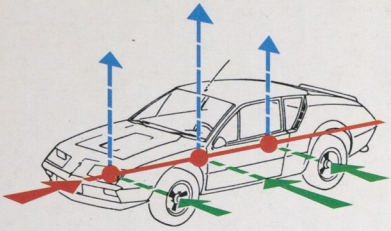
L°V
38063

NAISSANCE D'UNE AUTO

Des premières recherches à la fabrication en série





Hachette

NAISSANCE D'UNE AUTO

4°V
38063

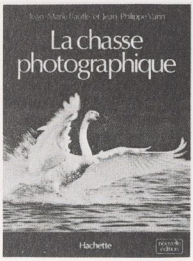
CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

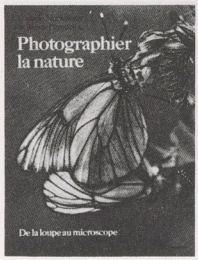


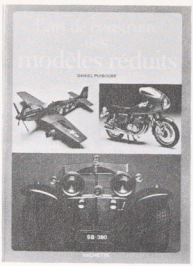


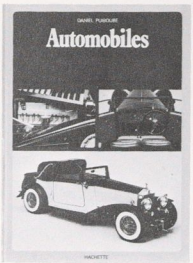


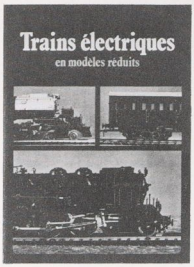












62
9

MARC FERRETTI
Docteur-Ingénieur

NAISSANCE D'UNE AUTO

Photographies
J.-P. Niogret et Studio Parnotte

HACHETTE

DL-05-05-1981-12477

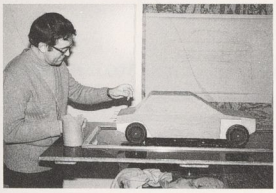


© Hachette, Paris, 1981.
ISBN 2.01.006513.1

Ce livre-reportage n'aurait pu exister sans une étroite collaboration entre l'auteur, le photographe et l'équipe éditoriale. Tous tiennent à remercier la Régie Renault qui a accepté un dialogue permanent, et ouvert les portes de ses bureaux d'études, ateliers et usines.

Sommaire

Acte 1
Entrée interdite 9



Une ère nouvelle 9. Un profil encore flou 9. Traction avant ? Traction arrière ? 10. Le projet 134 existe déjà 10. Quelle voiture pour qui ? 10. Prévoir pour mieux répondre aux besoins des consommateurs 12. Les motivations d'achat 12. Le marché européen 13. Les conséquences de l'exigence internationale 14. Le problème est aussi politique 14. Un travail de fourmi 14. Une motivation passionnée 15. Le visage du futur 15. Le plastique 16. Le problème des matières premières doit être posé 16. L'avenir des matières plastiques 18. Prospective à long terme : la méthode « Delphi » 19. Le styliste voit pour nous 20. Plus de style sans aérodynamique 20. Pour que la voiture soit confortable, l'ergonomiste assiste le styliste 20. Futurologie : la voiture de l'an 2000... 22. Peut-on mesurer le confort ? 23. Le siège : un élément du confort 23. L'analyse des dimensions humaines 23. Le CX des automobiles 24. Le siège amortit les vibrations de la route 25. Bien voir... et bien conduire 26. La couleur joue un grand rôle 27. L'alliance de l'art et de l'industrie 27. Les premières esquisses sont tracées 27. Le cahier des charges est ébauché 31.

Acte 2
L'heure est aux décisions 33



Comment fait-on une voiture aérodynamique ? 33. Les forces et moments aérodynamiques 34. L'écoulement de l'air 34. Calculs ou essais 35. Amélioration du style 35. L'aérodynamique interne 36. Les moyens d'essais 36. Que mesure-t-on ? 38. Pourquoi les mesures sur modèle réduit ne suffisent-elles pas ? 39. Une nouvelle épreuve : le test-produit du concept 39. Il faut encore travailler le style de la « 134 ». La planche de bord évolue aussi 45. Style et mécanique 45. Le cahier des charges préliminaires 45. Dimensionnement des pièces et résistance des matériaux 46. Une première approximation 46. Le recours aux éléments finis s'impose souvent 47. Généralisation de la méthode 47. Les éléments finis dans l'automobile 49. Les essais climatiques sont aussi indispensables 49. Un grand moment : le gel du style 49.

Acte 3
Trois ans pour une automobile nouvelle 50



Le cahier des charges de la « 134 » 50. Le « Grand Plan » 50. La conception assistée par ordinateur 50. Qu'est-ce que la C.A.O. ? 51. Du « maître-modèle » aux prototypes 52. Les essais d'endurance sur route 55. Les essais d'étanchéité 55. L'étanchéité à l'eau 55. L'étanchéité à l'air et aux poussières 56. Halte au bruit ! 58. Un problème actuel : la réglementation 58. Agir à la source 58. Le rôle des essais de structures 58. Qu'est-ce que le bruit ? 59. Comment lutter contre la pollution de l'air ? 60. L'automobile et la pollution atmosphérique 61. Le traitement des gaz d'échappement 61. Ne peut-on agir à la source, c'est-à-dire au stade de la combustion elle-même ? 62. Le problème des émissions d'oxyde d'azote 62. L'optimalisation passe par l'électronique 62. Voici la Renault 18 ! 63. La dernière épreuve 63. Feu vert pour la Renault 18... 63. Récapitulons 65.

Acte 4
Du métal, des automates et des hommes : voici l'automobile 67

Scène 1

Comment on fabrique les pièces d'un puzzle industriel 67. Un sous-traitant privilégié : Renault 68. Un travail voué à l'automatisation 69. Il y a puissance et puissance 71. Le montage du moteur : des convoyeurs longs... longs... longs ! 78. Il faut maintenant équiper le moteur avec une boîte de vitesse 78. Vers la livraison 81.

Scène 2

Où l'automobile prend corps 85. Les presses emboutissent 3 000 carrosseries par jour ! 86. La sécurité des travailleurs doit être assurée 91.

Scène 3



Où les pièces d'un puzzle sont assemblées pour faire une voiture 91. Seize heures pour une voiture toute neuve 92. L'assemblage des Renault 18 : le film des événements 93. Tout débute par une couche de zinc 94. La Renault 18 est fabriquée par sous-ensembles... 95. Tout est prêt pour le grand moment 95. En route vers le « ferrage »... 104. L'air de Flins 110. Les quantités de peinture consommées à Flins 110. Et la peinture, pour la rendre belle 110. « Faut que ça brille » 111. Les voitures sont habillées 114. Les deux dernières heures 121. La vie déjà 127.

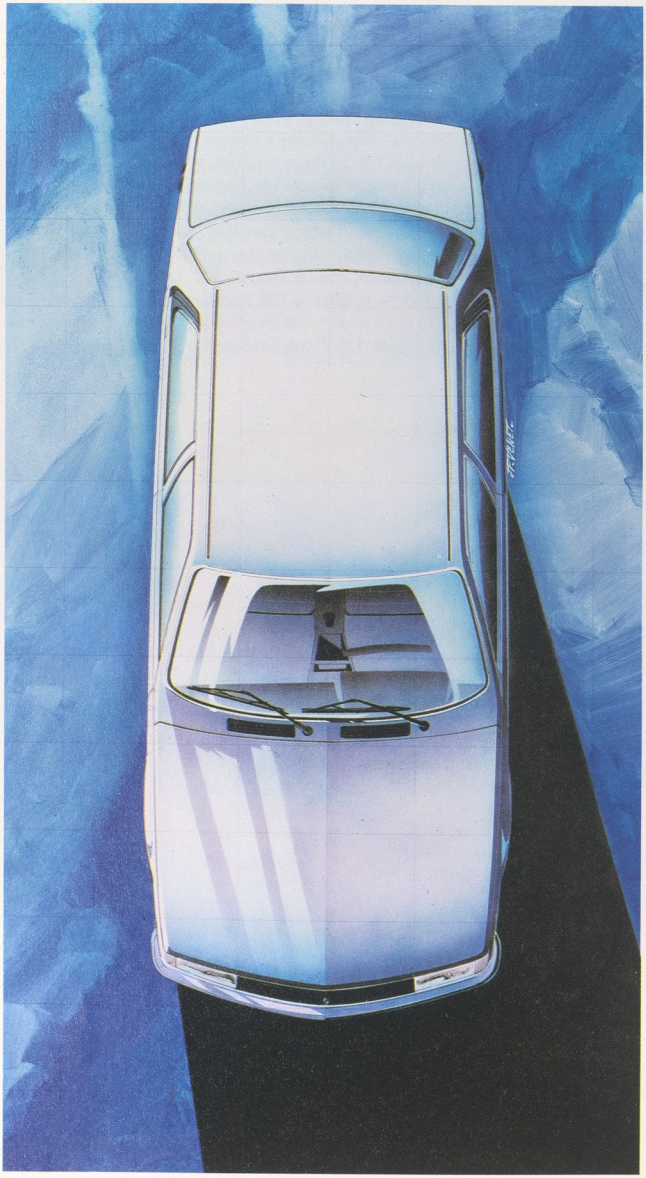
Acte 5
Sécurité toujours 128

La sécurité : une recherche permanente 128. Il faut comprendre pour agir 128. Que se passe-t-il au cours d'un choc ? 131. Ballons contre ceintures 131. Un laboratoire roulant pour les mesures 133. Les accidents les plus courants 134. Comment reproduire aussi fidèlement que possible les accidents de la route ? 136. L'essai est indispensable pour comprendre les phénomènes 137.



Comment se déroule un essai de collision ? 137. Les mannequins servent à mesurer le choc 139. Les études biomécaniques par chutes libres 140. Une parfaite reproduction des accidents s'avère impossible 142. Aussi a-t-on recours à des mannequins « très spéciaux » 142. Vers les mannequins de la seconde génération 143. Un outil supplémentaire : les mannequins informatiques 144. Les normes auxquelles devait satisfaire le véhicule expérimental de sécurité américain 145. La voiture de sécurité : la tentative américaine 145. La filière française : le BRV 146. La sécurité passive s'applique aussi aux petites voitures 148. Des idées folles venues d'ailleurs 148. Le radar : un danger, celui des micro-ondes 148. Le laser : pour mieux voir derrière la voiture 149. Les microprocesseurs assurent aussi la sécurité active 150. Le microprocesseur surveille aussi l'état du véhicule 151. Les capteurs : Indispensables pour la sécurité 151. La mesure des pressions : un aspect essentiel de la sécurité 152. Convaincre le conducteur de réduire sa vitesse 152. La ceinture est vraiment efficace ! 152. Comment mesurer la vitesse réelle d'une voiture ? 153. Qu'en résulte-t-il pour la Renault 18 ? 155.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
R.F.
IMPRIMÉS



Acte 1

Entrée interdite

En juin 1970, dans l'élégante salle de conférence du Comité de Direction de la Régie Renault, se tint une réunion dont aucun organe de presse, dont aucune station de radio ou de télévision ne rendit compte. Se trouvaient là le Président-Directeur Général, son Secrétaire Général, les directeurs responsables des études, des produits industriels, des finances, de la planification. La presse, qui se déplace si aisément pour recueillir les confidences d'un coureur cycliste ou d'une chanteuse à succès, n'était pas représentée, on ne l'avait d'ailleurs pas conviée. Concurrence oblige ; de telles entreprises exigent la discrétion, voire le secret : la décision prise ce jour-là par ces hommes allait entraîner, huit années durant, la mise en œuvre de moyens financiers, technologiques et humains considérables. Elle allait modifier, pour une part non négligeable, le visage même de notre avenir, car l'industrie automobile tient dans notre société un rôle prépondérant.

Une ère nouvelle

Juin 1970. Un jeune avocat américain, Ralph Nader, vient de publier un livre, *Unsafe at Any Speed*, traduit en français sous le titre *Ces voitures qui tuent*, et dédié à Hugues Condon, un confrère blessé dans un accident d'automobile. Cet ouvrage, les industriels européens l'ont lu et médité, comme l'ont fait leurs concurrents de Detroit, dans le Michigan, où se concentre l'industrie automobile américaine.

Juin 1970. Le pétrole, donc l'essence, arrive encore en Europe en abondance et à bas prix. Mais ces hommes le savent : cela ne durera pas longtemps. Pour les initiés, la crise se profile, sous les dehors prospères de cette époque.

Sécurité. Économie. Tels sont donc les deux soucis principaux qui les occupent, à l'instant d'orienter, pour dix ans, pour vingt ans, la principale activité économique de leur pays.

Car il s'agit de prévoir, oui, dès ce moment, le remplacement des voitures de la gamme 1970. Il faut assurer la continuité du succès de la firme dans les véhicules de bas de gamme (la fameuse 4 L), de milieu de gamme (Renault 12 et Renault 16), mais aussi, payant d'audace, s'inscrire parmi les constructeurs de matériels de haut de gamme, que la firme n'a pas encore exploré à cette date.

Le but est d'étendre le marché de la voiture française à l'étranger, et d'ajouter à nos clients traditionnels (Espagne, Bolivie, Argentine), l'Allemagne de Volkswagen, les pays de l'Est où le besoin de moyens de transports personnels est fortement ressenti, les États-Unis — pourquoi pas ? — où la voiture de milieu de gamme est encore inexistante. La nouvelle automobile Renault, sûre et économique, aura donc une vocation internationale.

Un profil encore flou

A ce stade de leur réflexion, ces responsables savent encore peu de chose de « l'enfant à naître ».

Il sera sûr. Pour répondre à la fois aux exigences légitimes de la clientèle et aux nouvelles normes internationales de sécurité.

Il sera sobre. En prévision de la crise pétrolière dont on décèle les signes avant-coureurs.

Mais encore ? Où faut-il frapper ? A partir de quel modèle éprouvé va-t-on travailler ? Le marché à étendre en priorité en France, à conquérir à l'étranger, est celui du milieu de gamme, dont on sait par expérience que les modèles n'excéderont pas huit à dix années de vie commerciale.

On sait aussi que le public classe d'instinct en bas de gamme les automobiles d'une longueur inférieure à 4 mètres (la Renault 4 mesure 3,668 m, la Renault 12, 4,348 m). Le futur véhicule appartiendra au milieu de gamme et sa longueur sera comprise en 4,3 m et 4,5 m.

Il restera par ailleurs suffisamment proche, à certains égards, de la Renault 12 pour qu'on puisse utiliser dans sa fabrication quelques-uns des éléments de celle-ci. Ainsi l'exige la règle de la réduction des prix de revient, qui permettra d'inves-

Entre le moment où un constructeur décide de créer une nouvelle voiture et ce dessin extrêmement précis de ce qu'elle sera, des années de recherches et d'études s'écouleront.

tir les bénéfices réalisés dans la prochaine génération de voitures, et, de ce fait, assurera l'avenir de la marque. Car, ne l'oublions pas, la Régie, bien qu'étant une entreprise publique, ne dépend, pour ses investissements, que d'elle-même.

Traction avant ? Propulsion arrière ?

A l'exception de l'Alpine A 310, Renault a adopté pour toute sa production le principe du « tout à l'avant », c'est-à-dire moteur situé à l'avant et roues avant motrices. Cette solution a été retenue pour deux types de raisons.

Raisons de confort et d'« habitabilité » d'une part : tout l'arrière de la voiture demeure disponible pour le chargement des personnes et des bagages. En outre le plancher est plat, puisque aucun tunnel de transmission ne vient l'encombrer : on gagne donc encore de la place.

Raisons de tenue de route, d'autre part. Car une traction avant est « tirée » par son moteur, alors qu'une voiture à propulsion arrière est poussée par celui-ci. Ce qui ne va pas sans conséquences sur le comportement routier naturel de la voiture. La traction avant a une préférence marquée pour la ligne droite ; elle maintient une trajectoire très stable et se montre peu sensible aux vents latéraux. Il faut en revanche lui imposer fermement la courbe des virages. Toutes ces caractéristiques entraînent un comportement généralement « sous-vireur », plus sécurisant pour la majorité des automobilistes.

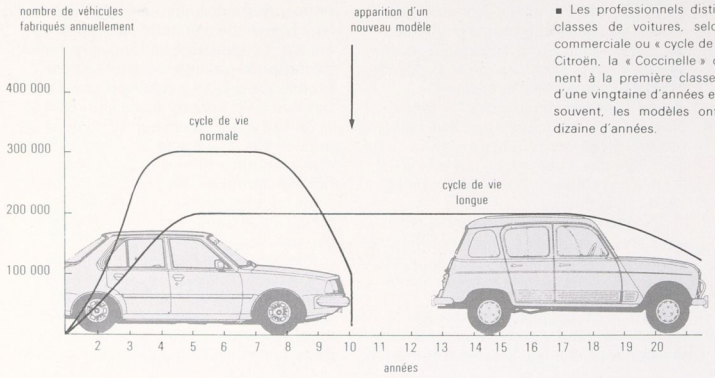
Le projet 134 existe déjà

A partir de ces premières orientations fixées par la direction de la firme, le dossier de cette automobile potentielle, encore tout en devenir, va passer aux mains des spécialistes. Le service « marketing » sera chargé d'évaluer la rentabilité du projet, le « Centre de style » de lui donner une forme, les bureaux d'études de lui insuffler la vie, c'est-à-dire de choisir dans la gamme actuelle ou de concevoir le moteur, la structure mécanique, le train, la suspension. La voiture que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de Renault 18 ne s'appelle encore, à ce stade, que le projet « 134 ».

Le véhicule n'existe toujours pas, mais ses futurs acheteurs, eux, existent. Et il va de soi qu'une politique industrielle cohérente ne peut se concevoir sans consultation préalable de la clientèle. C'est le rôle des responsables du service marketing.

Quelle voiture pour qui ?

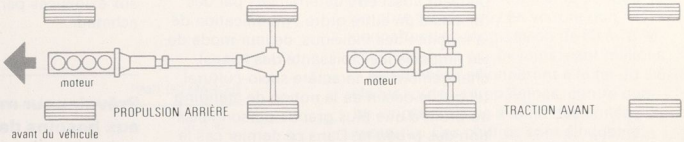
Ils vont rechercher les facteurs psychologiques, sociologiques, économiques et démographiques qui permettent d'expli-



■ Les professionnels distinguent couramment deux classes de voitures, selon la durée de leur vie commerciale ou « cycle de vie ». La Renault 4, la 2 CV Citroën, la « Coccinelle » de Volkswagen appartiennent à la première classe, et connaissent un cycle d'une vingtaine d'années et parfois plus. Mais le plus souvent, les modèles ont un cycle normal d'une dizaine d'années.

1 Entrée interdite

■ Dans une traction avant, les roues avant sont motrices, et le moteur se trouve à l'avant. Dans une voiture à propulsion arrière, le moteur est relié aux roues arrière motrices par un arbre de transmission : le plancher est nécessairement déformé par un tunnel au milieu duquel passe cette transmission.



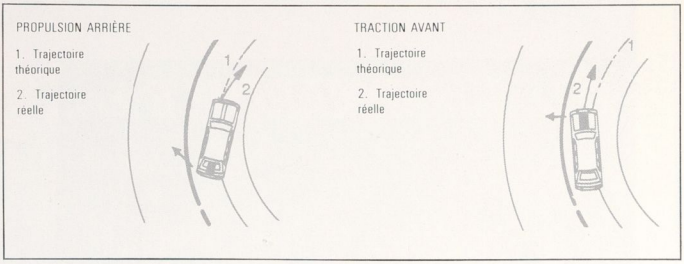
quer pourquoi tel type de voiture se vend auprès d'un « segment » bien particulier de la clientèle. Comment expliquer le goût des Italiens pour la maniabilité, la facilité de conduite, et celui des Allemands pour la sécurité et la finition d'une automobile ?

L'enquête est menée dans plusieurs pays, auprès d'utilisateurs de tous les types d'automobiles, d'après les méthodes du sondage statistique : A un millier de personnes sélectionnées dans toutes les couches sociales (citadins et campagnards, hommes et femmes, jeunes et vieux), on pose des questions telles que : « Quelle dépense consentez-vous pour l'achat d'une voiture ? », « Utilisez-vous votre voiture pour votre travail ? », « Quel est votre kilométrage annuel ? », « Pourquoi changez-vous de modèle ? »...

Des enquêteurs, postés à la sortie des salons ou des circuits de courses automobiles, renseignent eux aussi les dirigeants sur l'image de leur marque dans le public et sur le succès (ou l'insuccès) rencontré par telle ou telle innovation.

On procède par ailleurs à des interviews en profondeur, menées par des psychologues professionnels sur de petits échantillons de la population. Car la voiture, objet pratique, instrument bien matériel, est aussi l'objet d'investissements psychologiques ; on n'obéit pas aux mêmes motivations en achetant une petite cylindrée « tranquille », qu'en choisissant un bolide coûteux. Les industriels ont besoin de savoir comment les clientèles qu'on veut attirer avec un type d'automobile donné évaluent les prestations essentielles qu'elles en attendent : performances, économie, confort, habitabilité, esthétique, robustesse, sécurité, etc.

Ces études ont pour but d'estimer quels types de voiture devraient connaître une expansion ou une régression de marché dans les cinq ou dix années à venir. Ces évolutions peuvent avoir des raisons démographiques ; on a vu ainsi la popula-



■ Une voiture « survireuse » est en général une automobile à « derrière » lourd : ainsi les voitures à moteur arrière ont toutes des tendances survireuses ; dans un virage serré pris trop rapidement, l'arrière de la voiture tend à chasser, à déraper vers l'extérieur de la courbe, les roues avant continuant normalement leur trajectoire. Les automobiles qui ont la « tête lourde » (les tractions avant) sont souvent sous-vireuses : dans un virage serré pris trop rapidement, la partie la plus lourde de la voiture a, comme précédemment, tendance à continuer en ligne droite ; une voiture sous-vireuse a donc envie de rouler en ligne droite même si ses roues sont braquées vers la courbe. Dans ce cas, il faut freiner puis accélérer pour essayer de « tirer » la voiture dans le sens du virage. On neutralise la voiture en essayant de répartir équitablement le poids entre le train avant et l'arrière-train, et en jouant sur les réglages des suspensions avant et arrière.

tion — donc la population de consommateurs — augmenter après la guerre, puis diminuer, au moins relativement, du fait de la baisse de la natalité. Ces études peuvent aussi être déterminées par des raisons d'un autre ordre : modification de la mobilité des individus, de leur mode de vie (importance croissante des loisirs), changement de caractère socio-culturel, tel que le déclin de la notion de standing au profit d'une plus grande personnalisation des produits. Dans ce dernier cas le bénéfice d'une telle enquête est évident : les industriels, informés du désir de personnalisation accru au sein de la clientèle, seront en mesure de multiplier, pour chaque modèle, les possibilités d'équipement, ces « options » qui permettent à l'acheteur de modeler lui-même sa propre voiture. Ainsi, les « vitres teintées », les « toits ouvrants », etc., ne sont point des gadgets ; ils répondent au besoin, bien réel, d'adaptation d'un modèle de base aux exigences particulières de chaque acheteur.

Prévoir pour mieux répondre aux besoins des consommateurs

Certaines de ces études débordent parfois largement le cadre de l'automobile. C'est le cas d'une enquête menée auprès de ménages dans dix villes européennes, et touchant à de multiples hypothèses quant à l'évolution des réseaux routiers, ferroviaires et aériens. On a pu évaluer de cette

Les motivations d'achat

On distingue quatre sortes de motivations d'achat d'une voiture particulière :
- Motivations rationnelles : on achète une Renault 4 ou une Renault 6 pour leur simple fonction de véhicule économique, une Renault 16 ou une Renault 20 pour leur tenue de route, leur côté pratique et leur confort.
- Motivations dites de « classicisme ». Le véhicule choisi répond alors au choix d'une image sociale. C'était le cas de la Renault 12.
- Motivations passionnelles. Elles concernent essentiellement les voitures de sport et les coupés dérivés de berlines (Fuego, Renault 5 turbo).
- Motivations utilitaires enfin (fourgonnettes et estafettes).





LE MARCHÉ EUROPÉEN

■ Selon les catégories de cylindrée, le marché de l'automobile européen se répartit comme suit :

CYLINDRÉE	PART DU MARCHÉ
Jusqu'à 1 100 cm^3	21,8 %
de 1 100 à 1 300 cm^3	26,4 %
de 1 300 à 1 600 cm^3	24,1 %
de 1 600 à 2 000 cm^3	19,3 %
plus de 2 000 cm^3	8,4 %

manière qu'entre 1970 et l'an 2000, le nombre total de voyages d'affaires va augmenter de 185 %, les voyages de vacances de 55 %, et ceux de courte durée de 75 % environ. Pendant cette même période, le nombre de voyages en voiture doit connaître une progression de 68 à 78 %. Pour satisfaire ces besoins, cent millions d'automobiles sillonneront à la fin du siècle les routes européennes, contre quatre-vingts millions à la fin des années soixante-dix. Ces chiffres sont éloquents. Pour nous, bien sûr, qui comprenons mieux ainsi quelle importance revêt l'automobile pour le monde occidental. Elle fournit du travail à cinq millions d'Européens, intervient pour 9,5 % dans les échanges commerciaux entre les pays de la Communauté Économique Européenne

Lorsque le sport et le rêve se rejoignent.



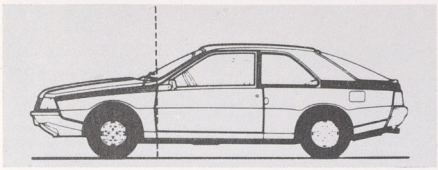
Les conséquences de l'exigence internationale

Lors du lancement commercial de la Renault 18, on trouvait en Europe des voitures de 500 à 6 500 cm³ de cylindrée, dont le prix s'étalait de 15 000 à 500 000 F.
Plus de 80 pour 100 de ce marché se situait entre 1 000 et 1 700 cm³ de cylindrée, et entre 20 000 et 50 000 F.
La voiture moyenne était la berline de 1 200 à 1 700 cm³ n'excédant pas 35 000 F, c'est-à-dire l'ensemble du marché des 7 à 9 CV. En Europe, plus de 30 marques commercialisent plus de 120 modèles et versions répondant à ces critères.
Cette gamme moyenne représente en Europe la moitié du marché de l'automobile.

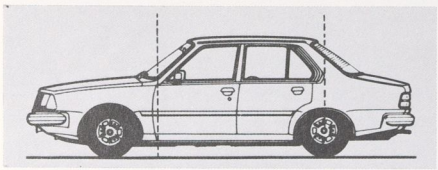
■ La « 134 », devenue la Renault 18, sera principalement commercialisée à l'étranger. On estime qu'à sa quatrième année de production, un quart des ventes seulement seront réalisées sur le marché français. Voici comment évolueront, en principe, les ventes de ce modèle, comparées à celles de la Renault 12.

	RENAULT 18				RENAULT 12
	1977	1978	1979	1980	
France	100 %	42,6 %	29,8 %	25,7 %	33 %
Europe (hors France)	—	23,2 %	22,5 %	22,5 %	28 %
Hors de l'Europe	—	34,2 %	47,7 %	51,8 %	39 %

■ Une incidence des exigences de la concurrence internationale : la « 134 » sera un tricorps classique, avec un coffre arrière. Le bicorps (Renault 5, Renault 14) avec hayon arrière n'est pas habituel hors de France ; dès lors, il ne sera pas retenu pour ce modèle.



BI-CORPS



TRI-CORPS

et représente à peu près 10 % de son commerce extérieur. Ces chiffres sont encore plus importants pour les gestionnaires chargés de prévoir, et de moduler le développement de cette branche maîtresse de notre économie. Des cent millions de voitures de l'an 2000, aucune n'est encore sortie des presses ; aucun de ces cent millions de moteurs ne tourne encore. Il faudra les construire, et bien d'autres avant eux, si l'on tient compte de la durée de vie limitée d'un véhicule. Et là, ce n'est plus seulement l'avenir de l'industrie automobile qui est en jeu, mais celui de l'économie occidentale.

Le problème est aussi politique

En 1985, l'industrie américaine aura investi plus de 70 milliards de dollars uniquement pour produire des voitures de taille réduite : en lançant sur le marché ces véhicules « compacts », les Américains entreront en concurrence directe avec les constructeurs européens.

Par ailleurs, les Japonais constituent, eux aussi, des rivaux dangereux : en 1979, pour une voiture européenne vendue au Japon, les Nippons ont vendu 24 des leurs en Europe !

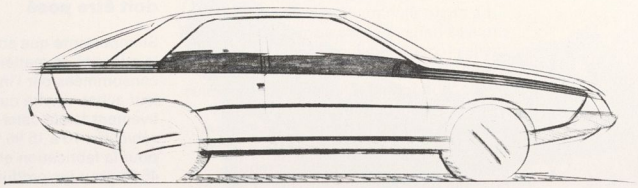
La solution du problème n'est pas de fermer nos frontières. L'interdépendance économique entre pays est devenue telle qu'un protectionnisme étroit, « à l'ancienne », est à présent hors de question. On ne peut relever ce défi que par une compétitivité accrue.

Un travail de fourmi

On a vu l'importance de l'information dans le domaine politique. A côté des multiples types d'enquêtes que nous avons passés en revue, Renault a mis en place une structure lui permettant de prévoir très précisément les volumes de vente d'un modèle de sa gamme.

Cette structure repose sur l'établissement et l'analyse de « tableaux de flux ». On y trouve, pour une année, le nombre de personnes qui changent de véhicule et passent d'un modèle à un autre. Y figurent en outre les reports d'un modèle concurrent sur une Renault et, bien sûr, d'une Renault vers une autre marque.

Une motivation passionnée



Dans la nature, il n'y a pas d'exemple d'animaux mal adaptés à leurs performances : l'hirondelle de Chine vole à plus de 300 km/h. Elle n'a pas la forme d'un cube !
Le lien existe aussi dans le monde industriel entre la forme et la fonction. Ainsi en est-il du coupé qui évoque l'aérodynamisme (la forme indique la fluidité et la pénétration dans l'air), la qualité automobile, le plaisir technique au même titre que les chaînes Hi-Fi sophistiquées et les caméras les plus perfectionnées.
La Fuego, conçue à partir de la Renault 18, a été étudiée pour évoquer tout ce qui se déplace et file : la partie avant a une forme arrondie, le capot est plongeant, la partie arrière, fuselée, le pare-brise, incliné ; les bandes noires traduisent la fonction de pénétration dans l'air du coupé. La bulle arrière, en verre, accroît encore l'impression d'espace.

On obtient ainsi un immense tableau détaillé à partir duquel il devient relativement aisé de définir le profil socio-économique de la clientèle d'un produit, ainsi que le volume prévisionnel de ses ventes.

Par exemple, la clientèle de la « 134 » sera en moyenne plus aisée que celle de la Renault 12. Elle comprendra 25 % d'ouvriers, 30 % d'employés et de cadres moyens, 25 % de représentants, agriculteurs et petits patrons, enfin 20 % de professions libérales, cadres supérieurs et grands patrons. Cette répartition est sensiblement celle de l'ensemble du marché de l'automobile, et recoupe ce qu'on sait de la clientèle classique d'une voiture située en un point neutre : entre une motivation d'achat raisonnée (4 L) et une motivation passionnée (la « Fuego » par exemple).

Le programme « 134 » s'adressera donc essentiellement aux habitués de la Renault 12, aux anciens possesseurs de Renault 16 qui auraient délaissé la marque, ainsi qu'à de nouveaux venus intéressés par un véhicule de dimensions et de prestations supérieures à celles de la Renault 12. L'analyse des tableaux de flux permet d'évaluer leur total à trois millions d'acheteurs.

Le visage du futur

Tout progrès technologique naît de ceux qui l'ont précédé ; et on peut prévoir à court terme, c'est-à-dire pour les dix années à venir, l'évolution probable des matériaux et des techniques. Il suffit pour cela d'établir l'état des connaissances actuelles, d'évaluer l'importance respective de chacune des techniques en cours de développement au sein des laboratoires, et d'extrapoler le tout pour la prochaine décennie.

L'évolution des circuits électroniques est à cet égard exemplaire. Depuis 1960, la densité des composants en éléments actifs (diodes, transistors) augmente chaque année de 80 %. On assiste aujourd'hui au mariage de l'informatique et de la micro-électronique. Le fruit de cette union, c'est le microprocesseur, dans lequel toutes les fonctions des ordinateurs sont réunies au sein d'un microscopique circuit. On y trouve en effet une unité centrale effectuant l'ensemble des calculs programmés au sein d'une mémoire ; des capteurs et des « actionneurs » (systèmes réalisant une action : vanne électrique d'ouverture d'une