à préconiser devraient être retenues en fonction de la disponibilité des matières premières. Actuellement, et sous réserve d'études plus poussées, il ne semble pas qu'il faille craindre des pénuries de zinc, de nickel et de plomb.

## LE SAVOIR-FAIRE ET LA MAIN-D'ŒUVRE

Au début de la campagne menée en France par Electricité de France pour vulgariser l'idée du véhicule électrique, les constructeurs automobiles ont pensé que la technologie des moteurs électriques leur était plus accessible que celle des générateurs électrochimiques.

En fait, la technique du moteur électrique de traction automobile est loin d'être figée ; c'est même un des domaines où un gros effort de développement est nécessaire (voir chapitre 2.B. sur les moteurs et les commandes).

Par contre, certains générateurs électrochimiques font appel à des technologies voisines de la galvanoplastie, nécessitent la mise en œuvre de matériaux divisés (poudres, feuillards) avec des tolérances faibles, utilisent des accessoires qui sont du domaine de la mécanique de série (ventilateurs et pompes). Tout ceci est bien connu des industriels de l'automobile.

Aujourd'hui, on peut donc aussi bien envisager la construction par l'industrie automobile, même sous licence, de générateurs que de moteurs électriques spéciaux. C'est surtout au niveau de l'encadrement et de la maîtrise que risque de se produire une reconversion éventuelle ou un transfert de personnel. En tout état de cause, l'industrie d'équipement qui assure une bonne part de sous-traitance, est plus concernée que la construction automobile proprement dite.

## LES STRUCTURES INDUSTRIELLES

Il n'existe actuellement en France, ni dans le monde, aucun constructeur de véhicules électriques réalisant une série de type automobile (50 000 à 200 000 véhicules par an, soit 250 à 1 000 par jour ouvrable). C'est pourtant pour de telles cadences de fabrication que l'effet de série permet d'abaisser le prix de revient et les marges.

Les petits constructeurs automobiles, pas plus que les industriels de l'électrotechnique, ne sont prêts à court terme à fabriquer des moteurs de traction adaptés. Si les premiers ont temporairement une place dans le montage de petites séries de véhicules spécialisés, il est douteux qu'à terme, ils puissent

concurrencer l'industrie automobile, dès lors que les cadences fixées par l'ouverture du marché deviendront notables. Les seconds peuvent raisonnablement hésiter à investir, pour la même raison.

En pratique, il s'agit de combiner deux « savoir-faire » :

- celui des centres de recherche et bureaux d'études « produits » de l'électrotechnique,
- et celui des services méthodes, prix de revient et fabrication de l'automobile.

Il est évident que le second est primordial.

Cette combinaison, qui sera progressive, peut prendre les formes suivantes :

- l'industrie automobile en voie de diversification se dote de bureaux d'études électrotechniques suffisants et, en ce cas, elle se trouve apte à assumer pratiquement seule, la fabrication de véhicules électriques, quitte à payer des licences sur les générateurs ;
- les industries électrotechnique et automobile apportent leurs savoir-faire respectifs à de nouvelles entités juridiques dont elles deviendraient les sous-traitants de fabrication, vente et après-vente ;
- l'industrie électrotechnique devient constructeur de systèmes propulsifs électriques, et l'industrie automobile se charge du montage de ceux-ci dans des véhicules dérivés de véhicules thermiques, ou nouveaux, mais abandonne, de ce fait, une partie de sa valeur ajoutée de fabrication.

Les deux premières éventualités sont évidemment les plus probables. Il va de soi qu'elles peuvent donner lieu à diverses variantes et évolutions aujourd'hui imprévisibles. Cependant, la structure actuelle des centres de recherches conduit à favoriser la seconde.

La troisième risque de conduire à un gaspillage des compétences et des moyens, et ne peut être soutenue par les pouvoirs publics que dans la mesure où les constructeurs de véhicules se montrent résolument réfractaires au véhicule électrique.

## RECHERCHE DE SOLUTIONS A CARACTERE INTERNATIONAL

La France, par le passé, et encore actuellement, se heurte fréquemment aux problèmes liés à la diffusion de technologies spécifiquement nationales. L'importance du secteur automobile, et l'imbrication européenne des techniques et des marchés rendent illusoirs et dangereuses toutes volontés de mettre au point une technique nouvelle qui ne pourrait être adoptée par nos voisins.

Les efforts des pouvoirs publics doivent donc s'orienter sur des solutions susceptibles d'être admises au-delà des frontières, soit du point de vue des techniques employées, soit du point de vue des procédures d'exploitation. L'essentiel

est de normaliser, au niveau européen tout au moins, un système cohérent d'interfaces.

Ainsi, un accumulateur, quel qu'il soit, nécessitera pour sa recharge une prise de courant, qu'il est possible de normaliser dans l'ensemble des pays européens. Par contre, une normalisation de ce type semble de réalisation plus délicate dans le cas des générateurs type zinc-air ou des piles à combustible.

Ces remarques démontrent l'importance pour les pouvoirs publics de participer ou de provoquer des réunions internationales sur ce sujet.

Les problèmes liés à la production de véhicules électriques doivent être recensés et étudiés. Pour cela, il faut :

- dans le cadre des efforts entrepris actuellement pour établir une comptabilité matière, vérifier les disponibilités internationales et évaluer les quantités des matières premières nécessaires à la fabrication de générateurs et de chaînes de traction selon les différentes techniques employées ;
- étudier, avec les différents niveaux de production du secteur automobile, les mutations que peuvent provoquer la diffusion de la technique du véhicule électrique ;
- favoriser la mise en place de groupements d'intérêt économique regroupant les constructeurs automobiles et l'industrie de l'électrotechnique et de l'électrochimie ;
- provoquer la mise sur pied d'une concertation européenne sur les véhicules électriques destinée à réunir nos connaissances, définir de concert des orientations technologiques et procéder avec efficacité à certaines standardisations essentielles.

## B. - EXPLOITATION

L'exploitation du véhicule électrique suppose l'existence d'une infrastructure permettant les recharges. La réalisation et le développement de cette infrastructure, sa gestion et les transformations qu'elle devra subir par suite de l'évolution des sources d'énergie, posent à la fois des problèmes techniques et des problèmes économiques. Ces derniers sont fondamentaux : la dimension du marché potentiel, le poids des investissements nécessaires et la possibilité d'amortir les infrastructures malgré une évolution technologique probablement rapide, décideront des possibilités de développement du véhicule électrique.

### LES PROBLEMES TECHNIQUES LIES A L'EXPLOITATION

- Les infrastructures à prévoir, selon les filières, sont très différentes.  
L'utilisation des accumulateurs nécessite l'implantation de postes de recharge sur les lieux de stationnement du véhicule. Ces postes de recharge peuvent se limiter à une prise de courant lorsque le chargeur est embarqué.  
La technique du générateur zinc-air à circulation permet deux possibilités, soit la régénération électrique embarquée, soit la vidange et le remplacement du liquide électrolytique usé.  
La pile à combustible hydrogène-air, pour être rechargée, impose une infrastructure de stations polyvalentes distribuant les réservoirs d'hydrogène.
- En l'état actuel de la technique, seul le cas de l'accumulateur doit être étudié. Les performances réduites qu'il autorise conduisent à prévoir l'équi-

pement d'un réseau de postes de recharge ou d'échange plus dense que celui des stations-services. Les opérations de recharge étant en outre plus longues, les postes de recharge devront disposer d'aires de stationnement et de stockage très importantes. Enfin il semble nécessaire, si on veut mettre au point la procédure d'échange rapide, de standardiser les accumulateurs.

## LES PROBLEMES ECONOMIQUES DE L'EXPLOITATION DU VEHICULE ELECTRIQUE

La commercialisation du véhicule électrique est tributaire des deux aspects suivants :

- possibilités de faire, au niveau de l'entreprise, des bilans prévisionnels d'exploitation non défavorables au véhicule électrique,
- existence d'un réseau dense de postes de recharge publics ou de stations d'échange.

En ce qui concerne le premier point, on a remarqué précédemment que le coût réel d'amortissement des accumulateurs est prépondérant (cf. chapitre 2.A.).

Il a déjà été proposé :

- d'orienter les recherches pour aboutir à un accroissement de la durée de garantie des accumulateurs,
- d'organiser des réseaux de distribution beaucoup plus économiques que ceux existant actuellement, en vue de garantir des conditions d'achat de la « seconde monte » voisines de celles offertes aux constructeurs automobiles (cf. chapitre 2.A.).

Une autre solution peut être envisagée : le « leasing » organisé par l'industriel qui produit l'accumulateur. Ce système permettrait à la comptabilité de l'entreprise cliente de ne prendre en compte que des coûts sans aléa. Les modalités financières d'un tel service seraient à étudier en ce qui concerne l'investissement initial du fabricant d'accumulateurs.

Le second point soulignait que l'installation préalable d'une partie importante de ce réseau est indispensable avant d'engager la vente des véhicules électriques à la clientèle qui ne peut disposer de postes de charge privés. L'exploitation des stations sera donc vraisemblablement déficitaire au cours des premières années où il y aura encore peu de véhicules électriques. Mais en raisonnant sur le plan de l'utilité collective et de la rentabilité à long terme, il semble qu'une initiative publique serait nécessaire. Il faudra arbitrer entre le but poursuivi (diminution de la pollution de l'air des villes par exemple) et le coût de l'investissement nécessaire. Pour estimer celui-ci, on peut considérer qu'en zone urbaine il faudrait, au début, une station d'échange des accumulateurs tous les trois kilomètres. Le coût d'équipement peut être estimé à 100 000 F par station (en supposant qu'on équipe des stations-services pétrolières existantes, et qu'aucun

achat de terrain supplémentaire ni aucune construction de local nouveau ne sont nécessaires).

Pour les 200 stations nécessaires dans Paris et la grande banlieue, la dépense initiale serait donc de 20 millions de francs. En outre, il faudrait compléter l'infrastructure initiale au fur et à mesure du développement du véhicule électrique jusqu'à ce que le seuil de rentabilité soit atteint et que l'initiative privée puisse prendre le relais. Une évaluation très grossière du chiffre global pourrait atteindre et dépasser 50 millions de francs pour la région parisienne.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que l'accroissement de la consommation électrique peut conduire l'Electricité de France à accroître son effort d'équipement. Cependant, une étude rapide menée par cette entreprise, et supposant que le véhicule électrique représentait un dixième du parc après 1985, a indiqué que l'énergie consommée en plus serait de l'ordre de 2% de l'énergie électrique totale. Les conséquences seraient donc limitées. Une étude complémentaire doit cependant être engagée, sur ce point particulier comme sur les conséquences plus générales de la diffusion du véhicule électrique. Peu de travaux ont été entrepris à ce jour dans ce sens.

## **ETUDES A MENER POUR LA MISE EN PLACE DE L'INFRASTRUCTURE LIEE A L'UTILISATION DES ACCUMULATEURS**

Il faut noter que l'Electricité de France (E.D.F.) et la Compagnie Générale d'Electricité (C.G.E.) envisagent de lancer une étude concernant les postes de charge : elle permettrait de répondre à de nombreuses questions qui demeurent encore en suspens.

Les problèmes principaux sont les suivants :

### **Coûts d'équipement de places de parking**

Une étude fournit déjà quelques-uns de ces coûts dans le cas des accumulateurs au plomb. Le prix d'équipement, hors taxes, d'une place de parking serait, selon le cas :

- a) Parking privé intérieur (sous un immeuble d'habitation en particulier), avec comptage reporté chez chaque abonné : 1 350 F à 2 150 F.
- b) Parking privé, avec comptage regroupé sur un tableau général : 1 650 F à 1 950 F pour un parking intérieur, 1 950 F à 3 100 F pour un parking extérieur.
- c) Parking public abrité : 2 600 F pour un poste de recharge lente sous 220 V, 5 800 F pour un poste de recharge rapide sous 60 ou 120 V.

d) Chargeur collectif pour 5 véhicules utilitaires de livraison urbaine : 3 350 F par place pour une capacité d'accumulateurs à recharger de 50 Ah, 5 800 F pour 600 Ah.

e) Chargeur individuel pour véhicule utilitaire de livraison urbaine : 4 200 F pour 250 Ah, 10 900 F pour 600 Ah.

f) Borne de charge sur trottoir, pour une installation comportant 4 bornes rapides et 4 bornes lentes : 6 400 F en moyenne par borne.

Il faut noter que ces prix, calculés en 1972, doivent être actualisés.

#### Etude d'un réseau de stations d'échange

Les problèmes les plus importants pourraient être examinés dès maintenant :

- problèmes financiers liés au statut des exploitants,
- densité du réseau en zone urbaine, suburbaine et rurale,
- coûts d'investissement et d'exploitation,
- tarification et facturation.

D'autres problèmes pourraient faire l'objet d'études ultérieures :

- l'espace nécessaire au stockage et à la recharge risque d'être important et peut poser des problèmes pour l'implantation de stations en zone urbaine,
- l'importance de l'investissement à consentir pour les équipements de manutention, les outillages de contrôle et d'entretien... doit être chiffrée.

#### Etude d'un réseau de recharge directe

Les problèmes à étudier sont les suivants :

- problèmes juridiques et administratifs : statut de la société exploitante, possibilités pour les collectivités locales d'exploiter un réseau public (sur trottoir ou en parking), rôle d'E.D.F., etc.,
- densité du réseau en zone urbaine, suburbaine et rurale,
- degré d'automatisme nécessaire,
- coûts d'investissement et d'exploitation,
- tarification et facturation : appareils automatiques (monnaie ou jetons) ou non (définition du personnel nécessaire pour des appareils non automatiques qui devraient être regroupés en station),
- proportion de postes de recharge lente et de postes de recharge rapide,
- proportion de postes individuels et collectifs.

Etude-type d'une station privée de recharge et d'échange pour une flotte déterminée de véhicules (véhicules légers de service, camionnettes de livraison, taxis,

autobus, etc.). Cette étude serait destinée à montrer la rentabilité éventuelle de la solution électrique :

- proportion de véhicules à recharger et de véhicules nécessitant l'échange des batteries, en fonction des distances parcourues quotidiennement,
- proportion de recharges lentes et de recharges rapides en fonction des durées d'arrêt,
- choix entre les postes individuels et les postes collectifs,
- coût d'investissement et d'exploitation et comparaison avec une flotte de véhicules thermiques.

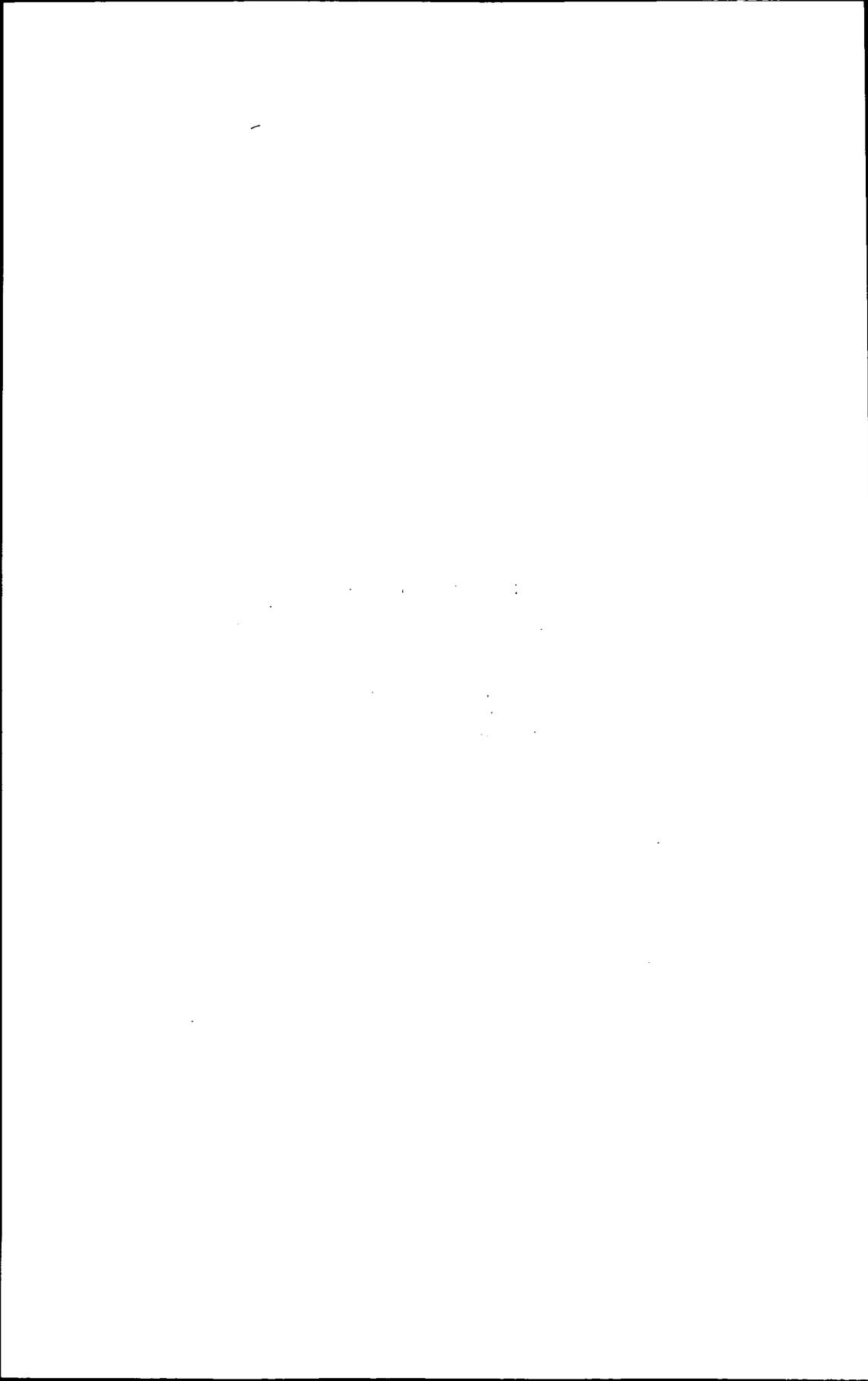
### **ETUDES A MENER POUR LA MISE EN PLACE D'UNE INFRASTRUCTURE LIEE A LA DIFFUSION DE LA TECHNIQUE ZINC-AIR**

Un ensemble d'études semblables à ce qui vient d'être décrit devrait être engagé dans le cas des générateurs zinc-air à circulation. Le problème est cependant légèrement plus complexe que précédemment. En effet, le risque d'obsolescence prématurée d'une installation de régénération n'est pas négligeable. De plus, comme explicité précédemment, il existe plusieurs types très distincts de système de recharge :

- dispositif de régénération embarqué à bord du véhicule : mais pour réduire le poids de ce système et pour limiter les intensités débitées chez les particuliers, un compromis doit déterminer le temps de recharge optimal. Le constructeur s'orienterait actuellement vers des durées extrêmement longues ;
- installation d'un équipement de régénération au niveau d'une flotte de véhicules : dans ce cas, il faut examiner la normalisation des « puissances » des équipements de régénération et les problèmes de stockage intermédiaire de la suspension ;
- régénération industrielle de grandes quantités : il faut optimiser la répartition des tâches entre la station-service et l'usine centralisée en tenant compte des divers coûts probables et notamment des prix de transport de la suspension.

Les aspects liés à l'exploitation doivent être étudiés avant de rechercher une diffusion grand public du véhicule électrique.

Pour cela, il est nécessaire d'engager des évaluations des coûts d'investissement nécessaires à la mise sur pied d'une infrastructure d'exploitation la mieux adaptée possible aux différentes filières. D'ores et déjà, il pourrait être intéressant de favoriser la création de systèmes de leasing d'accumulateurs.



## C. - MAINTENANCE ET ENTRETIEN

La réussite du lancement d'une nouvelle technique est toujours liée à la constitution d'un système « d'après-vente » efficace. Il faut que le matériel puisse être contrôlé et réparé dans des centres disposant d'un personnel qualifié et possédant un lot de pièces de rechange suffisant. Il faut que ces centres soient choisis à l'intérieur du réseau de garages actuellement en service.

### LA FORMATION DU PERSONNEL

Le personnel d'entretien du secteur automobile est très dispersé géographiquement en France. Il est donc très difficile de le former à de nouvelles techniques.

L'équipement, dans un premier temps, de flottes spécialisées résoud en partie ce problème. Un personnel spécifique peut en effet être formé et sera employé à plein temps. La formation pourrait être faite par le constructeur automobile lui-même. Cette solution ne peut être généralisée dans le temps. En effet, à moyen terme, le public devrait acheter des véhicules électriques construits en série ce qui imposera la constitution d'un réseau technique d'intervention de densité acceptable. La formation des techniciens est alors du ressort du ministère de l'Éducation nationale.

## LE PROBLEME DES STOCKS

L'apparition du véhicule électrique nécessitera la constitution de stocks de matériels inconnus des garagistes actuels. Cependant, en raison de la relative complexité de la technique, les constructeurs seront amenés à concevoir leurs véhicules avec des ensembles précablés ou préconstruits. Dans ce cas la technique de réparation se limiterait le plus souvent à des échanges standards.

Les réparations des ensembles pourraient être effectuées à l'usine d'origine. Les constructeurs auraient à constituer un système de ramassage rapide des ensembles défectueux.

Pour faciliter les échanges standards et le stockage des pièces de rechange, une certaine normalisation, au niveau des interfaces, doit être étudiée avec les différents intéressés.

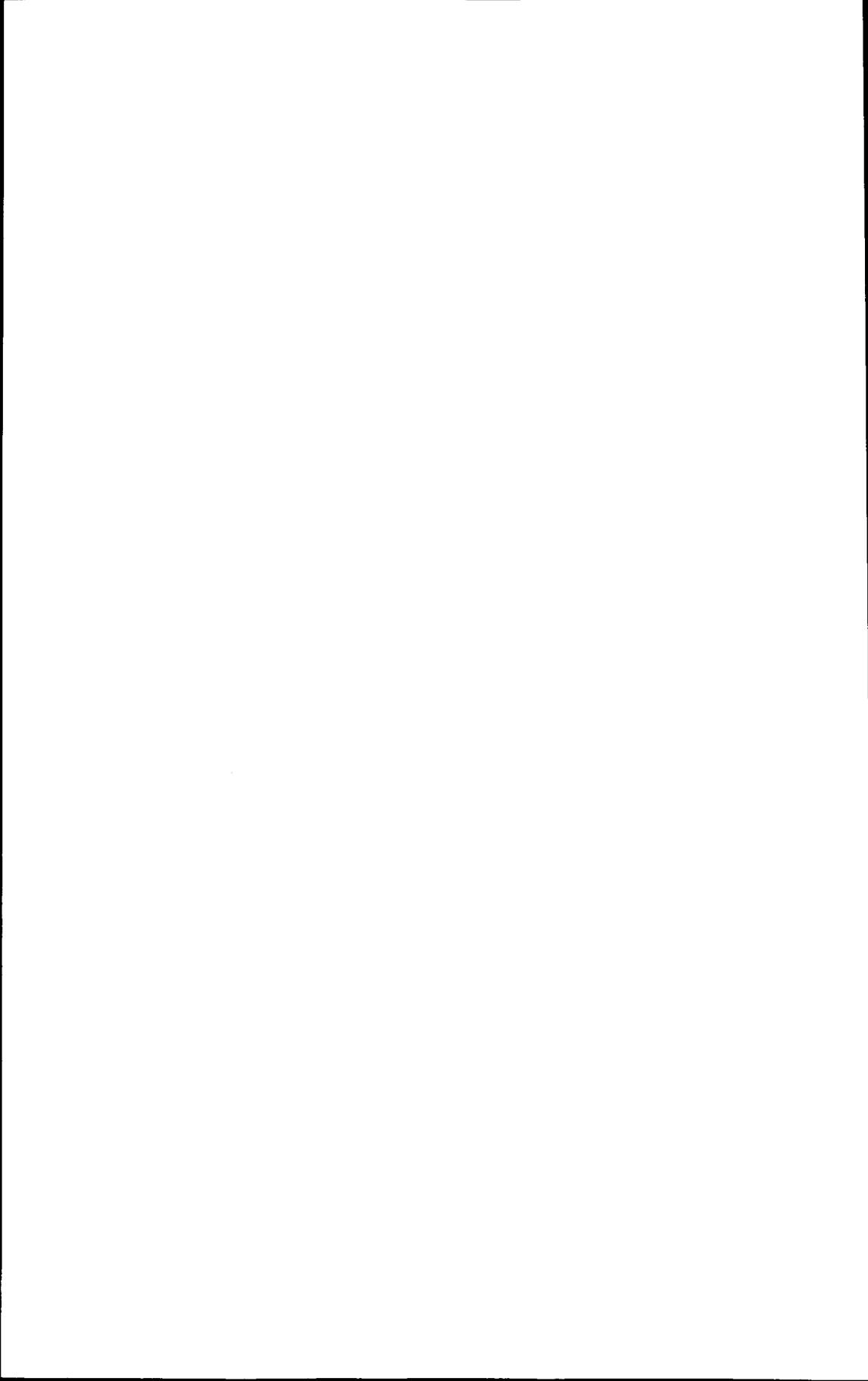
Le problème de « deuxième monte » semble plus délicat dans le cas du stockage des accumulateurs, pour lequel des surfaces importantes devraient être immobilisées. Il faut cependant remarquer que le renouvellement d'un accumulateur ne doit pas être un problème urgent, car la dégradation des performances par vieillissement est progressive : il ne semble donc pas nécessaire de prévoir la revente au niveau des détaillants. D'autres considérations de coût avaient déjà conduit à des conclusions semblables.

Le fonctionnement parfait d'un réseau de maintenance et d'entretien étant primordial pour assurer le succès d'une technique, il faut :

- procéder dès à présent à la formation des techniciens qui seront appelés dans le futur à intervenir sur les véhicules électriques :
  - o en élaborant un cours complémentaire de traction électrique pour les sections mécaniques des collèges d'enseignement techniques (C.E.T.),
  - o en introduisant ce cours dans les programmes de formation des techniciens,
- définir immédiatement avec les différents industriels concernés certaines règles de conception des véhicules relatives à :
  - o l'intervention par échanges standards au niveau des garages,
  - o la possibilité de centraliser la remise en état des ensembles défectueux.

chapitre 4

**ASPECTS RÉGLEMENTAIRES  
ET FISCAUX**



## **A. - ASPECTS REGLEMENTAIRES INHERENTS AU VEHICULE ET ASPECTS FISCAUX**

En première analyse, la réglementation actuelle s'applique aux véhicules électriques équipés d'accumulateurs au plomb, sauf en ce qui concerne les règles de sécurité des voitures particulières et la détermination de la puissance administrative.

Les problèmes spécifiques que poseront les sources des générations suivantes restent à étudier.

### **ADAPTATION AUX VOITURES ELECTRIQUES DES REGLES DE SECURITE ACTUELLES**

Les essais de choc réglementaires ont été définis pour des véhicules thermiques évoluant à des vitesses élevées en rase campagne.

Les voitures particulières sont soumises à un essai de choc frontal contre barrière à une vitesse voisine de 50 km/h (arrêté du 5 février 1963 relatif à la protection contre le dispositif de conduite en cas de choc). Or, les véhicules électriques se distinguent des véhicules thermiques par :

- o un poids à vide anormalement élevé du fait de la présence des accumulateurs,
- o une vitesse de circulation actuellement plus réduite du fait de la faible capacité énergétique des accumulateurs au plomb et de l'utilisation presque exclusivement urbaine du véhicule. Les vitesses de choc des accidents dans les-

quels seront impliqués les véhicules électriques seront donc, en moyenne, nettement inférieures à celles qui sont prises en considération pour les voitures thermiques.

C'est pourquoi, l'application des règles actuelles conduirait à un renforcement important et superflu des structures des véhicules électriques.

Les règlements étant conçus en fonction de la gravité des accidents réels, il est logique d'appliquer des règles moins strictes aux véhicules d'utilisation urbaine.

Il est donc proposé de procéder aux essais de choc à une vitesse de 30 km/h. Par ailleurs, pour tenir compte de la présence des batteries, il devra être vérifié au cours des essais :

- o que le bac à batteries reste fixé sur son support, ou s'il se détache, que son déplacement ne peut pas être une source de danger pour les occupants du véhicule,
- o qu'au cours du choc et après le choc, l'électrolyte (acide) ne peut pas pénétrer dans l'habitacle du véhicule.

En outre, des prescriptions supplémentaires sont à prévoir pour prendre en compte la présence de batteries contenant de l'acide et l'existence d'une tension électrique élevée :

- Le compartiment des batteries devra être ventilé vers l'extérieur et assurer la protection de l'habitacle contre la pénétration de l'électrolyte, en cas de fuite accidentelle.
- Le véhicule devra être équipé d'un dispositif permettant, en cas d'urgence de couper très rapidement tous les circuits électriques sous tension supérieure à 24 volts, sans que le fonctionnement des dispositifs d'éclairage et de signalisation du véhicule soient interrompus.

## DETERMINATION DE LA PUISSANCE ADMINISTRATIVE DES VEHICULES ELECTRIQUES

La formule actuellement utilisée pour la détermination de la puissance administrative a été établie il y a une vingtaine d'années à une époque où il n'était pas encore question de production de série de véhicules électriques.

L'application de cette formule aux véhicules électriques conduit à des valeurs qui sont notablement plus élevées que celles qui seraient attribuées à un véhicule thermique de performances comparables. Il en résulte pour la traction électrique une situation désavantageuse, à laquelle il est indispensable de remédier, compte tenu de l'impact psychologique très important de la puissance administrative sur les acquéreurs.

Pour les véhicules thermiques, la puissance administrative est définie proportionnellement à la cylindrée. Cette dernière a, du point de vue de la technique fiscale, des avantages tels, qu'elle a été maintenue comme base de la puissance administrative malgré les nombreux désavantages qu'elle présente par ailleurs, compte tenu de l'évolution de la technologie des moteurs.

La puissance administrative des véhicules électriques sera définie en fonction de la puissance unihoraire.

Cette dernière est la puissance électrique nécessaire pour entraîner le véhicule à sa vitesse maximum en palier sans qu'il y ait excès d'échauffement du moteur. La puissance unihoraire présente donc une grande analogie avec la puissance maximale des moteurs thermiques.

En attendant une éventuelle refonte complète de la définition de la puissance administrative des véhicules, il est raisonnable d'aligner les véhicules électriques sur les véhicules thermiques en assimilant la puissance unihoraire du moteur des premiers à la puissance maximale réelle du moteur des seconds et en utilisant la corrélation entre cylindrée et puissance maximale qui, pour des véhicules de gamme moyenne, donne un rapport d'environ 1 CV pour 8 Ch.

Il est important, pour permettre la diffusion du véhicule électrique, de publier :

- la nouvelle réglementation sur la puissance fiscale des véhicules électrique dans un délai maximum de 6 mois ;
- la réglementation sur la sécurité de ces véhicules au cours de l'année 1975.



## **B. - INCITATIONS**

Pour rendre les véhicules électriques compétitifs avec les véhicules thermiques en zone urbaine, toute une gamme d'incitations peut être envisagée.

### **INCITATIONS FISCALES**

D'une façon générale, la politique fiscale à l'égard du véhicule électrique dépendra de l'intérêt porté par les pouvoirs publics au développement de cette technique.

Il ne semble d'ailleurs pas souhaitable à terme, de particulariser les véhicules électriques en leur créant un cadre juridique spécial. Cependant, certaines mesures transitoires d'incitation fiscale peuvent être prises en attendant une uniformisation qui découlerait de la définition du statut d'un véhicule particulièrement urbain (V.P.U.).

La fiscalité spécifique qui pèse actuellement sur les automobiles s'analyse en trois termes :

— Les taxes à la puissance administrative : carte grise et vignette.

Dans les conditions actuelles, ce terme est défavorable aux véhicules électriques, mais ne le sera plus à bref délai, en raison des nouvelles règles en préparation comme on l'a dit précédemment.

Une intervention sur la fiscalité en faveur de la traction électrique pourrait jouer un rôle incitatif du fait de l'influence particulière du prix de la vignette

sur le comportement des acheteurs et ceci bien que l'incidence de la modification de la puissance administrative soit faible en valeur absolue (la vignette représente de 1 % à 3 % du coût d'usage moyen d'une voiture particulière).

- La part spécifique de la taxe sur la valeur ajoutée, au taux majoré de 33,3 % non récupérable pour les voitures particulières, et au taux de 23 % récupérable pour les véhicules utilitaires.

Le taux de la taxe sur la valeur ajoutée peut être modifié, ou une taxe supplémentaire différentielle créée pour prendre en compte les problèmes de pollution et de nuisance.

- La part spécifique des taxes sur le carburant.

Le fait pour les pouvoirs publics de ne pas prévoir, pour l'instant, de taxation particulière de l'énergie consommée par les véhicules électriques constitue une perte de recette fiscale, et par là même, un avantage consenti aux véhicules électriques puisque cette taxation représente environ 10 % du coût d'usage moyen d'une voiture particulière thermique.

## INCITATIONS REGLEMENTAIRES

On peut envisager de réglementer :

- la circulation urbaine, en réservant l'accès de certains lieux, soit au véhicule particulièrement urbain (V.P.U.), soit à des véhicules munis d'une « vignette urbaine ». Dans les deux cas, des dérogations sont à prévoir pour les riverains, les véhicules prioritaires, etc. ;
- le stationnement, soit en réservant certains jours au véhicule particulièrement urbain, mais une telle réglementation serait difficile à appliquer parce que mal acceptée par le public, soit en équipant la voirie d'emplacements payants spécifiques, avec prises de courant.

## INCITATIONS AU NIVEAU DE L'INFRASTRUCTURE

Comme expliqué au chapitre 4.B, il semble préférable de ne pas créer un cadre spécial pour le véhicule électrique. Par contre, un certain nombre de mesures pourraient être prises au niveau de l'infrastructure pour favoriser l'emploi du véhicule particulièrement urbain (V.P.U.).

### **Cas du couloir réservé**

- Ces couloirs devraient être distincts de ceux pour autobus car il ne peut être question de favoriser les véhicules particulièrement urbains au détriment des transports collectifs.
- Ceci conduit à prévoir une signalisation importante, tant au sol que verticale.
- Peu de voies se prêtent à l'implantation de couloirs réservés.
- La rue restant ouverte à la circulation traditionnelle, l'environnement des riverains ne sera pas amélioré.

### **Infrastructures spéciales aux véhicules particulièrement urbains ou, au contraire, rues réservées, itinéraires réservés**

Ce système présente des avantages certains :

- possibilité d'extension en fonction de l'importance du parc,
- possibilité de favoriser la circulation des véhicules urbains par une régulation adéquate des feux aux intersections avec le réseau classique de circulation.

Cependant, il est très contraignant pour l'automobiliste traditionnel.

### **Zone réservée**

L'articulation d'une telle zone avec les zones piétonnes est à étudier en fonction de la nature du site à protéger. Les zones peuvent être distinctes ou incluses l'une dans l'autre suivant que l'on veut protéger une zone commerciale, une zone résidentielle, une école, un hôpital, etc.

Cette solution peut s'accompagner de toute une série de mesures qui ont déjà été étudiées dans le cas des zones piétonnes (étude d'opportunité, équipement minimum à prévoir en parkings périphériques, transports en commun, location de véhicules urbains sans chauffeur).

### **Aires de stationnement spécifiques**

Dans les concentrations urbaines de plus de 100 000 habitants, des statistiques ont évalué la répartition du stationnement nocturne des véhicules que leurs propriétaires réservent à un usage spécifiquement urbain.

- 25 % sur la voirie publique,
- 15 % dans une place de parking non personnalisée,
- 15 % dans une place de parking personnalisée,
- 45 % dans un garage couvert.

75 % de ces véhicules, étant ainsi susceptibles d'être rechargés pendant la nuit moyennant un équipement des places de stationnement privatives, pourraient être électriques.

L'équipement des parcs de stationnement d'entreprise avec des installations de recharge permettrait de rendre compatible une part encore plus large du parc de véhicules urbains avec la traction électrique.

Par ailleurs, certaines mesures dans le domaine des parkings publics pourraient favoriser l'utilisation de véhicules particulièrement urbains. Les remarques suivantes doivent être faites :

- o dans un parking au sol, des emplacements plus petits peuvent être réservés aux véhicules urbains. Si ce parc est payant les prix peuvent être modulés ;
- o les parcs à niveaux existants ont été conçus pour les véhicules actuels et se prêtent difficilement à une restructuration. Les gains possibles, en nombre de places, dans ces parcs, sont souvent faibles voire nuis ;
- o on peut construire de nouveaux parcs à niveaux uniquement pour de petits véhicules électriques.

On peut aussi imaginer des dimensions et une organisation des piliers permettant deux tramages : un pour les véhicules actuels et un pour les petits véhicules électriques. Un tel parc devrait être évolutif et un étage serait susceptible d'être reconverti en fonction des besoins, uniquement en modifiant le marquage du sol.

Pour faciliter l'implantation du véhicule particulièrement urbain, il peut apparaître nécessaire de prévoir certaines mesures d'incitations fiscales, réglementaires, ou au niveau des infrastructures.

Une concertation avec toutes les parties prenantes permettrait d'évaluer l'opportunité de telles mesures, et de décider celles qui pourraient avoir l'impact le meilleur.

chapitre 5

**LE DÉVELOPPEMENT PRÉVISIBLE  
DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE**

Après avoir détaillé, dans les chapitres précédents, les aspects techniques, logistiques, réglementaires et fiscaux, du développement du véhicule électrique, il est nécessaire pour justifier les choix à venir, d'étudier l'impact que pourrait avoir la mise en œuvre des différentes propositions d'actions qui précèdent.

Dans ce but, une énumération très descriptive et la plus exhaustive possible des différents créneaux dans lesquels peuvent se classer les véhicules permet de donner les caractéristiques de performances souhaitables pour chacun d'eux.

Puis, on fait correspondre à chacun de ces créneaux les caractéristiques des sources permettant d'atteindre les performances définies au paragraphe précédent.

Enfin, on établit le scénario le plus probable des apparitions commerciales de chacune des sources étudiées.

Ces différents éléments, réunis et comparés, permettent de jeter les premières bases de l'évolution prévisible du marché dans les quinze années à venir.

## A. - LES CRENEAUX D'APPLICATION

Ce paragraphe devrait comprendre non seulement la définition d'un cahier des charges envisageables définissant les caractéristiques minimales — autonomie, vitesse maximale, charge utile, temps de recharge maximum, capacité de gravissement des pentes —, mais aussi une évaluation chiffrée du marché total français dans le créneau correspondant, ainsi que le volume prévisible de la demande en fonction des caractéristiques du véhicule proposé.

Ce deuxième type d'information, la connaissance du marché potentiel, est malheureusement très difficile à obtenir et ne peut être évalué qu'à partir d'enquêtes longues et délicates dont les résultats restent toujours susceptibles d'être remis en cause en raison de l'aspect « nouveau produit » de cette technique.

A l'étranger, quelques études prospectives ont déjà été engagées avec plus ou moins de réussite. En France, l'Institut de la Recherche des Transports (I.R.T.) a lancé fin 72 un travail d'évaluation du marché potentiel d'un véhicule particulièrement urbain (V.P.U.). Deux objectifs sont visés :

### a) Définition du marché potentiel

La méthodologie adoptée consiste à réaliser un réseau de courbes du marché en fonction des différents paramètres envisageables pour le véhicule particulièrement urbain (V.P.U.). L'étude est faite sous un angle essentiellement économique et considère qu'un ménage sera un client potentiel, lorsqu'un calcul, prenant en compte les charges fixes et d'exploitation donnera l'avantage au véhicule particulièrement urbain au détriment de la voiture classique.

**b) Evaluation des avantages pour la collectivité  
d'un véhicule particulièrement urbain**

Ce calcul, qui n'a pas encore été commencé, devrait prendre en compte les phénomènes de pollutions et de bruits, les problèmes de stationnement et d'encombrement de la circulation, éventuellement les risques d'accidents graves et leurs conséquences. L'ensemble de l'étude évaluera par ailleurs les possibilités de progrès technologiques des véhicules actuels et les coûts de ces améliorations, ceci, bien entendu, de façon à déterminer dans quelle mesure il est important de créer un véhicule particulièrement urbain.

La première partie de cette étude, assez complexe, devrait aboutir vers la fin de l'année 1975. Cependant, elle ne concerne qu'un créneau qui n'est d'ailleurs pas spécifique du véhicule électrique.

Il est donc urgent de lancer des études pour évaluer les possibilités de débouchés du véhicule électrique, surtout dans les périodes intermédiaires qui précèdent la mise au point de la pile à combustible.

Malgré l'absence de connaissance du volume du marché, quelques constatations peuvent être faites qui permettent d'en évaluer l'importance.

## LE VEHICULE ELECTRIQUE INDIVIDUEL

**a) Le véhicule à tout faire du ménage motorisé**

Cahier des charges actuellement envisageable :

- o vitesse maximale ..... 110 km/h à 120 km/h
- o autonomie urbaine ..... 200 km
- o temps de recharge ..... quelques minutes
- o charge utile ..... 4 personnes + 75 kg
- o capacité de gravissement de pentes .. 18 % à 10 km/h.

Dans l'optique politique actuelle de réduction des performances des véhicules routiers, ce créneau couvre l'ensemble du marché français de voitures particulières.

**b) Le véhicule à usage plus particulièrement urbain**

Cahier des charges actuellement envisageable :

- o vitesse maximale ..... 60 à 80 km/h
- o autonomie urbaine ..... 75 km

- o temps de recharge ..... 7 h pour une recharge totale, quelques heures pour une recharge partielle. La possibilité d'une recharge rapide sans être impérative augmenterait le marché potentiel
- o charge utile ..... 2 personnes + 75 kg
- o accélération ..... suffisante pour s'insérer dans le flot de la circulation
- o capacité de gravissement de pentes .. 18 % à 10 km/h à mi-décharge.

Le cahier des charges d'un véhicule destiné au public devrait contenir également des astreintes supplémentaires concernant les « facilités d'usage », l'absence totale d'interventions à effectuer par l'utilisateur du véhicule, et une fiabilité au moins équivalente à celles des voitures actuelles.

Aussi, ces critères, ajoutés aux conditions économiques, limitent actuellement l'importance du marché potentiel, à moins que les pouvoirs publics ne s'engagent fortement dans une politique visant à pénaliser sévèrement les véhicules nuisants et polluants.

Sur 800 000 ménages multimotorisés habitant des zones urbaines de plus de 100 000 habitants, environ 500 000 possèdent une voiture qui n'est utilisée ni pour les vacances, ni pour le week-end. Sur les 350 000 véhicules qui parquent la nuit dans un lieu équipable en électricité, une bonne partie (non encore calculée) pourrait se contenter d'une autonomie de 75 km/h.

Ce créneau existe pour les véhicules électriques à condition qu'une infrastructure adéquate ait été mise en place à temps. Il est extrêmement réduit (marginal) si le coût global du véhicule particulièrement urbain (V.P.U.) électrique à l'exploitation (amortissement compris) est nettement plus élevé que celui du véhicule thermique classique ayant une utilisation analogue. Il n'atteindra un certain volume que si des mesures réglementaires sont prises en vue de favoriser son utilisation.

Cependant, plusieurs questions seraient à envisager au préalable :

- l'hostilité de certains milieux aux privilèges accordés à une catégorie particulière d'usagers de la voie publique ;
- l'opportunité de favoriser la bi-motorisation des ménages par l'introduction sur le marché de véhicules spécifiquement urbains, par rapport à l'encombrement supplémentaire possible que ce type de véhicules risque de créer.

## LE TAXI TRADITIONNEL

En région parisienne, le taxi est utilisé habituellement 11 heures par jour et effectue en moyenne 110 km par jour. En ville, il roule à la vitesse maximum de 60 à 80 km/h. Sa charge utile n'est jamais inférieure à 300 kg.

Le cahier des charges d'un taxi électrique pourrait être :

- o vitesse maximale ..... 60 à 80 km/h
- o autonomie urbaine ..... 150 km
- o temps de recharge ..... 7 h
- o charge utile ..... 350 à 400 kg
- o capacité de gravissement de pentes .. analogue au taxi actuel.

Le marché du taxi est, en raison même de la nature du cahier des charges défini ci-dessus, difficilement abordable par la technique actuelle de la traction électrique.

On ne peut pour autant concevoir que les taxis deviendront tous électriques dès qu'ils seront techniquement réalisables. Il faudra que les propriétaires soient incités à s'équiper de tels véhicules. Les grandes compagnies pourront plus facilement transformer leur parc que les artisans, car ils pourront concentrer leurs installations de recharge de quelque nature qu'elles soient.

Il faut ajouter à cela la nécessité d'avoir un parc de taxis disponibles pour effectuer des courses rapides sur autoroutes (dessertes d'aéroports, de centres commerciaux régionaux, par exemple) et les trajets reliant la ville à la campagne.

Ces différents éléments permettent d'envisager au mieux une électrification des trois-quarts des taxis des grandes agglomérations.

## LE VÉHICULE URBAIN BANALISÉ

L'expérience Witkar qui a actuellement lieu à Amsterdam (cf. 2.F.) illustre les possibilités de ce type de véhicules. Ils ont une vitesse limitée à 30 km/h et une autonomie de 25 à 30 km. Une expérience analogue se déroule au Japon avec une flotte de véhicules urbains japonais dont les performances sont meilleures que celles des « Witkars ».

Pour savoir si de telles flottes de véhicules se développeront dans un proche avenir, il convient, tout d'abord, d'être attentif aux conditions économiques de leur exploitation. La zone urbaine où l'on désire faire circuler une telle flotte doit être choisie avec soin. Il paraît évident que l'utilisation d'un tel mode de transport ne rencontrera le succès face aux voitures particulières, que si la circulation et le stationnement de ces dernières sont, volontairement ou non, limités. C'est le cas à Amsterdam où, dans la zone choisie pour l'implantation des stations des « Witkars », les voitures particulières ne peuvent circuler que très difficilement et où le stationnement est pratiquement impossible étant donné le tissu urbain (rues très étroites, canaux).

Il faut noter enfin que les conditions sont très près d'être réunies pour le lancement d'une nouvelle opération de ce genre en France.

Cependant, quelques critères essentiels doivent être respectés pour accroître les chances de réussite :

- des véhicules simples et robustes. C'est-à-dire, des véhicules électriques ayant subi une expérimentation de longue durée qui garantit une excellente fiabilité. Les performances nécessaires étant relativement faibles, la conception de base peut être, par exemple, celle du « Cob » à la condition cependant que ce véhicule produit par « La Voiture Electronique » jouisse d'une grande diffusion préalable,
- une structure des déplacements dans la ville qui permette de prendre en compte un coefficient de foisonnement acceptable,
- un investissement de départ très important qui permet d'équiper en une fois l'ensemble du système.

Les études préalables pourraient être lancées dès maintenant. Les premières étapes de la réalisation ne peuvent pas être abordées avant 1976.

Compte tenu de ce qui précède, il est réaliste de penser qu'une ou deux dizaines de telles flottes peuvent exister à moyen terme.

## LE VEHICULE UTILITAIRE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

Le véhicule utilitaire à usage urbain semble constituer à l'heure actuelle le créneau privilégié pour le véhicule électrique. En effet, un assez grand nombre de véhicules utilitaires circule pendant les horaires usuels de travail à l'intérieur d'un périmètre limité, celui de l'agglomération urbaine, et reviennent passer la nuit au dépôt. Dans ces conditions d'utilisation, l'autonomie et la durée de recharge ne sont plus des contraintes. De plus, le véhicule fait généralement un arrêt prolongé au milieu de la journée, correspondant au temps de repas du conducteur. Ce temps pourrait être utilisé à échanger ou à recharger les batteries, ce qui permettrait d'accroître le rayon d'action journalier du véhicule.

L'histoire du véhicule électrique confirme d'ailleurs que les véhicules les plus facilement électrifiables, sont les véhicules utilitaires. Les productions en série les plus importantes ont été constituées par des véhicules de livraison, dont le meilleur exemple est fourni par les 70 000 véhicules circulant en Grande-Bretagne, utilisés comme véhicules municipaux et pour la livraison nocturne du lait.

En France, d'après le Service Régional d'Equiperment de la Région Parisienne (S.R.E.R.P.), en 1972, dans la région parisienne, le parc de voitures de livraisons de moins d'une tonne de charge utile comptait environ 70 000 véhicules, pour un kilométrage moyen de 33 km et un nombre d'arrêts moyen de 4,8.

Il convient de distinguer parmi les véhicules utilitaires, plusieurs catégories, selon la charge utile.

## — Le véhicule utilitaire léger

Le marché visé par les véhicules utilitaires légers (une à deux places, 150 à 200 kg de charge utile) est celui des véhicules de petites livraisons : services postaux, distributions de journaux, services du gaz, de l'électricité, des eaux, du téléphone, etc...

Ce marché peut se développer proportionnellement plus vite que celui des véhicules particulièrement urbains.

Ce créneau est assez important et peut être comblé à moyen terme. Il est probable que ce soit les flottes importantes des services publics et des administrations qui jouent un rôle de pionnier dans ce domaine, pour peu que les pouvoirs publics en décident.

Les services postaux de Grande-Bretagne et des U.S.A. étudient également la possibilité d'utiliser des flottes de véhicules électriques. Le Post Office Telecommunication, qui avec plus de 50 000 véhicules est le plus gros utilisateur de véhicules utilitaires en flottes, étudie la possibilité de remplacer les véhicules servant à l'entretien, la réparation et l'installation des lignes téléphoniques en ville par des véhicules électriques. Ces véhicules font un kilométrage moyen journalier de 40 km. Aux U.S.A. le U.S. Postal Service, qui possède une flotte de 140 000 véhicules, a estimé qu'il était possible de remplacer 30 000 d'entre eux par des véhicules électriques, au rythme de 5 000 par an. Déjà, dans des quartiers de San Francisco, toutes les livraisons postales sont effectuées par des véhicules électriques et les villes de Phoenix, Miami, Memphis et Los Angeles envisagent d'accueillir de telles flottes. L'U.S. Postal Service vient de commander 350 véhicules électriques avec les spécifications suivantes :

- o charge utile ..... 230 kg
- o vitesse maximale ..... 53 km/h
- o autonomie avec au moins 300 arrêts par périodes de 5 heures .... 32 km

Plusieurs véhicules construits en petites séries répondent à ces spécifications. On peut estimer que, à court terme, le véhicule utilitaire léger est un créneau privilégié, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de véhicules.

A moyen terme, la plupart des petites livraisons urbaines pourraient se faire par véhicules électriques pour peu que ceux-ci ne soient pas trop défavorisés du point de vue économique.

## — Les camionnettes

En Angleterre, toutes sortes de camionnettes électriques circulent, dont la charge utile varie de 500 kg à 3 tonnes. Aux U.S.A., des camionnettes de ce type ont fait leur apparition sur le marché. Au Japon, plusieurs modèles sont proposés notamment par Daihatsu et Nissan Motors. En U.R.S.S., une flotte d'une cinquantaine de camionnettes électriques est utilisée de façon expérimentale à Moscou. En Allemagne, divers modèles ont été développés notamment par Messerschmidt, Hanomag-Henschel et Mercedes-Benz, mais c'est surtout l'ambitieux programme de Volkswagen qui retient l'attention. Cette firme se propose en effet, avec la collaboration de Rheinisch Westfasliches Elektrizitätswerk (R.W.E. : une des

sociétés de distribution d'électricité en République fédérale d'Allemagne), de mettre sur le marché un grand nombre de « pick-up » de 500 kg de charge utile.

A court terme, les perspectives du véhicule électrique utilitaire de charge utile de 500 à 3 000 kg semblent assez bonnes. Dans la région parisienne, il a été constaté que 77,7 % des camionnettes de moins de 6 tonnes de poids total en charge effectuaient moins de 60 km par jour, et que 52 % effectuaient moins de 40 km par jour. Ces chiffres montrent que le créneau des camionnettes est susceptible d'un développement intéressant si les conditions économiques le permettent.

A court terme, c'est sans doute quelques centaines de milliers de camionnettes électriques qui circuleront. L'augmentation de l'autonomie et la possibilité de circuler aisément sur les voies rapides permettent d'espérer que la plupart des livraisons effectuées à l'intérieur d'une agglomération seront faites par des véhicules électriques.

#### — Les camions lourds

Le marché potentiel des camions lourds électriques est plus restreint que celui des véhicules utilitaires légers, ceci à cause de modes d'utilisation sensiblement différents.

Un enquête effectuée en région parisienne a montré, en effet, que 42 % des camions de poids total en charge (P.T.C.) compris entre 6 et 11 tonnes effectuaient moins de 60 km par jour. Ce pourcentage tombe à 22 % pour les camions de poids total en charge compris entre 11 et 19 tonnes et à 17 % pour les camions de poids total en charge supérieur à 19 tonnes.

Seuls quelques types particuliers de camions lourds sont susceptibles de se développer :

- bennes à ordures,
- livraisons de bouteilles aux débits de boissons,
- camions de location,
- livraisons de magasins d'alimentation à succursales multiples,
- flottes de véhicules de grands magasins,
- flottes de véhicules de la S.N.C.F. - SERNAM,
- etc...

Dans la plupart des utilisations citées ci-dessus, la configuration pourrait être celle d'un container sur roue, remorqué par un module de traction électrique.

## LE VEHICULE ELECTRIQUE DE TRANSPORT EN COMMUN

Trois types de véhicules sont pris en compte :

- l'autobus (environ 50 places assises et 10 places au total),
- le minibus (environ 20 places assises et 50 places au total),
- le microbus (autour de 10 places assises).

### — L'autobus et le minibus électriques

Sur les lignes urbaines, en excluant les grandes banlieues, les conditions actuelles d'utilisation de ce type de véhicule de transport en commun entraînent le cahier des charges suivant :

- o vitesse maximale ..... 60 km/h
- o autonomie urbaine ..... 150 à 200 km (minibus)  
200 à 250 km (autobus)
- o temps de recharge : quelques minutes, ce qui impose donc dans l'hypothèse d'utilisation d'accumulateurs au plomb, l'échange rapide de batteries.
- o respect des normes habituelles en matière de confort et de sécurité.

La France et les pays étrangers ont lancé récemment de nombreuses expériences sur ces véhicules (c. 2.F).

L'encombrement des villes, de même que la densité des centres urbains, valorisent tout particulièrement les minibus électriques.

A titre purement indicatif, il est possible d'évaluer le marché potentiel du minibus urbain à 200 véhicules par an. On peut donc espérer que la moitié de ce marché reviendra à l'autobus électrique, ce qui conduit à une production de 100 véhicules par an. En outre, la conjoncture actuelle tendant à favoriser les transports en commun devrait encore infléchir les besoins dans le sens de la hausse.

D'autres fonctions peuvent être assurées par le minibus :

- rabattement de faible distance sur une gare nécessitant une faible fréquence aux heures creuses,
- dessertes internes de quartiers,
- navettes,
- services de nuit.

En ce qui concerne l'autobus, destiné à parcourir des distances plus importantes dans les zones suburbaines, le marché peut être estimé à plusieurs centaines d'unités par an. Cependant, les problèmes de pollutions et de nuisances étant ressentis beaucoup moins fortement dans les secteurs concernés, il importe de justifier préalablement à tout investissement, l'économie de l'autobus électrique.

### — Le microbus électrique

En France et à l'étranger, ce type de véhicule fait l'objet d'études et d'expérimentations avancées. Il est envisagé très sérieusement pour un certain nombre d'applications, dont les principales sont les suivantes :

- itinéraire simple,
- véhicule « à la demande »,
- taxi collectif,
- dessertes empruntant des rues étroites,
- dessertes empruntant un trajet sur zone piétonne,
- dessertes de parcs de loisirs,
- service de nuit,
- transport privé d'entreprises...

A titre d'exemple, on peut signaler que Peugeot a réalisé un prototype J7 à 9 places et qu'un petit véhicule de 7 places est à l'étude par TREGIE.

Comme pour l'autobus et le minibus, il semble que le microbus électrique connaîtra un développement limité à court terme. A moyen terme, son utilisation, notamment dans les centres urbains, sera assez courante.

## LES AUTRES CATEGORIES

D'autres types de véhicules existent. Il s'agit principalement de l'électrocycle et du bateau électrique.

### — L'électrocycle

Deux types d'électrocycles peuvent être envisagés :

- un électrocycle très léger (inférieur à une vingtaine de kilogrammes par exemple) et dont la motorisation ne serait utilisée que comme appoint à l'énergie musculaire sur de petites distances, de l'ordre de la dizaine de kilomètres,
- un électrocycle plus performant
  - o vitesse : supérieure à 25 km/h,
  - o autonomie : 40 à 50 km.

L'électrocycle peut intéresser :

- les usagers du vélomoteur classique,

— certains ménages multimotorisés, dont le second véhicule n'est utilisé que pour les petits déplacements autour du lieu de résidence.

— Le bateau électrique

Il s'agit d'un créneau marginal dont le marché restera limité en nombre d'unités, mais qui présente de multiples avantages pour l'environnement et pour le plaisancier grâce à l'absence de pollution et de bruit de la propulsion électrique. De nombreux responsables de canaux et de retenues ou de lacs semblent prêts à interdire l'utilisation de bateaux à moteurs thermiques, dès que la traction électrique sera commercialisée dans ce créneau.

Deux types de bateau sont envisageables :

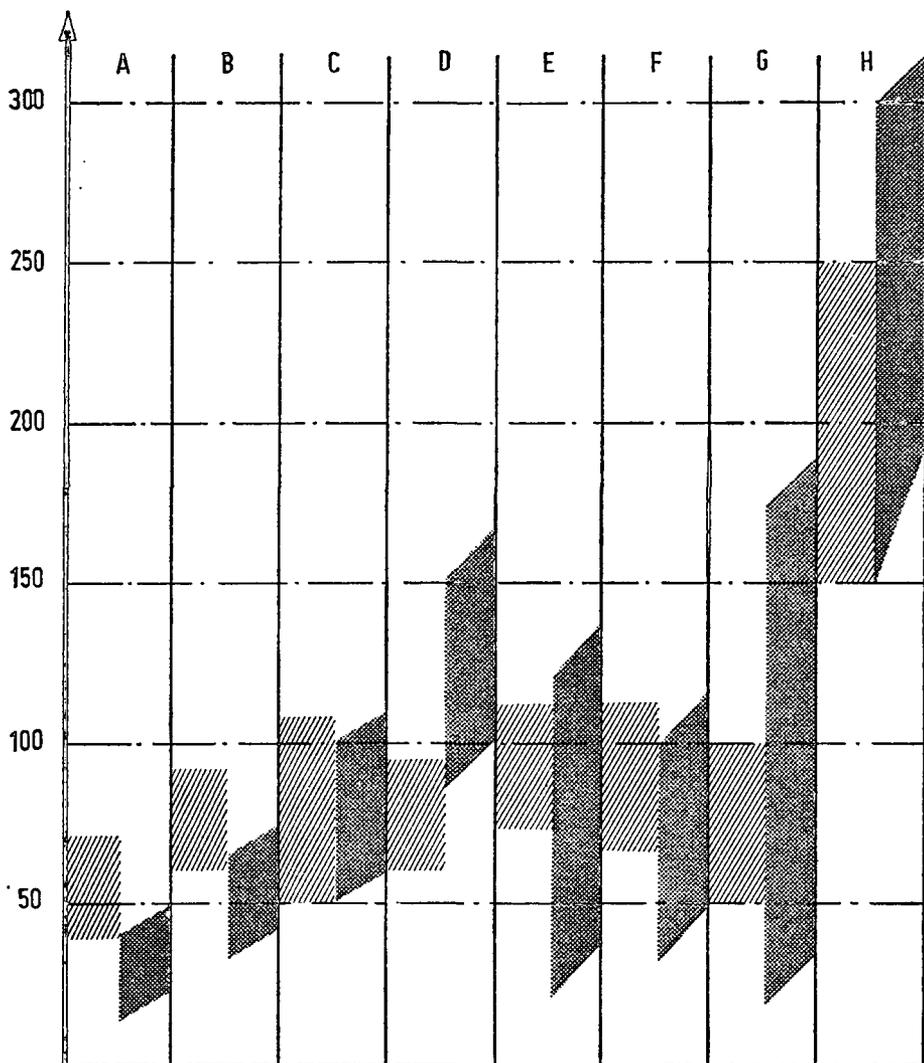
- le « house-boat » destiné à parcourir les rivières et les canaux, dont les caractéristiques pourraient être les suivantes :
  - o vitesse : 60 km/h (vitesse maximum autorisée sur les cours d'eau pour ce type de bateau),
  - o autonomie : environ 10 heures de fonctionnement, soit 60 km,
  - o nombre de couchettes : entre 4 et 6,
- le bateau de pêche-promenade, d'autonomie et d'habitabilité beaucoup plus restreintes.

## **B. - L'ADAPTATION DES SOURCES AUX CRENEAUX**

Le paragraphe précédent a défini un certain nombre de créneaux et le cahier des charges souhaitable pour chacun d'eux.

Ces informations permettent de définir les caractéristiques de sources — plus particulièrement énergie massique et puissance massique — nécessaires pour répondre aux différents cahiers des charges.

C'est à partir du tableau qui récapitule ces caractéristiques qu'il sera possible de définir les marchés potentiels propres à chaque source.



A. Petit véhicule utilitaire, électrocycle, bateau électrique

B. Véhicule spécifiquement urbain

C. Véhicule particulièrement urbain

D. Taxi

E. Camionnette de livraison

F. Camion de livraison

G. Autobus

H. Voiture routière

▨ Puissance massique (W/kg)

■ Energie massique (Wh/kg)

## C. - LES SCENARIOS POSSIBLES

Toute décision des pouvoirs publics doit s'appuyer sur une connaissance approfondie des futurs possibles.

Pour établir le scénario du développement du véhicule électrique, les probabilités de réussite des travaux entrepris sur chacune des sources, ont tout d'abord été chiffrées, en liaison avec les industriels concernés. Ces probabilités ont ensuite été combinées par la technique de « l'arbre de décision ».

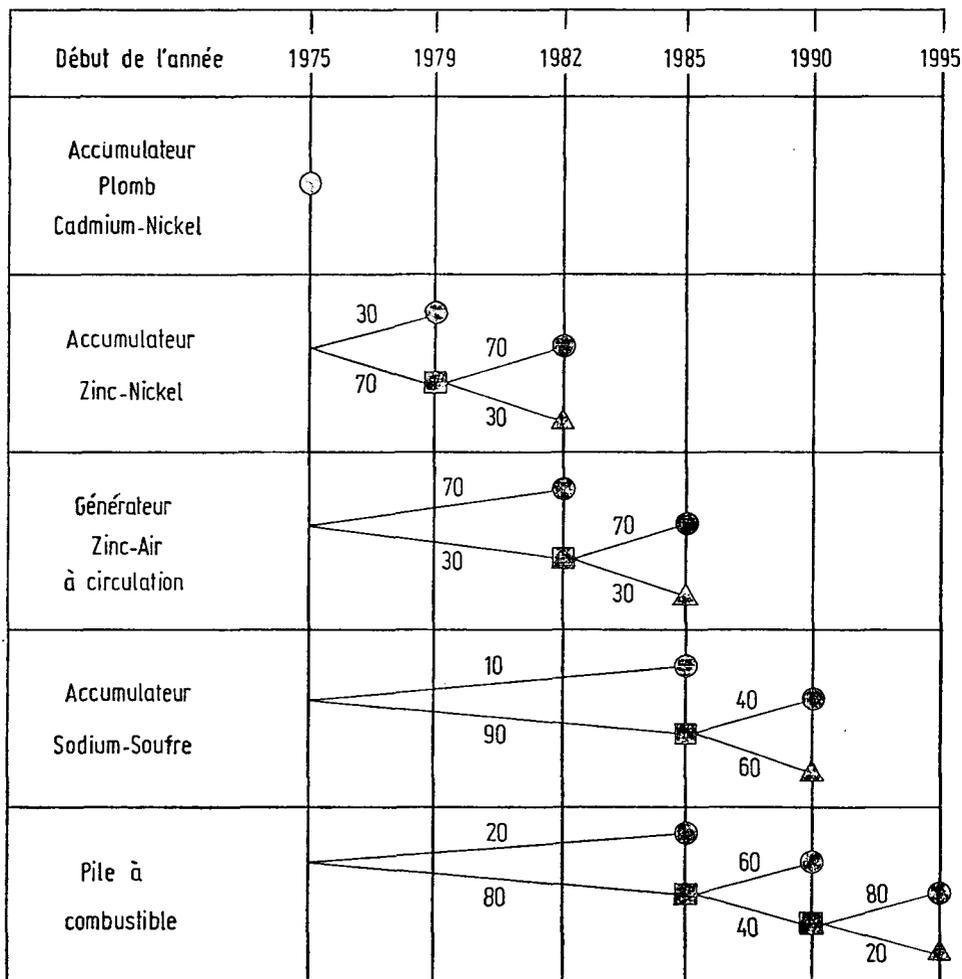
### PROBABILITES DE REUSSITE INDUSTRIELLE DE CHACUNE DES SOURCES

Pour chacune des sources, une évaluation des probabilités de réussite des recherches et des expérimentations projetées ou en cours est faite. Une certaine part de subjectivité intervient dans ce genre d'exercice, mais les valeurs indiquées ci-après sont un compromis entre les avis enthousiastes ou pessimistes des différents représentants des industriels interviewés.

Prenons l'exemple de l'accumulateur zinc-nickel :

En raison du degré d'avancement des études dans cette filière, on peut estimer à 30 % les chances de mise en production industrielle au début de 1979 (par suite il y a 70 chances sur 100 pour que la mise au point ne soit pas achevée à cette date). Dans ce cas, les études se poursuivant, la commercialisation pourra se produire plus tard, avant 1982 par exemple et ceci avec 70 chances

PROBABILITES DE REUSSITE INDUSTRIELLE DES PRINCIPALES SOURCES D'ENERGIE



- — Commercialisation
- — Non aboutissement. Poursuite des travaux
- ▲ — Abandon de la filière

sur 100. Il persiste cependant une probabilité de 30% de non réussite de la filière.

L'ensemble de cet exposé se traduit plus simplement par le graphique page 144 qui présente séparément les différentes sources qui paraissent, en l'état actuel des connaissances, les plus probables.

- accumulateur au plomb,
- accumulateur cadmium-nickel,
- accumulateur zinc-nickel,
- générateur zinc-air à circulation,
- accumulateur sodium-soufre,
- pile à combustible.

### COMBINAISON DES DIFFERENTES PROBABILITES

Comme mentionné précédemment, on utilise la technique graphique de l'arbre de décision ; ce qui conduit à définir tous les scénarios et à calculer leurs probabilités.

Le résultat de ce graphique est exprimé ci-après en ce qui concerne tout d'abord les deux sources à échéance courte : l'accumulateur zinc-nickel et le générateur zinc-air à circulation.

On constate sur le tableau correspondant (voir page 146) :

- que l'événement le plus probable est la sortie industrielle simultanée des deux sources,
- qu'il n'y a que 30% de chances pour qu'une source de seconde génération apparaisse en 1979 mais que dans 93,7% des cas, au moins une source sera industrialisée en 1982,
- que les deux sources seront au point en 1982, avec une probabilité supérieure à 50%,
- que dans 70% des cas, les sources zinc-nickel et zinc-air sortent dans un intervalle de temps inférieur à 3 ans.

Si l'on pousse plus loin l'investigation en introduisant dans le graphique, les sources à échéance plus long terme, l'accumulateur sodium-soufre et la pile à combustible, on aboutit au deuxième tableau qui ne tient compte que des probabilités conduisant à une valeur significative des scénarios (v. p. 147).

Cette étude uniquement théorique confirme la présence de deux générations de sources potentiellement industrialisables, mais montre qu'il existe une très forte probabilité de recouvrement qui rend difficile à l'heure actuelle tout choix de l'une ou l'autre source dans chaque groupe.

### Scénario pour la réussite industrielle des deux sources à échéance courte

Probabilité	1979	1982	1985
34,3 %		Zn - Ni Zn - A	
21 %	Zn - Ni	Zn - A	
14,7 %		Zn - A	
10,4 %		Zn - Ni	Zn - A
6,3 %	Zn - Ni		Zn - A
4,4 %			Zn - A
4,3 %		Zn - Ni	
2,7 %	Zn - Ni		
1,9 %		aucune des 2 sources n'aboutit	
100,0 %			

LEGENDE : Zn - Ni : accumulateur Zinc - Nickel  
 Zn - A : générateur Zinc - Air à circulation

### Scénario pour la réussite industrielle pour l'ensemble des sources

Probabilité	1979	1982	1985	1990	1995
8,9 %		Zn - Ni Zn - A		PC	
7,8 %		Zn - Ni Zn - A		Na. S	PC
5,9 %		Zn - Ni Zn - A		Na. S PC	
5,4 %	Zn - Ni	Zn - A		PC	
4,7 %		Zn - Ni Zn - A			PC
3,8 %		Zn - A		PC	
3,7 %		Zn - Ni Zn - A	PC		
3,6 %	Zn - Ni	Zn - A		Na. S PC	
2,9 %	Zn - Ni	Zn - A			PC
2,5 %		Zn - Ni Zn - A	PC	Na. S	
2,29 %	Zn - Ni	Zn - A	PC		
2,04 %		Zn - A		Na. S PC	
2,0 %		Zn - Ni Zn - A		Na. S	
1,9 %	Zn - Ni	Zn - A		Na. S	PC
1,5 %	Zn - Ni	Zn - A	PC	Na. S	
1,2 %		Zn - Ni Zn - A			
1,0 %	Zn - Ni	Zn - A	Na. S	PC	

**LEGENDE :** Zn - Ni : accumulateur Zinc - Nickel  
 Zn - A : générateur Zinc - Air à circulation  
 PC : pile à combustible hydrogène - air  
 Na. S : accumulateur Sodium - Soufre

On constate tout d'abord que, dans 30 % des cas, la source de deuxième génération est diffusée en 1982 et celle de troisième génération en 1990.

Cependant, certaines tendances supplémentaires peuvent être détectées :

- légère tendance de voir l'industrialisation de l'accumulateur zinc-nickel précéder d'une ou deux années celle du générateur zinc-air,
- plus grande possibilité pour la pile à combustible de déboucher industriellement parlant avant l'accumulateur sodium-soufre,
- dans environ 11 cas sur 100, une source de troisième génération est commercialisée moins de trois ans après l'industrialisation d'une source de seconde génération.

## **D. - EVOLUTION PREVISIBLE DU MARCHE DANS LES QUINZE ANNEES A VENIR**

Comme cela a été signalé, une étude complète de l'évolution du parc de véhicules électriques ne pourra être entreprise qu'à partir des études de marché qui devront être lancées dès 1975.

Cependant, d'ores et déjà quelques prévisions peuvent être faites sur chacune des sources.

### **LE MARCHE DES VEHICULES EQUIPES DE BATTERIES AU PLOMB**

En se rapportant au tableau des caractéristiques des sources souhaitables pour chaque créneau, on constate que le marché potentiel pour une batterie fournissant 40 Wh/kg pour 100 W/kg, est en priorité celui des petits véhicules utilitaires. La bicyclette électrique, le bateau électrique et le « Cob » tombent dans cette gamme. D'autres créneaux sont à la limite des possibilités de la source. Il s'agit en priorité de l'autobus bas de gamme, de la camionnette de livraison, et du véhicule spécifiquement urbain. Le véhicule électrique ne constitue pas, pour autant, la technique privilégiée dans ces créneaux. De nombreux obstacles s'opposent à la diffusion de ces types de véhicules :

- l'immobilisation imposée par une durée de recharge très pénalisante,
- la faiblesse de l'autonomie, bien que par exemple, la majorité des véhicules de livraison parcourent en moyenne, dans les villes, des distances journalières inférieures à 30 km,

- l'aspect nouveau du produit,
- la nécessité de disposer de garages pour stocker et recharger les véhicules, ou même pour recharger les batteries en attente,
- les contraintes d'entretien (surveillance des matériels, renouvellement du niveau des accumulateurs...),
- le manque de garantie accordée sur la durée de vie des accumulateurs par les constructeurs,
- l'impossibilité actuelle de faire un bilan économique indiscutable.

Toutes ces remarques conduisent à penser que le marché réel du véhicule équipé d'accumulateur au plomb sera très inférieur au marché potentiel. Ainsi dans la gamme du « Cob », de l'électrocycle et de la camionnette électrique, on peut escompter quelques milliers de véhicules par an.

Dans le créneau des minibus de centres villes, le marché réel actuel en France peut, en première approximation, être évalué à 200 unités par an. La part qui peut être prise par la traction électrique ne peut guère, dans le contexte actuel, dépasser la centaine d'unités par an. Il est évident que la nouvelle impulsion, donnée par les pouvoirs publics à un programme d'équipement en transports en commun attractifs, ne peut qu'accroître l'importance de ce marché.

Cependant, malgré l'existence d'un marché relativement étroit, il est essentiel de promouvoir la diffusion du véhicule équipé d'accumulateurs au plomb pour :

- amorcer un virage technologique vers des véhicules moins polluants et moins nuisants,
- familiariser les responsables des entreprises avec l'idée de la traction électrique,
- préparer les esprits à accueillir favorablement, en 1982, la seconde génération de sources, c'est-à-dire l'accumulateur zinc-nickel ou le générateur zinc-air à circulation.

## LE MARCHÉ DES VÉHICULES

### EQUIPES D'ACCUMULATEURS NICKEL-CADMIUM

Il s'agit comme nous l'avons vu précédemment d'une technologie destinée aux véhicules à récupération de puissance de pointe. La part du marché que pourrait absorber ce véhicule est très difficile à déterminer, en l'absence de résultats préliminaires d'expérimentation. Dans un premier temps, la technique d'hybridation s'appliquera plus facilement aux véhicules de flottes. La clientèle privée ne pourra être sérieusement abordée qu'après quelques années probatoires.

Il paraît cependant opportun de tenter un début d'industrialisation de cette technique, puisque les sources actuellement en cours d'étude peuvent nécessiter une hybridation (générateur zinc-air à circulation, pile à combustible).

## LE MARCHE DES VEHICULES EQUIPES D'ACCUMULATEURS ZINC-NICKEL

Le graphique des caractéristiques souhaitables des sources montre que tous les créneaux peuvent être abordés hormis ceux du taxi et de la voiture routière.

Quelques remarques peuvent être faites :

- les performances des véhicules particuliers restent encore relativement faibles et ne paraissent pas pouvoir motiver le public à l'achat de tels véhicules. Le prix élevé de cette technique (cf. chapitre 2.A.) peut constituer un facteur de dissuasion supplémentaire. Cependant on peut estimer qu'une certaine clientèle peut être attirée par des performances doubles de celles offertes par les véhicules électriques actuels,
- les créneaux des autobus, camions et camionnettes de livraison peuvent se satisfaire des caractéristiques des accumulateurs nickel-zinc. Cependant, les performances restent très moyennes et ne permettent pas encore d'envisager une généralisation de la traction électrique dans le secteur des utilitaires de charge utile supérieure à 500 kilogrammes,
- les créneaux des petits véhicules utilitaires sont par contre parfaitement adaptés à ce type d'accumulateurs.

Ces diverses considérations permettent d'estimer que la production de véhicules équipés d'accumulateurs zinc-nickel pourrait être de quelques dizaines de milliers d'unités par an.

## LE MARCHE DES VEHICULES EQUIPES DE GENERATEURS ZINC-AIR A CIRCULATION

Le graphique de base montre que par rapport à la source précédente, un nouveau créneau peut être abordé, celui des taxis. En outre, l'amélioration de caractéristiques apportée par ce générateur devrait accroître le marché réel dans l'ensemble des créneaux concernés. En effet :

- en cas de régénération extérieure (flotte de véhicules), la recharge est quasi instantanée,
- si un investissement supplémentaire doit être consenti pour s'équiper en système de régénération, il faut constater cependant que ce procédé conduit à une réduction des aires de stockage en surface, puisqu'il n'est plus nécessaire de maintenir, en un lieu privilégié, les véhicules pendant la nuit ou la durée de recharge,
- si après quelques années de production et de commercialisation au niveau des flottes, le générateur air-zinc confirmait sa fiabilité et sa simplicité de fonctionnement et d'entretien, il serait possible d'envisager entre 1985 et

1990 une diffusion grand public de véhicules particuliers équipés de ce type de générateur. Il s'agirait bien entendu uniquement de véhicules particulièrement urbains (V.P.U.).

Malgré ces considérations, on peut estimer que le marché réel des véhicules équipés de générateur zinc-air à circulation reste du même ordre de grandeur que précédemment, c'est-à-dire quelques dizaines de milliers de véhicules par an.

#### LE MARCHE DES VEHICULES EQUIPES D'ACCUMULATEURS SODIUM-SOUFRE

La voiture routière pourrait se satisfaire des caractéristiques de cette source, ce qui conduit à constater que l'ensemble des créneaux peuvent être visés. Cependant, de très grandes réserves doivent être faites en ce qui concerne l'installation d'accumulateurs sodium-soufre sur des véhicules de petit gabarit. En effet, la température de fonctionnement, la nature du métal utilisé et les risques d'irréversibilité en cas d'inversion du courant rendent très problématiques la diffusion de ce générateur auprès des particuliers. L'accumulateur sodium-soufre a, par contre, un intérêt certain, dans des véhicules du type camions lourds et autobus dans lesquels, il est relativement facile de protéger mécaniquement et d'isoler thermiquement le générateur.

#### LE MARCHE DES VEHICULES EQUIPES DE PILES A COMBUSTIBLE

Tous les créneaux sont compatibles avec cette technique, à condition toutefois que les problèmes de stockage de l'hydrogène (dans le cas des piles hydrogène-air) soient résolus.

A priori, c'est de cette technique que dépend la réussite du véhicule électrique routier.

Cependant, ce développement et cette diffusion ne pourront avoir lieu, que :

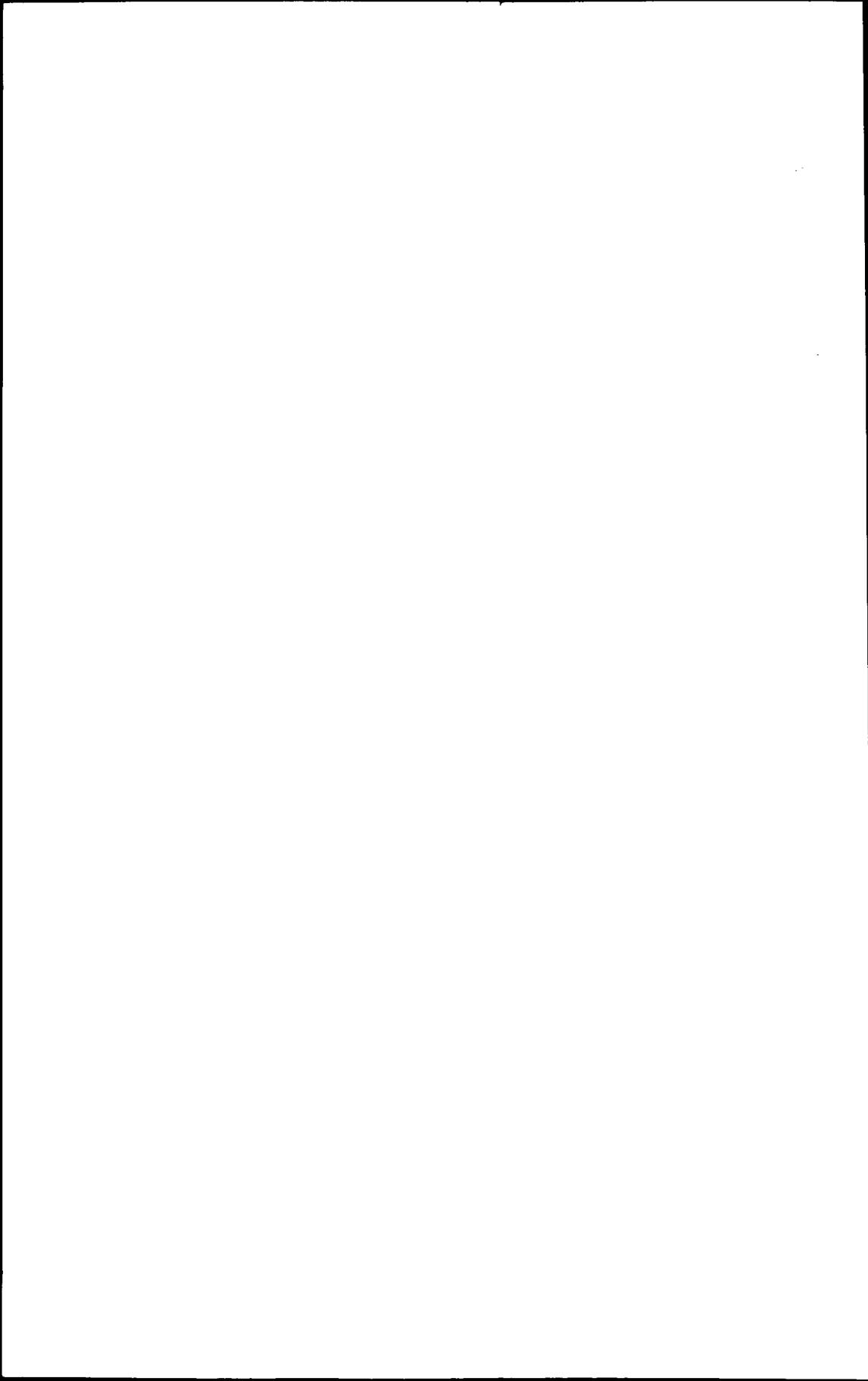
- si les techniques ont été éprouvées et ont démontré au public leur fiabilité,
- si les esprits ont été préparés à l'avènement du véhicule électrique,
- si une impulsion de départ est donnée par les pouvoirs publics,
- si l'hydrogène conserve les faveurs des techniciens comme vecteur d'énergie.

L'ensemble du chapitre a montré une évolution progressive dans le développement du véhicule électrique. C'est ainsi qu'il a été possible d'évaluer :

- à quelques milliers d'unités par an le marché jusqu'en 1982,
- à quelques dizaines de milliers d'unités par an le marché jusqu'en 1990,
- à quelques centaines de milliers d'unités par an le marché après 1990.

Ceci confirme bien qu'il ne peut être envisagée l'équipement de 10% du parc automobile français avec des véhicules électriques avant la période 1990-1995.

Signalons que ce chiffre de 10% est celui généralement avancé par les industriels comme étant la part du marché qui les conduit à mettre en jeu toutes leurs ressources pour l'absorber.



## SOMMAIRE

	Pages
<b>Présentation</b> .....	5
... Pour une promotion du véhicule électrique .....	9
o L'intérêt du véhicule électrique .....	9
o Les actions des pouvoirs publics jusqu'en 1974 .....	14
o Propositions d'actions .....	17
— Le scénario .....	18
— Les actions .....	21
— L'effort financier .....	32
— La mise en place d'un groupe responsable de la promotion du véhicule électrique .....	33
<b>1. Généralités</b> .....	35
A. Choix d'un expert « véhicule électrique » .....	37
B. Normalisation et standardisation .....	39
Définition d'un vocabulaire standardisé .....	39
Détermination d'un cycle .....	40
Définition des conditions d'essais des sources d'énergie .....	40
Définition des indicateurs de prix de revient .....	41
<b>2. Aspects techniques</b> .....	43
A. Sources d'énergie .....	45
Accumulateurs existants .....	48
— Accumulateur au plomb .....	48
— Accumulateur cadmium-nickel .....	49
— Autres systèmes .....	50
Accumulateurs en cours d'étude .....	53
— Accumulateur zinc-nickel .....	53
— Accumulateur hydrogène-nickel .....	54
	155

	Pages
— Générateur zinc-air .....	54
— Accumulateur « haute température » .....	56
— Accumulateur zinc-chlore .....	57
Les piles à combustible .....	60
— Particularités .....	60
— Etat d'avancement des travaux .....	60
— Principaux types développés .....	61
— Solutions pour le véhicule électrique .....	61
— Propositions d'actions .....	62
<b>B. Moteurs - Commandes .....</b>	<b>65</b>
Systèmes classiques .....	66
Solutions à développer .....	67
Considérations générales .....	72
<b>C. Les véhicules hybrides .....</b>	<b>75</b>
Définition .....	75
Données technologiques .....	76
Considérations générales .....	78
Propositions d'actions .....	79
<b>D. Structure et architecture des véhicules électriques .....</b>	<b>81</b>
<b>E. Les auxiliaires .....</b>	<b>83</b>
Le chargeur .....	84
Les indicateurs de potentiel énergétique encore disponible .....	87
Le chauffage .....	89
L'alimentation des auxiliaires .....	89
Le relayage .....	90
L'extraction des gaz de la batterie de traction .....	91
Le déparasitage .....	91
<b>F. Les expérimentations .....</b>	<b>93</b>
L'historique des expérimentations en France .....	93
Les actions à engager .....	98
— Les expérimentations de véhicules routiers équipés d'accumulateurs classiques .....	98
— Les véhicules hybrides .....	102
— L'électrocycle .....	102
— Le bateau électrique .....	103

	Pages
<b>3. Aspects logistiques</b> .....	105
<b>A. Production</b> .....	107
Modification du marché des matières premières .....	107
Le savoir faire et la main-d'œuvre .....	108
Les structures industrielles .....	108
Recherche de solutions à caractère international .....	109
<b>B. Exploitation</b> .....	111
Les infrastructures selon les filières .....	111
Les problèmes économiques de l'exploitation du véhicule électrique .....	112
Etudes à mener pour la mise en place de l'infrastructure liée à l'utilisation des accumulateurs .....	113
Etudes à mener pour la mise en place d'une infrastructure liée à la diffusion de la technique zinc-air .....	115
<b>C. Maintenance et entretien</b> .....	117
— Formation du personnel .....	117
— Problème des stocks .....	118
<b>4. Aspects réglementaires et fiscaux</b> .....	119
<b>A. Aspects réglementaires inhérents au véhicule et aspects fiscaux</b> ..	121
Adaptation aux voitures électriques des règles de sécurité actuelles .....	121
Détermination de la puissance administrative des véhicules électriques .....	122
<b>B. Incitations</b> .....	125
Incitations fiscales .....	125
Incitations réglementaires .....	126
Incitations au niveau de l'infrastructure .....	126
<b>5. Le développement prévisible du véhicule électrique</b> .....	127
<b>A. Les créneaux d'application</b> .....	131
Le véhicule électrique individuel .....	132
Le taxi traditionnel .....	133
Le véhicule urbain banalisé .....	134
Le véhicule utilitaire de transport de marchandises .....	135
Le véhicule électrique de transport en commun .....	138
Les autres catégories .....	139
<b>B. L'adaptation des sources aux créneaux</b> .....	141

	Pages
C. Les scénarios possibles .....	143
Probabilités de réussite industrielle de chacune des sources ....	143
Combinaison des différentes probabilités .....	145
D. Evolution prévisible du marché dans les quinze années à venir ..	149
Le marché des véhicules équipés de batteries au plomb .....	149
Le marché des véhicules équipés d'accumulateurs cadmium-nickel	150
Le marché des véhicules équipés d'accumulateurs zinc-nickel ..	151
Le marché des véhicules équipés de générateurs zinc-air à circu- lation .....	151
Le marché des véhicules équipés d'accumulateurs sodium-soufre	152
Le marché des véhicules équipés de piles à combustible .....	152

Liste complète de la collection « Environnement » :

- 1) Répertoire de l'Environnement : Associations et organisations (épuisé).
- 2) Automobiles et nuisances — Pour un programme d'action (2<sup>e</sup> éd. 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).
- 10) Le développement de l'action des agences financières de bassin durant le VI<sup>e</sup> Plan.
- 11) Protection et aménagement des espaces verts : rapport 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 interministériel 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 (Monographie scientifique).
- 21) Evaluation du coût de la prévention de la pollution atmosphérique.
- 22) La pollution par les oxydes d'azote (Monographie scientifique).
- 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 (Monographie scientifique).
- 28) La pollution par les composés organochlorés (Monographie scientifique).
- 29) Prévention et lutte contre les pollutions et les nuisances des porcheries.
- 30) La lutte contre le gaspillage.
- 31) et 32) Environnement et cadre de vie - Dossier statistique (2 volumes).
- 33) Vers une deuxième génération de véhicules ? Les véhicules électriques.
- 34) Jardins botaniques et arboretums.
- 35) Rapport sur les relations entre le secteur de l'énergie et l'environnement dans une perspective à long terme.

Hors collection : Les paramètres de la qualité des eaux.

ACHEVÉ D'IMPRIMER  
SUR LES PRESSES DE  
L'IMPRIMERIE BIALEC  
9-14-16, av. Gén.-Leclerc  
— 5 4 — N A N C Y —

Dépôt légal n° 5206, 4<sup>e</sup> trim. 1974