Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 68 (1977)

Heft: 3

Artikel: Le développement des véhicules électriques et leur approvisionnement en énergie dans les pays de la Communauté Economique Européenne

Autor: Gallot, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914988

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le développement des véhicules électriques et leur approvisionnement en énergie dans les pays de la Communauté Economique Européenne

Par J. Gallot

Anschliessend an eine Beschreibung der mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen zusammenhängenden Probleme wird das voraussichtliche Elektrofahrzeug-Potential im Jahre 1990 und der damit verbundene Elektrizitätsverbrauch unter verschiedenen Voraussetzungen abgeschätzt. Diese Schätzungen werden für Frankreich und die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft vorgenommen.

Après avoir évoqué les problèmes posés par le développement des véhicules électriques, l'auteur fait une évaluation du parc de véhicules électriques en 1990 et de leur consommation en énergie dans différentes hypothèses. Ceci pour la France et pour l'ensemble des pays de la Communauté Economique Européenne.

1. Introduction

Le souci de restreindre la consommation des produits pétroliers, le désir d'améliorer les conditions de vie dans les villes grâce à une diminution de la pollution et du bruit font que l'utilisation de l'énergie électrique pour la propulsion des véhicules est, depuis quelques années, l'objet d'études très actives.

Il est aujourd'hui très généralement admis qu'au cours de la prochaine décennie les véhicules électriques constitueront, tout au moins dans les pays industrialisés, une part significative du parc automobile en service dans les zones urbaines, et que cette part s'accroîtra très rapidement par la suite.

Vraisemblablement, jusque vers 1990, ces véhicules feront presque uniquement appel à des accumulateurs électriques embarqués, rechargeables à partir des réseaux de distribution d'électricité.

Actuellement seuls sont en pratique disponibles les accumulateurs plomb-acide et alcalins, fabriqués industriellement dans des conditions économiques acceptables.

Dans quelques années, et conjointement avec ces derniers, pourront être utilisés des accumulateurs capables de performances plus élevées, qui en sont encore au stade des études et expérimentations, mais qui franchiront bientôt l'étape de l'industrialisation en raison des efforts qui sont déployés, des résultats obtenus et de l'appel d'un marché qui déjà se dessine.

Ce n'est vraisemblablement qu'à partir de 1990 que l'on pourra faire largement appel aux piles à combustibles, hydrogène et méthanol, dont les performances provoqueront une accélération du développement des véhicules électriques: ce délai est la conséquence non seulement des problèmes techniques qui sont encore à résoudre pour réaliser industriellement ces piles, mais aussi de la mise au point de réacteurs nucléaires à haute température pour la production économique des combustibles utilisés.

Aujourd'hui, les véhicules électriques en service dans les différents pays sont en nombre extrêmement réduit: leur alimentation en électricité, pour la recharge des accumulateurs, ne pose donc aucun problème.

Par contre, il importe de définir la situation qui aura été créée par le développement de véhicules électriques à accumulateurs au cours de la prochaine décennie: c'est donc l'horizon 1990 qui a été retenu, dans le cadre du présent rapport, pour définir l'importance et la nature des problèmes posés par l'alimentation en énergie des véhicules électriques qui seront alors en service, alimentation réalisée à partir des ouvrages de production et de distribution d'électricité.

A partir de 1990, l'évolution précédemment décrite posera des problèmes de nature et d'ampleur très différentes: ils sortent du cadre de cette étude, car ils nécessiteraient l'exploration de domaines scientifiques dont les perspectives sont encore incertaines.

Les producteurs et distributeurs d'électricité y portent toute leur attention et, le moment venu, sauront s'adapter à la situation ainsi créée.

2. Le développement des véhicules électriques et son contexte

Le développement ultérieur des véhicules électriques sera évidemment la conséquence des progrès scientifiques et industriels dont bénéficieront leurs éléments constitutifs et surtout les sources d'énergie.

Mais ce développement dépendra aussi des pouvoirs publics, des industriels constructeurs, des distributeurs d'énergie et de l'opinion publique elle-même.

2.1 Les pouvoirs publics

Les autorités nationales, régionales ou locales sont actuellement très soucieuses d'améliorer les conditions de vie et ont engagé la lutte contre la pollution et contre le bruit.

Dans tous les pays, la circulation automobile urbaine est étroitement règlementée et les transports en commun encouragés; en Allemagne Fédérale, en France et en Italie, les voies réservées aux piétons sont de plus en plus nombreuses.

La propulsion électrique des véhicules est susceptible d'apporter une contribution importante à l'œuvre ainsi entreprise.

Par ailleurs, dans les pays qui se sont orientés vers un large appel à l'énergie nucléaire pour la production d'électricité, l'utilisation de véhicules électriques permettra de diminuer la consommation de produits pétroliers.

Il est à remarquer que même lorsque la production d'électricité est assurée par des centrales thermiques brûlant du fuel, le rendement énergétique global de la propulsion électrique d'un véhicule dont les accumulateurs sont rechargés à partir des réseaux de distribution est sensiblement égal, voire même supérieur, au même rendement calculé pour un véhicule à moteur thermique, utilisé en ville dans des conditions analogues.

La propulsion électrique ne provoque donc aucun gaspillage énergétique et présente même l'avantage d'utiliser rationnellement dans les centrales les produits pétroliers lourds.

Pour ces diverses raisons, les pouvoirs publics nationaux s'intéressent au développement des véhicules électriques. Cet intérêt est cependant inégal selon les pays: aides financières en Allemagne Fédérale et en France, incitations réglementaires ou fiscales en Allemagne Fédérale, en Belgique et en Italie.

Il est évident que les autorités communales, responsables d'agglomérations urbaines, pourraient apporter d'importantes améliorations aux conditions de vie de leurs administrés, en

encourageant dans le centre des villes l'utilisation de véhicules électriques pour la livraison des marchandises, pour les services publics et pour les transports en commun.

2.2 Les industriels constructeurs

Actuellement, les véhicules électriques n'ont pas de marché naturel hormis certains emplois très particuliers donc très limités. Cette situation résulte principalement de la technologie des sources d'électricité susceptibles d'équiper les véhicules.

On peut penser qu'en cas de fabrication en série le prix d'un véhicule électrique, source non comprise, serait très comparable au prix d'un véhicule automobile équivalent à moteur thermique.

Pour que le véhicule électrique se développe naturellement, il faudrait donc que des sources électriques dotées de performances nettement accrues puissent être produites industriellement à des prix suffisamment bas pour que le surcoût qui subsisterait soit compensé par une appréciation suffisante des avantages qu'apporte la propulsion électrique à la collectivité. Nous n'en sommes évidemment pas là aujourd'hui.

De ce fait, les industriels de l'automobile, de la construction électrique et de l'électrochimie se sont bornés pendant longtemps à pratiquer une politique soit de simple veille technologique, soit de recherche à moyen ou long terme dans le domaine des sources.

Au cours des deux ou trois dernières années, l'importance donnée à la défense de l'environnement et l'acuité des problèmes énergétiques liés à l'approvisionnement en produits pétroliers, ont fait prendre conscience à beaucoup d'industriels qu'à partir de 1980 les contraintes imposées aux véhicules thermiques rendraient inéluctable un développement important des véhicules électriques.

Ces industriels ont donc développé considérablement leurs efforts dans ce sens, sachant que la mise en place des activités nouvelles correspondantes, qui nécessiteront plusieurs années, doit être entreprise sans plus tarder: ces efforts s'orientent vers l'amélioration à court terme des sources existantes (notamment en ce qui concerne leur durabilité) et vers la réalisation de véhicules spécialement conçus pour des utilisations compatibles avec ces sources, mais qui seraient également susceptibles d'utiliser ultérieurement les sources de la génération suivante.

On ne saurait faire grief aux industriels, en raison notamment de la crise économique actuelle, de ne pas faire les investissements nécessairement lourds qui permettraient de lancer la fabrication et la commercialisation d'un grand nombre de véhicules électriques nouveaux.

D'autre part, les utilisateurs potentiels ne sauraient constituer un marché important tant que ne leur sont pas offerts des véhicules électriques dont les caractéristiques, la fiabilité et la maintenance sont garanties par des industries ayant une expérience et une notoriété suffisantes.

Il s'ensuit un enchaînement dont la rupture conditionne étroitement le développement des véhicules électriques.

En *France,* cette situation a été particulièrement ressentie, ce qui a motivé une initiative intéressante.

Il est apparu indispensable de créer un marché de démarrage, susceptible d'encourager l'action des industriels.

Un certain nombre de services et d'organismes publics exploitent pour leurs propres besoins des parcs automobiles importants.

Ils se sont réunis afin de déterminer très soigneusement les caractéristiques de véhicules qui, utilisant la propulsion électrique et les sources actuellement disponibles, pourraient satisfaire certains de leurs besoins.

Ils ont en même temps déterminé l'importance des parcs potentiels correspondants.

Ces éléments sont destinés à être communiqués aux industriels qui feront connaître leurs propositions tant en ce qui concerne la définition des véhicules qu'ils sont susceptibles de fournir qu'en ce qui concerne les coûts d'achat et d'exploitation.

Au terme de cette consultation, les services et organismes publics considérés pourront passer des commandes qui conduiront les industriels retenus à lancer des fabrications, certes de faible importance encore, mais déjà suffisantes pour leur permettre d'acquérir une expérience génératrice de futurs développements.

Il est évident que l'efficacité de cette opération sera accrue si les pouvoirs publics apportent certaines aides financières.

Les services et organismes publics en cause sont:

- le Ministère des Postes et Télécommunications,
- le Ministère de la Santé,
- la SNCF,
- Electricité de France,
- l'Aéroport de Paris et Air France, pour les véhicules de service dans les aéroports,
- le Ministère de l'Intérieur et l'Association des Maires de France pour les véhicules utilisés par les Services municipaux urbains.

2.3 Les distributeurs d'énergie

Depuis de nombreuses années, les distributeurs d'électricité portent un grand intérêt au développement des véhicules électriques.

Les établissements nationaux de France, de Grande-Bretagne et d'Italie, les plus importantes sociétés d'Allemagne Fédérale et de Belgique effectuent des études et des recherches scientifiques et techniques ainsi que des expérimentations; certains d'entre-eux travaillent en étroite coopération.

Les distributeurs d'électricité n'ont évidemment pas à intervenir dans la construction de véhicules et leur commercialisation, mais ils ont une grande connaissance théorique et pratique des phénomènes électriques, ce qui leur permet de conseiller les industriels dans leurs orientations et de porter un jugement sur leurs réalisations.

Ils exercent de ce fait une coordination générale qui leur permet d'être souvent d'utiles intermédiaires entre les pouvoirs publics et les industriels.

Les distributeurs de produits pétroliers ne considèrent pas que le développement des véhicules électriques constitue pour eux un danger potentiel.

Il n'est en effet dans l'esprit de personne que le moteur électrique en vienne à être, dans le domaine de l'automobile, un concurrent dangereux pour le moteur thermique: il s'agit là de moyens complémentaires pour assurer le développement des transports au mieux des intérêts collectifs.

Les distributeurs de produits pétroliers voient avec clairvoyance le rôle qu'ils peuvent jouer dans la production du fluide nécessaire au fonctionnement ultérieur des piles à combustibles, et d'une manière plus générale dans l'utilisation de leur remarquable réseau de stations-services pour l'approvisionnement en énergie des véhicules électriques.

Parc de véhicules électriques en 1990 pour la France Tableau I

	Parc total	Hypothèse minimale		Hypothèse normative	
	(milliers)	Taux de pénétration (%)	Nombre de véhicules (milliers)	Taux de pénétration (%)	Nombre de véhicules (milliers)
Véhicules à deux roues	8 000	3	240	3	240
Mini-Véhicules à trois ou quatre roues pour zones réservées	15	50	7,5	50	7,5
Voitures particulières et commerciales	21 000	0,4	80	6,8	1 430
Véhicules destinés au transport des marchandises	2 700	4,4	118	10,9	295
Autobus	18	14	2,5	36,1	6,5
Chariots de manutention	380	55	209	55	209
Bennes à ordures	13	40	5	60	8

2.4 L'opinion publique

Le public, dans son ensemble, a toujours été séduit par la propulsion électrique des véhicules, souhaitant voir utiliser pour l'automobile cette électricité qui pour les besoins ménagers est synonyme de confort et de progrès.

Consciente de cet attrait, la presse ne manque jamais de signaler les réalisations de voitures électriques destinées à révolutionner le marché de l'automobile.

Prompt à s'enthousiasmer mais toujours déçu, ignorant des servitudes industrielles, le public considère que la voiture électrique n'apparaîtra qu'au prix d'une invention miraculeuse.

Pour lui d'ailleurs, il s'agit bien de la «voiture électrique», c'est-à-dire de l'engin qui permettrait à chacun, silencieusement et économiquement, d'aller tous les jours à son travail et d'emmener sa famille en vacances à l'autre bout de l'Europe.

C'est dire combien l'opinion publique est mal préparée au développement des véhicules électriques tel qu'il peut être envisagé dans la pratique.

Pendant de nombreuses années encore, toute réalisation dans ce domaine risque d'être vouée au dédain de la population qui n'en verra que les insuffisances, considérées comme des infirmités fondamentales.

Une action très attentive d'information de l'opinion publique est donc indispensable afin de lutter contre un romantisme et un goût du sensationnel qui ne peuvent qu'être nocifs.

Il importe également qu'une grande prudence soit observée dans la réalisation et la commercialisation de nouveaux véhicules électriques, les insuffisances technologiques et les défaillances du service après vente devant immanquablement constituer de graves contre-références.

Cette prudence doit aussi être observée dans le choix des créneaux d'utilisation pour lesquels ces véhicules sont conçus.

La mise en circulation de véhicules électriques utilitaires constituant des flottes rationnellement exploitées, la mise en service d'autobus électriques confortables sur des lignes de transports en commun judicieusement choisies, seraient dès à présent d'excellents moyens pour assurer ultérieurement un développement des véhicules électriques.

On peut, par contre, s'interroger sur l'opportunité d'offrir à une clientèle dispersée et non avertie des véhicules sans doute pleins de qualités mais dont l'utilisation susciterait peut-être par la suite de sérieux déboires.

3. Evaluation du parc de véhicules électriques en service en 1990

Une étude détaillée faite pour la France a permis d'évaluer le parc de véhicules électriques qui serait en service en 1990 dans diverses hypothèses tenant compte des sources d'énergie susceptibles d'être utilisées à cette époque. Les résultats de cette étude ont été confrontés à des évaluations faites par ailleurs en Allemagne Fédérale et en Italie. Une extrapolation a été tentée sur ces bases pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne.

3.1 Evaluation pour la France du parc de véhicules électriques en service en 1990

L'importance de l'ensemble du parc automobile français en 1990 a été tout d'abord déterminée, certains types de véhicules manifestement inaccessibles à la propulsion électrique, les autocars routiers notamment, étant laissés de côté.

Ce parc peut-être évalué à environ 24000000 de véhicules, non compris les véhicules à deux roues, les mini-véhicules à trois ou quatre roues et les engins spéciaux.

Deux hypothèses ont été retenues pour définir le taux de pénétration de la propulsion électrique dans ce parc (voir tableau I).

– *Hypothèse minimale:* Seules, les batteries traditionnelles actuellement fabriquées seraient encore utilisées en 1990, après n'avoir bénéficié que d'améliorations technologiques.

– *Hypothèse normative:* De nouvelles batteries nettement plus performantes seraient apparues en 1990 sur le marché et auraient en grande partie supplanté les batteries traditionnelles.

Il ne s'agit nullement ici de comparer les mérites respectifs des nouvelles batteries qui, en grand nombre, sont étudiées dans tous les pays industrialisés, et de choisir celles qui ont le plus de chance de faire l'objet d'une utilisation industrielle dans les délais considérés.

Deux types de batteries ont seulement été retenus en raison de leur caractère représentatif:

– le générateur zinc-air à circulation,
– le générateur sodium-soufre.

Dans l'hypothèse normative, les véhicules à deux roues, les mini-véhicules à trois ou quatre roues et les engins de manutention ont été considérés comme devant être équipés de batteries traditionnelles: le taux de pénétration a donc été pour

ces véhicules maintenu égal à celui établi pour l'hypothèse minimale.

Par ailleurs, toujours dans l'hypothèse normative, deux possibilités ont été envisagées séparément:

a) Tous les véhicules non équipés de batteries traditionnelles utiliseraient des générateurs zinc-air à circulation.

b) Tous les véhicules non équipés de batteries traditionnelles utiliseraient des générateurs sodium-soufre.

Il est vraisemblable qu'en 1990 les piles à combustibles seront opérationnelles dans le domaine de la propulsion des véhicules; peut-être même auront-elles déjà pris une part importante du marché.

Les problèmes relatifs à l'alimentation en énergie des véhicules ainsi équipés se poseront alors au plan de la production des combustibles utilisés, dépassant d'ailleurs le cadre du seul domaine de l'automobile; c'est la raison pour laquelle cette hypothèse n'est mentionnée ici que pour mémoire.

Les taux de pénétration adoptés dans les deux hypothèses retenues ont été déterminés en fonction des caractéristiques de l'utilisation des différents types de véhicules et de l'intérêt que pourront porter les pouvoirs publics à leur électrification.

Il apparaît dans ces conditions que le parc français de véhicules électriques en 1990, peut être évalué conformément au tableau I.

Le nombre total de voitures particulières et commerciales, de véhicules pour le transport des marchandises et d'autobus s'élèverait donc à environ:

Hypothèse minimale	200 000, soit 0,8 % du parc total
Hypothèse normative	1 730 000, soit 7,3 % du parc total

3.2 Extrapolation pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne

Une étude relative à l'*Allemagne fédérale* fait ressortir pour 1990 un parc total de 2600000 véhicules électriques sur la base d'un taux de pénétration global de 10 %.

Une étude relative à l'*Italie* fait ressortir pour certaines catégories des taux de pénétration assez élevés et notamment:

Cyclomoteurs	20 %
Mini-véhicules	80 %
Voitures particulières (2e voiture de ménage)	25 %
Véhicules pour le transport des marchandises jusqu'à 3000 kg de charge utile	10 %
Autobus	
– de moins de 80 places	25 %
– de plus de 80 places	20 %

Mais, pour l'ensemble des voitures particulières et commerciales, des véhicules pour le transport des marchandises et des autobus, le nombre de véhicules électriques en 1990 serait d'environ 950000, sur un parc total de 20000000, soit un taux de pénétration moyen d'environ 5 %.

Ces deux études supposent le développement de nouvelles sources d'électricité venant prendre le relais de celles actuellement utilisées.

Compte tenu de ces indications, une extrapolation pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne a été tentée.

Les éléments de l'étude faite pour la France, dans l'hypothèse normative, ont été pris pour base, les véhicules à deux roues, mini-véhicules et engins spéciaux n'étant pas pris en considération par mesure de simplification. Les résultats sont rassemblés dans le tableau II.

Parc de véhicules électriques en 1990 pour l'ensemble des pays de la Communauté Economique Européenne Tableau II

Catégories	Parc automobile total en 1990 (milliers)	Taux de pénétration (%)	Nombre de véhicules (milliers)
Voitures particulières et commerciales	87 800	6,8	5 975
Véhicules pour le transport des marchandises	10 800	10,9	1 200
Autobus	70	36,1	25
Ensemble	98 670	7,3	7 200

Il est évident que les chiffres du tableau II ne résultent que d'une extrapolation grossière dont la validité peut faire l'objet de maintes critiques. Ils ne peuvent que servir de base à des réflexions sur les différents problèmes que poseront la réalisation et l'utilisation des véhicules électriques au cours de la prochaine décennie.

4. Problèmes posés par l'alimentation en énergie des véhicules électriques utilisés en 1990

4.1 Evaluation de la quantité d'énergie électrique consommée

4.1.1 Evaluation pour la France

L'étude française dont il a été fait mention ci-avant a été poursuivie dans ce domaine.

Pour chaque catégorie de véhicules, une distance moyenne parcourue quotidiennement a été déterminée à partir de données statistiques relatives à des véhicules thermiques équivalents assurant le même service.

La consommation d'électricité par kilomètre parcouru a été établie à partir d'études théoriques, complétées par des mesures faites au cours d'essais de longues durées dans des conditions normales de circulation urbaine ou par le dépouillement des résultats d'exploitation de véhicules commercialisés.

Les consommations spécifiques ainsi mises en évidence sont supposées mesurées aux points de fourniture à partir du réseau électrique de distribution: elles tiennent compte par conséquent du rendement des équipements électriques et mécaniques des véhicules, du rendement des sources d'énergie et de leurs dispositifs de recharge ou de régénération.

Il est enfin à remarquer que ces consommations spécifiques tiennent compte de la vitesse maximum qu'en raison de leurs caractéristiques propres les sources utilisées peuvent leur conférer: c'est ainsi par exemple que la vitesse de véhicules équipés de générateurs sodium-soufre est supérieure à celle dont sont capables les autres véhicules.

Dans les conditions ainsi définies, la quantité totale d'énergie électrique qui sera produite par les centrales et fournie aux réseaux de transport et de distribution peut être évaluée à:

Hypothèse minimale	4 220 GWh
Hypothèse normative	
– Batteries traditionnelles et zinc-air	21 540 GWh
– Batteries traditionnelles et sodium-soufre	14 150 GWh

La répartition de ces fournitures entre les heures de jour et de nuit est un élément important pour le producteur et le distributeur d'électricité.

Cette ventilation a été tentée en tenant compte du mode d'utilisation des véhicules. Ils peuvent être en effet utilisés individuellement ou en flottes à exploitation centralisée.

Dans le premier cas, la recharge des batteries peut être faite par chaque utilisateur dans son garage ou à sa place de parking; l'utilisateur peut aussi confier ce soin à des organismes spécialisés assurant la charge et l'entretien du véhicule; on peut enfin envisager qu'il fasse appel à un réseau de stations assurant instantanément le remplacement d'une batterie déchargée par une batterie chargée.

Il est évident que les caractéristiques de la fourniture d'électricité diffèrent d'un cas à un autre, tant pour sa répartition entre heures pleines et heures creuses que pour la tension d'alimentation, les stations centralisées pouvant avantageusement être alimentées en moyenne tension, ainsi d'ailleurs que les stations de régénération d'électrolyte pour les générateurs zinc-air.

Un essai de prévision a été fait sur ces bases, les systèmes envisagés dépendant de la nature des véhicules et de l'usage qui peut en être fait.

Globalement, et en tenant compte des pertes dans les réseaux de transport et de distribution, les quantités d'électricité nécessaires à l'alimentation du parc de véhicules électriques qui seraient en service en 1990, peuvent être évaluées ainsi qu'il suit au niveau des centrales de production:

Hypothèse minimale

4220 GWh	
dont jour	1 470 GWh
nuit	2 750 GWh

soit 0,90 % de la production totale française.

Hypothèse normative

Batteries traditionnelles et zinc-air	21 540 GWh
dont jour	9 090 GWh
nuit	12 450 GWh

soit 4,60 % de la production totale française en 1990.

Batteries traditionnelles et sodium-soufre	14 150 GWh
dont jour	5 470 GWh
nuit	8 680 GWh

soit 3 % de la production totale française en 1990.

4.1.2 Evaluation pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne

Par extrapolation des résultats ainsi obtenus pour la France, l'énergie totale nécessaire à l'alimentation des véhicules électriques qui en 1990 seront en service dans l'ensemble de la Communauté Economique Européenne, peut être évaluée ainsi qu'il suit pour la seule hypothèse normative, les véhicules à deux roues, les mini-Véhicules et les engins spéciaux n'étant pas pris en considération:

Zinc-air	78 900 GWh
dont jour	31 560 GWh
nuit	47 340 GWh

soit 3,10 % de la production totale d'électricité.

Sodium-soufre	49 140 GWh
dont jour	19 660 GWh
nuit	29 480 GWh

soit 1,95 % de la production totale d'électricité.

Compte tenu de leur développement prévisible, les véhicules électriques considérés, qui seront en service dans la Communauté Economique Européenne en 1990, ne consommeront donc qu'une part minime, pouvant être évaluée à 2 ou 3 %, de l'énergie électrique qui sera produite à cette époque.

4.2 Problèmes concernant la production et la distribution de l'énergie électrique consommée en 1990 par les véhicules électriques

4.2.1 Problèmes concernant la production

Compte tenu de sa faible importance, la production d'électricité pour satisfaire les besoins des véhicules électriques en 1990 ne posera pas de problèmes: la situation sera d'autant plus favorable que le développement de ces véhicules aura été réalisé de manière progressive et qu'une part importante de la consommation se situera pendant les heures de nuit.

Après 1990, comme il a été dit précédemment, il est vraisemblable que le développement des véhicules électriques sera beaucoup plus rapide du fait de l'utilisation industrielle de sources très performantes, les piles à combustibles notamment. Les problèmes énergétiques qui en seront la conséquence se poseront alors différemment mais les producteurs d'électricité apporteront pour les résoudre toute leur contribution.

4.2.2 Problèmes concernant la distribution de l'énergie électrique

L'importance relativement faible de l'énergie électrique consommée en 1990 pour la propulsion des véhicules, montre que globalement aucun problème majeur ne risque de se poser. Une analyse plus fine est cependant nécessaire.

Le développement des véhicules électriques sous la forme de flottes dont l'exploitation serait centralisée, ou la création d'organismes de service procédant à l'entretien, la recharge ou l'échange des batteries pour le compte des utilisateurs individuels, entraîneront l'implantation de stations nécessitant des puissances électriques d'une certaine importance, mais qui ne sortiront aucunement du cadre des fournitures industrielles que les distributeurs d'électricité ont l'habitude d'assurer.

Pour chacune de ces stations, les nombreuses opérations de recharge et leur étalement dans le temps provoqueront un bon foisonnement des appels de puissance et par conséquent une durée satisfaisante d'utilisation de la puissance totale livrée par le distributeur d'électricité. Il n'en résultera donc aucun problème particulier.

Par contre, on peut penser qu'un large développement des véhicules électriques provoquera chez les utilisateurs individuels le désir d'être entièrement maîtres de leurs véhicules: chacun voudra pouvoir assurer la recharge du générateur équipant son véhicule pendant le temps où il ne l'utilisera pas.

On peut même penser qu'afin de compléter les progrès dont seront l'objet les accumulateurs en ce qui concerne leurs possibilités de stockage d'énergie, les véhicules électriques pourront bénéficier de larges possibilités de «biberonnage» dans leurs parcours quotidiens au cours des stationnements. Il est évident que l'ouverture de telles possibilités contribuerait efficacement au développement des véhicules électriques. Il s'ensuit que la mise en service de très nombreux points d'accès au réseau électrique de distribution, dans les garages, les parkings et même les emplacements de stationnement le long des voies publiques, doit être envisagée.

Des études ont été faites dans ce domaine, tendant à mettre au point des bornes contenant une prise de courant et présentant toutes les garanties de sécurité indispensable: ces dispositifs pourraient avantageusement être conjugués avec ceux qui assurent l'éclairage des parkings et des voies publiques.

Par ailleurs, tant que les véhicules électriques sont peu nombreux, la recharge de leurs batteries ne provoque pas de perturbations notables sur le réseau.

On constate néanmoins que le fonctionnement des dispositifs de charge entraîne des perturbations qui dégradent la qualité du service assuré par le réseau de distribution et dont sont victimes les autres abonnés.

Ces perturbations sont provoquées par les redresseurs de courant alternatif/continu et par les dispositifs de régulation qui complètent l'équipement des chargeurs.

Les redresseurs sont en particulier générateurs d'harmoniques de courant dont le taux est important (10 %) et qui se propagent dans le réseau en créant des désordres dans le fonctionnement de nombreux appareils.

Les dispositifs de régulation peuvent de leur côté provoquer des variations périodiques de tension, désagréables pour les utilisateurs voisins et désignés par le terme «flicker».

Ces phénomènes sont bien connus mais le développement des chargeurs, soit individuels et largement répartis sur le réseau, soit concentrés en des installations importantes, nécessitera des précautions très attentives pour en pallier les inconvénients.

Les bilans d'exploitation des véhicules électriques montrent que le coût de l'énergie nécessaire à leur fonctionnement et tel qu'il résulte des tarifs normalement pratiqués, reste faible et ne dépasse jamais 5 % du coût total, amortissements compris.

Il ne semble donc pas que le développement des véhicules électriques nécessite un aménagement des politiques tarifaires pratiquées dans les différents pays.

Il sera toutefois indispensable que les distributeurs d'électricité s'adaptent à la nécessité d'alimenter de manière simple et pratique un réseau dense de points banalisés où les usagers de véhicules électriques pourront se raccorder afin de charger leurs batteries, même pendant des arrêts de courte durée, sur les lieux de stationnement.

Les procédures actuelles de comptage et de facturation sont évidemment inadaptées et des formules forfaitaires d'abonnement devront être trouvées, selon d'ailleurs des normes qui gagneraient à être internationales, seuls les niveaux de prix restant fonction des conditions locales ou nationales.

Une des causes de disparité réside dans le fait que le régime fiscal des fournitures d'électricité est d'une manière générale différent d'un pays à un autre.

Pour l'instant, la propulsion électrique des véhicules étant très peu développée, il n'a été envisagé dans aucun pays de frapper l'énergie électrique destinée à cet usage d'un impôt spécifique analogue à la taxe sur les carburants.

Il est évident qu'une grande vigilance s'impose car si une telle mesure était prise, il en résulterait une entrave au développement des véhicules électriques et cela irait à contre-sens des efforts que les pouvoirs publics eux-mêmes déploient par ailleurs pour les encourager.

5. Conclusion

La situation de la Communauté Economique Européenne en ce qui concerne son approvisionnement en énergie, la nécessité d'améliorer les conditions de vie des citadins rendent inéluctable un large développement des véhicules électriques.

Ne se posant pas en concurrent du moteur thermique, le moteur électrique assurera donc la propulsion d'une part relative importante des véhicules dans un domaine qui lui sera propre: celui de la circulation urbaine. Mais les problèmes industriels posés par cette évolution sont considérables et nécessiteront des délais forcément longs.

Les pouvoirs publics et les industriels en sont conscients et déploient des efforts importants qui toutefois sont peut-être encore trop fragmentaires et insuffisamment coordonnés.

Il n'empêche que le mouvement est lancé, que des politiques concertées commencent à se dessiner et que des réalisations sérieuses sont constatées: il devient possible, et le présent rapport a la prétention de le tenter, d'esquisser les caractéristiques de la situation en 1990, époque charnière qui verra sans doute l'aboutissement des connaissances technologiques actuelles et les débuts de l'application industrielle de techniques nouvelles relevant aujourd'hui de recherches scientifiques.

Adresse de l'auteur

J. Gallot, directeur adjoint à la direction générale d'EdF, 32, rue de Monceau, F-75008 Paris.

Berichtigung

Im Artikel «Energieaufkommen und Energieverbrauch in der Schweiz im Zeitraum 1970 bis 1975» (Bulletin SEV/VSE 67(1976)23, Tabelle VIII, S. 1270) ist die Brutto-Jahresproduktion 1974 des Kernkraftwerkes Beznau II mit 2637 GWh (anstelle von 2367 GWh) und die Arbeitsverfügbarkeit 1974 mit 82,7 % (anstelle von 74,2 %) einzusetzen.

Erratum

Concerne l'article «Apports et consommation d'énergie en Suisse pendant la période allant de 1970 à 1975» publié au Bulletin ASE/UCS 67(1976)23, tableau VIII, p. 1270: la production brute annuelle 1974 de Beznau II est 2637 GWh (au lieu de 2367) et la disponibilité correspondante 82,7 % (au lieu de 74,2 %).