

Lorsqu'on retrace l'évolution technique de l'automobile, il paraît possible de distinguer deux périodes, au moins, quant à l'orientation et à la signification des innovations techniques, et une analyse de la situation actuelle autorise à formuler l'hypothèse que nous nous trouvons probablement dans une phase de transition vers une troisième période.

1880-1914 des progrès « tous azimuts »

La première période, allant très approximativement des origines de l'automobile que l'on situe généralement vers 1880-90 jusqu'à la première guerre mondiale, est celle pendant laquelle l'automobile se constitue en tant que système technique fonctionnel.

Les innovations, nombreuses, sont souvent le fait d'individus isolés parfois extérieurs à la construction et au commerce des véhicules dont l'objectif n'est pas de rendre cohérent le produit automobile mais de mettre au point des composants ou des sous-ensembles techniques satisfaisant une fonction bien déterminée. Les considérations techniques priment les considérations socio-économiques. C'est une période de progrès « tous azimuts », l'« âge d'or » de l'automobile qui aboutit vers 1910 à donner à celle-ci la structure générale relativement stabilisée que nous lui connaissons aujourd'hui et qui était la condition nécessaire à sa production industrielle en grande série. Mais, à partir de cette époque, commence une période durant laquelle l'évolution de l'automobile résulte d'un double mouvement :

- en tant que système fonctionnel technique, un mouvement de simplification structurale par la recherche d'une cohérence technique accrue et de « synergies fonctionnelles » entre les sous-ensembles;
- en tant que système fonctionnel utilitaire, un mouvement qui tend à faire de l'automobile un complexe de valeurs d'usage de plus en plus diversifiées, de mieux en mieux adaptées aux besoins et désirs de l'utilisateur.

Le couple « homme-automobile »

Après avoir trouvé son identité technique, l'automobile va se lancer à la conquête du consommateur, s'adapter à ses revenus, à ses besoins et à ses désirs, et en même temps, développer, orienter, éduquer ceux-ci. C'est alors et sur ce terrain que se noue et se développe cette relation dialectique - devenue thème privilégié de réflexion (et de discours) de certains sociologues - de co-détermination, de co-développement entre le produit d'une

part, le besoin ou les désirs qu'il satisfait d'autre part : en facilitant les déplacements individuels, l'automobile a permis une restructuration des différentes fonctions de la vie sociale (habitat, travail, loisirs, commerce, services administratifs, etc.) notamment dans les agglomérations urbaines; cette restructuration a multiplié les besoins de déplacements et rendu l'automobile plus indispensable.

Considéré sous l'angle de la valeur d'usage, le parc automobile apparaît lui aussi comme le produit d'un double mouvement :

- l'un qui conduit à une segmentation croissante du marché par spécialisation des véhicules et ajustement de leurs caractéristiques techniques et morphologiques à des usages déterminés et spécifiques : déplacement en milieu urbain ou rural, déplacement individuel ou familial, à des fins de loisirs ou à des fins professionnelles, adaptation à la marchandise à transporter, etc.;
- l'autre qui vise à répondre simultanément à plusieurs usages (véhicules multifonctionnels).

Les deux mouvements coexistent et se développent simultanément sous contrainte d'une rationalité économique marchande - d'une rationalité de profit - rendue de plus en plus prégnante par une concurrence exacerbée. Ceci a conduit les constructeurs à rechercher la conciliation d'exigences contradictoires telles que l'accroissement des séries qui permet les économies d'échelles et la diversification du produit qui permet d'élargir son marché en l'adaptant à des usages de plus en plus diversifiés, par une « politique des modèles » qui revient à multiplier les combinaisons d'un nombre aussi restreint que possible de composants standardisés.

Sur un autre plan, celui de la psychologie, enfin, il est bien connu que l'homme ne vit pas que de pain, mais aussi de symboles et, dès son origine, l'automobile - comme l'habitat dans une période antérieure - s'est trouvée chargée de valeur symbolique, promue au rang de signe de puissance, de prestige, de promotion, d'intégration ou de différenciation sociales. Pour élargir leur marché, les constructeurs ont été conduits à fonder en partie, aux U.S.A. plus qu'en Europe semble-t-il, leur stratégie de vente sur cet aspect de la psychologie humaine, à y subordonner leur politique technologique en essayant de reproduire dans la technologie et dans

* Chargé de recherches à l'Institut de Recherche Économique et de Planification (I.R.E.P.) Grenoble.

la morphologie des véhicules les différences et les écarts sociaux. Le « design », le « styling », les changements mineurs n'apportant souvent aucune nouveauté technique, constituant même de véritables regressions aux plans technique, économique ou utilitaire, mais destinés à séduire l'acquéreur ont, à certaines époques, absorbé une part importante des dépenses de R. D. (Grillsches et Kaysen évaluent à 25 % du prix d'une voiture le coût des changements n'apportant aucune amélioration technique qui ont été apportés aux voitures américaines au cours des années 1950 (The Cost of automobile model change since 1949; Journal of Political Economy. October 1962).

Le quatrième grand axe de l'effort d'innovation a porté sur les techniques de production. Très tôt, dès 1910 aux U.S.A., après la première guerre mondiale en Europe, l'automobile a été le champ d'élection de l'organisation scientifique du travail : décomposition en gestes de plus en plus simples, puis insertion du travailleur dans un ensemble technique rationnel ou les cadences sont imposées à l'ouvrier par la machine avec une implacable rigueur.

Pour caractériser, sur le plan technologique, la période considérée qui s'étend en gros de la première guerre mondiale à l'époque actuelle, on peut dire que la politique technologique des firmes a été progressivement et de plus en plus étroitement subordonnée aux considérations de rentabilité et de politique commerciale. Ceci d'ailleurs n'a rien de surprenant, la vocation — la finalité — de la firme dans nos sociétés n'est pas de faire de la technique mais du profit, condition de sa survie. L'innovation n'est que l'un des moyens au service de la firme pour atteindre ses buts. C'est de surcroît un moyen risqué auquel elle ne recourt que lorsque le marché lui en fournit l'occasion ou l'y contraint.

L'automobile américaine et européenne

Pendant toute cette période, l'innovation a tendu à adapter, à ajuster l'automobile, en tant qu'objet technique, aux caractéristiques de son environnement socio-économique dans la mesure bien sûr où ces caractéristiques trouvent une expression en termes de demande monétaire sur le marché. On peut mettre ce fait en évidence en comparant l'évolution de certaines caractéristiques (taille, poids, puissance, cylindrée, filières propulsion, transmission, etc.) de la voiture-type européenne et de la voiture-type américaine

d'une part, des caractéristiques du marché européen et du marché américain d'autre part. On constate que les voitures issues de la première période - période de genèse technique de l'automobile - sont identiques en Europe et aux États-Unis. C'est à partir de la fin des années 1920 environ qu'elles amorcent une divergence d'évolution dont les principales variables explicatives résident dans :

- les différences de dimension et d'organisation de l'espace (distances, type d'urbanisation, réseau routier, etc.);
- les différences de niveau de revenus et en définitive de structures sociales;
- les différences de fiscalité sur l'automobile et sur les carburants;
- les différences dans la structure de l'industrie automobile elle-même;
- un ensemble de différences, enfin, qui relève en gros de l'idéologie et de la culture.

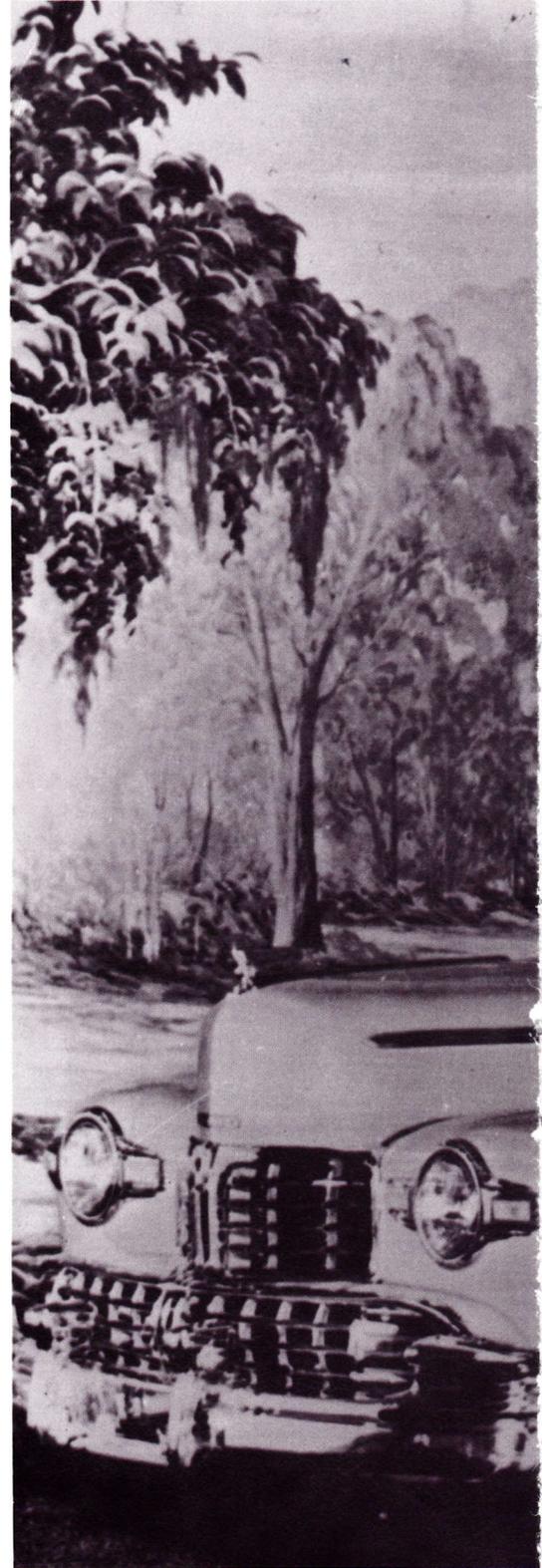
Cette divergence d'évolution s'accuse jusque vers les années 1950, puis s'atténue; un mouvement de convergence s'amorce enfin à partir de 1960, qui correspond à la mondialisation des marchés et la tendance à l'uniformisation des conditions socio-économiques qui en résulte. Il serait nécessaire d'actualiser l'analyse, pour dire si la crise pétrolière et la hausse des prix qu'elle a entraînée est de nature à renforcer ou freiner - voire renverser - les dernières tendances constatées.

Des facteurs d'inertie technologique

Si, nous plaçant étroitement dans cette optique de marché qui s'est imposée tout au long de la période considérée, nous essayons d'analyser les données - ou les facteurs - qui commandent aujourd'hui l'innovation dans la construction automobile, trois éléments - ou caractéristiques - nous paraissent jouer un rôle particulièrement important :

L'industrie automobile fournit l'un des exemples type d'oligopole concurrentiel. Une dizaine de firmes (y compris les filiales des trois constructeurs américains) de très grandes dimensions, sauf exception, peu diversifiées, ayant plus que dans d'autres secteurs échappé au mouvement d'interpénétration financière, se partagent la production européenne et se livrent une concurrence qui porte encore largement sur le terrain des prix.

*Ford « Lincoln » 1946 (U.S.A.).
Des changements de forme mineurs
n'apportant aucune amélioration technique :
se montent à 25 % du prix d'une voiture
américaine dans les années 1950.*





L'automobile est devenue un produit de masse dont la demande, surtout pour les modèles de très large diffusion, est, aux dires des constructeurs, particulièrement sensible au prix. Dans le contexte de concurrence signalé ci-dessus, il en résulte des véhicules au rapport prix/services rendus souvent très serré, ne laissant qu'une place extrêmement limitée aux risques liés à l'innovation. Ceci incite les constructeurs à tenir le plus grand compte du comportement de l'utilisateur face à la nouveauté technique; or, l'attitude de celui-ci est ambivalente, faite d'attraction et de crainte dans un dosage qui varie considérablement d'un individu à l'autre, suivant l'âge, le statut social, le revenu, l'idéologie. L'industrie automobile, enfin, est simultanément une industrie que l'on peut qualifier de fortement capitaliste et d'industrie de main-d'œuvre (même si cette affirmation prend quelque liberté avec la rigueur théorique). Elle n'est sans doute pas la plus capitaliste des industries, mais de toutes celles qui produisent des biens de consommation, elle est probablement la seule qui mette en œuvre, de façon aussi intégrée, pour la production d'un seul produit, des masses de capital aussi considérables. Le coût d'une unité complète de production de 300 000 véhicules-an était, en 1972, d'environ 3 milliards de francs. Il est évident que de telles données sont de nature à freiner l'introduction d'innovations importantes qui nécessiteraient des modifications profondes dans les équipements. Cet ensemble de caractéristiques donne naturellement une dimension considérable aux risques économiques et sociaux que comporte toute innovation technique importante. Sur le plan technique, l'automobile cumule aujourd'hui les effets de rigidité que donnent la masse des investissements fixes en fonction, l'inertie du consommateur face au produit nouveau et la crainte des troubles sociaux qui pourraient résulter de modifications trop brusques dans les conditions de travail ou la situation de l'emploi. Le principal moyen (sinon le seul) de diminuer de tels risques est de choisir une évolution technologique qui procède par touches successives dans la direction principale des habitudes de consommation et en demeurant dans le champ de filières technologiques bien maîtrisées. Ce type de situation oriente en définitive vers l'innovation de perfectionnements que le client est spontanément disposé à payer, c'est-à-dire vers la moindre innovation technique sur le produit et vers l'innovation sur les procédés de production.

De nombreux faits confirment cette conclusion, notamment :

- les délais relativement longs, comparés à ceux constatés dans d'autres industries, de diffusion de certaines innovations techniques importantes. La transmission automatique, les freins anti-bloquant ne sont pas encore parvenus à s'insérer dans l'industrialisation, le moteur rotatif connaît des débuts difficiles et incertains malgré sa simplicité logique qui en fait une technique théoriquement plus avancée que le moteur à pistons.

- la lenteur avec laquelle des matériaux nouveaux (plastiques, aluminium) ou des techniques de pointe (électronique) pénètrent la construction automobile et, le plus souvent, par les hauts de gamme.

- significatif nous paraît également le fait que les constructeurs aient « naturellement » recherché la réduction des nuisances (bruit, pollution) par des améliorations souvent très coûteuses du moteur à explosions plutôt que par un effort de mise au point de technologies radicalement nouvelles, telles que, par exemple, la traction électrique.

Une nouvelle période d'innovations techniques?

Après cette rapide esquisse de l'évolution technique de l'automobile et des impératifs auxquels a été soumise l'innovation technologique, il nous faut évoquer maintenant trois données relativement récentes et qui nous paraissent annonciatrices de profonds changements dans la situation que nous venons de décrire, et poser en termes nouveaux la problématique de l'innovation :

- la prise de conscience des problèmes de l'environnement, qui semble révélatrice des changements d'attitude qui s'opèrent dans les profondeurs du corps social à l'égard de la science et de la technologie, et peut-être, au-delà, à l'égard des valeurs dominantes de notre système social.

- la probabilité, à horizon encore incertain mais qui se précise, de la mise au point de générateurs électrochimiques assez performants pour se substituer aux hydrocarbures comme source d'énergie.

- troisième donnée : si les grandes firmes qui dominent actuellement l'industrie automobile veulent maintenir les rythmes de croissance qu'elles ont connus depuis la seconde guerre mondiale, et en tous les cas leur poids relatif dans l'économie, ceci dans un marché en voie de saturation progressive, elles devront s'engager dans une politique de diversification, et pénétrer des secteurs d'activité où les problèmes

d'innovation se poseront en d'autres termes que dans la construction automobile proprement dite.

Technologie anti-nuisances

C'est un fait bien connu que l'usage de l'automobile est générateur d'accidents, d'encombrements, de bruits, de pollution. Dans les agglomérations principalement, ces nuisances atteignent des seuils physiologiquement difficilement supportables et socialement très coûteux. On peut raisonnablement penser, les choses étant déjà engagées dans ces directions, que la lutte anti-nuisances se développera selon deux voies : l'une tendant à discipliner et probablement restreindre l'usage de la voiture individuelle, l'autre à diminuer, par des innovations techniques, les externalités émises.

Ce type de « demandes sociales » nées des effets négatifs du développement technique et qui se rattachent au concept de « qualité de la vie », concept peu rigoureux au plan scientifique mais qui exprime une aspiration, un « besoin » profondément senti, a cette particularité de ne pas s'exprimer spontanément en termes monétaires sur le marché, ou de ne s'exprimer qu'imparfaitement, ne serait-ce que parce qu'elles naissent comme externalités du marché. De ce fait, ces aspirations, ces « nouvelles demandes sociales » doivent être prises en compte par d'autres mécanismes que les mécanismes marchands. Elles posent donc de plus en plus la nécessité de trouver des mécanismes socio-politiques substitués du marché, c'est-à-dire des structures et des processus propres à permettre leur émergence et à imposer leur prise en considération, à la fois par l'appareil de production et par le consommateur individuel, dont les finalités ou les comportements restent fondamentalement dominés par les mécanismes du marché.

Le circuit dans lequel s'est située, jusqu'ici, l'industrie automobile est le circuit type interne au « marché ». Mais il y a un autre circuit, partiellement « hors marché », dans lequel l'industrie automobile se trouve d'ores et déjà placée pour les innovations technologiques anti-nuisances. L'origine du circuit - ou du besoin - se trouve le plus souvent, nous l'avons dit, dans les externalités émises par le marché. Mais la demande correspondante, du fait même de sa nature, ne peut trouver qu'une expression « hors du marché ». Jusque-là, ces « besoins » se sont surtout exprimés par l'intermédiaire des mouvements environnementalistes, des orga-



La « citadine (France).
Le type même de la voiture urbaine,
non-polluante, peu encombrante.
Partout, en ville, dans 15 ans?

nisations de consommateurs, parfois appuyées par les partis politiques ou les organisations syndicales, et la « demande » a été définie, formulée et transmise à l'industrie sous forme de normes à atteindre, par l'administration. Dans un dialogue avec l'industrie sur des questions techniques, les administrations sont inévitablement en position inégalitaire face à la résistance des entreprises à admettre des innovations qui, dans la plupart des cas, conduiront à des hausses de coûts et vont donc à contre-courant de la logique d'entreprise. On peut trouver confirmation de cette situation dans le fait, par exemple, qu'aux États-Unis, au cours des dix dernières années, un nombre important d'innovations technologiques dans le domaine nucléaire est d'origine réglementaire et que pour les faire admettre, l'Administration a souvent dû apporter la preuve de leur faisabilité technique, donc pratiquement assurer la charge des dépenses de R-D.

Autrement dit, les innovations technologiques qu'appelle la lutte anti-nuisances se situent dans un « circuit » de l'innova-

tion qui n'a pas encore trouvé ses institutions, ses acteurs, son système d'information, son réseau de communication, ses principes et ses mécanismes de financement.

La difficulté majeure que présente ce circuit de l'innovation vient de ce qu'il se déroule à la fois dans le hors marché et dans le marché, qu'il tire sa finalité et reçoit ses objectifs du hors marché qui possède son système de valeurs. Système qui n'exclut pas la rationalité et le calcul économique, mais ne les privilégie pas non plus, où par conséquent le système de préférences des individus ne peut se dégager que politiquement par un jeu démocratique, alors que tout le reste du circuit, de la Recherche-Développement à la production, se déroule dans la sphère du marché, impérativement soumise au principe de la rationalité économique. En définitive, ce type d'innovation cristallise les conflits de valeurs les plus fondamentaux de notre époque.

On pourrait illustrer ceci en analysant les difficultés que rencontre actuellement la mise au point d'un véhicule électrique

dont l'idée a été relancée il y a quelques années, pour des considérations d'environnement précisément. Certes, le véhicule électrique soulève encore des difficultés techniques, mais elles pourraient probablement être assez rapidement surmontées si on lui consacrait seulement 1/10 des sommes que l'on continue à consacrer au véhicule thermique et si on élaborait une véritable stratégie pour son développement.

15 ans pour la voiture électrique

Pour terminer, c'est pourtant un autre aspect de la problématique de l'innovation que j'aborderai avec le véhicule électrique. Mon hypothèse, en effet, est qu'un véhicule électrique compétitif avec le véhicule thermique verra le jour à l'horizon de 15 à 20 ans - peut-être beaucoup plus tôt. Ceci non seulement pour des raisons d'environnement et d'amélioration de la circulation urbaine, mais parce que nous nous trouvons en présence d'un complexe de recherches qui tournent autour de l'utilisation de l'hydrogène comme source ou secteur d'énergie d'une part, de la pile à combustible Hydrogène/Air d'autre part, recherches qui progressent et dont l'enjeu dépasse considérablement la traction automobile. Elles ont par conséquent de puissantes raisons d'être poursuivies voire accélérées, et l'automobile électrique pourra tout naturellement en profiter.

Bien entendu, on pourrait sensiblement accélérer la naissance du véhicule électrique et gagner probablement une dizaine d'années, par l'industrialisation d'autres filières de générateurs, par exemple la filière Air-Zinc. Mais, au moins à première vue, la rentabilité de l'opération paraît très largement fonction de la valeur que l'on attribue à la réduction des nuisances automobiles.

Les avantages potentiels de la traction électrique sont tels que sa substitution à la traction thermique paraît inévitable dès qu'aura été mis au point un générateur capable d'assurer une autonomie de marche de 200 à 300 km, en condition réelle de marche, même si son coût est encore légèrement supérieur à celui de la chaîne de traction thermique. La traction électrique, en effet, permettra non seulement d'éliminer la pollution et le bruit, mais encore de réaliser des véhicules techniquement plus simples, plus souples, plus maniables, plus stables et donc plus sûrs, et, je pense, en définitive beaucoup plus économiques que les véhicules actuels, du moins en consommation d'énergie. Le rendement de l'ensemble pile-moteur élec-

trique en conditions réelles de circulation paraît devoir être 3 à 4 fois supérieur au rendement de la filière thermique.

L'apparition du véhicule électrique ouvrira inévitablement une nouvelle période d'innovations nombreuses qui, sans être nécessairement comparable par son foisonnement, sa diversité, à celle qui a marqué la fin du XIX^e siècle, obligera très probablement les constructeurs à sortir de leur conservatisme technologique actuel.

L'automobile électrique sera encore une automobile avec une chaîne de traction, un châssis, quatre roues, une carrosserie et quelques gadgets en plus. De ce point de vue, elle ressemblera encore à son ancêtre de 1910, mais derrière cette apparence, il y aura une réalité profondément différente.

Le véhicule thermique s'est progressivement organisé autour et en fonction de sa source d'énergie et de son moteur. Il est parvenu à un très haut degré de cohérence fonctionnelle tant sur le plan technique que sur le plan utilitaire. Les véhicules électriques actuellement expérimentés, qui sont des véhicules thermiques de série sur lesquels une chaîne de traction électrique a été substituée à la chaîne thermique, sont bien des systèmes fonctionnels, puisqu'ils roulent, mais ce sont des systèmes peu cohérents tant du point de vue technique que du point de vue utilitaire. C'est non seulement toutes les parties mécaniques du véhicule qui seront à repenser, mais le véhicule lui-même et sa structure, ainsi que les techniques et équipements de production. Il y a probablement autant de différences entre les prototypes de véhicules électriques qui circulent actuellement avec des accumulateurs au plomb et le véritable véhicule électrique, qu'il y a entre la voiture à essence du début du siècle et la voiture de 1975. C'est l'industrie automobile qui devra se saisir de ces innovations, si elle ne veut pas se laisser réduire à une simple industrie d'assemblage, perdant la maîtrise des parties nobles du futur véhicule.

Pour l'instant, les constructeurs ont observé à l'égard du véhicule électrique une attitude d'expectative, parce qu'ils estiment que la mise au point des générateurs n'est pas de leur compétence technique, parce qu'ils ont aussi, en matière technologique, une politique de moindre risque et de freinage des innovations importantes susceptibles de précipiter l'obsolescence de leurs équipements en fonction, susceptibles de les obliger

à exploiter pendant une période de transition plus ou moins longue deux filières techniques avec des séries moindres dans chaque filière; parce qu'enfin ils ont la conviction que lorsque le véhicule électrique sera mûr pour la production industrielle, celle-ci ne pourra leur échapper du fait qu'ils sont seuls aujourd'hui à posséder une réelle maîtrise de la production en très grande série.

Cependant, compte tenu des délais de mise au point d'un nouveau véhicule - cinq ans en moyenne pour sortir un modèle ne comportant aucune innovation technique importante, plus de 20 à 30 ans pour acquérir la bonne maîtrise d'une technologie comme celle de l'hydraulique (Citroën) - les progrès réalisés depuis 4 ou 5 ans sur les générateurs électrochimiques devraient les obliger à sortir bientôt de leur réserve.

Repérer les « créneaux »

Le conservatisme technologique que l'on a si souvent reproché à l'industrie automobile ne paraît pas refléter un affaiblissement significatif de sa capacité innovatrice.

D'ailleurs, l'effort propre de recherche des constructeurs tend, depuis 10 ans, à croître plus vite que l'effort moyen de l'industrie. Seulement, les conditions socio-économiques générales de leur activité, les caractéristiques de leur appareil de production, de leur produit, de leur marché, ne les ont pas contraints à mobiliser cette capacité innovatrice à des fins techniques; elles les ont, au contraire, orientés vers des fins commerciales. Les changements qui s'opèrent dans leur environnement technique et dans leur environnement socio-économique pourraient cependant les contraindre à reconsidérer la répartition de leurs efforts de recherche et à redonner une certaine priorité aux objectifs techniques.

Mais il est nécessaire de souligner avec force que les solutions aux problèmes de transports urbains ne sont pas à rechercher prioritairement dans la voie de l'innovation technologique. Celle-ci peut sans doute aider mais, fondamentalement les solutions doivent être recherchées dans une meilleure maîtrise de la croissance urbaine; dans un effort pour discipliner l'usage de la voiture individuelle et développer les transports collectifs.

Et si on pose ainsi le problème, on pourrait sans doute assez facilement repérer les « créneaux » qui appellent un réel effort d'innovation technologique.

A.N.

*La voiture électrique Jamet
(Mars 1971, France)
ou l'automobile réduite
à sa plus simple expression.*