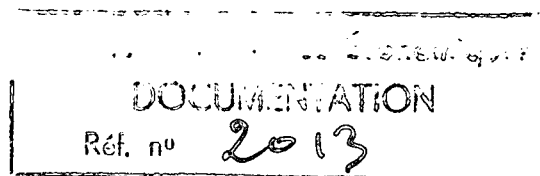


LES DOSSIERS DE L'ENERGIE 10

**ECONOMIES D'ENERGIE  
PAR LA CONCEPTION  
DES  
VOITURES PARTICULIERES**



MINISTERE  
DE L'INDUSTRIE DU COMMERCE ET DE L'ARTISANAT

© La Documentation Française - Paris 1977

I.S.B.N. : 2.11.000023.6

# SOMMAIRE

## RAPPORT

I - INTRODUCTION .....	13
II - SYNTHESE ET CONCLUSION .....	15
III - EFFORT NECESSAIRE .....	17
IV - APPEL AUX DONNEES ACQUISES .....	19
V - IMPULSION A LA RECHERCHE .....	21
VI - ACTION INDUSTRIELLE .....	25
VII - CONTEXTE ADMINISTRATIF .....	27

## ANNEXES

### Annexe I :

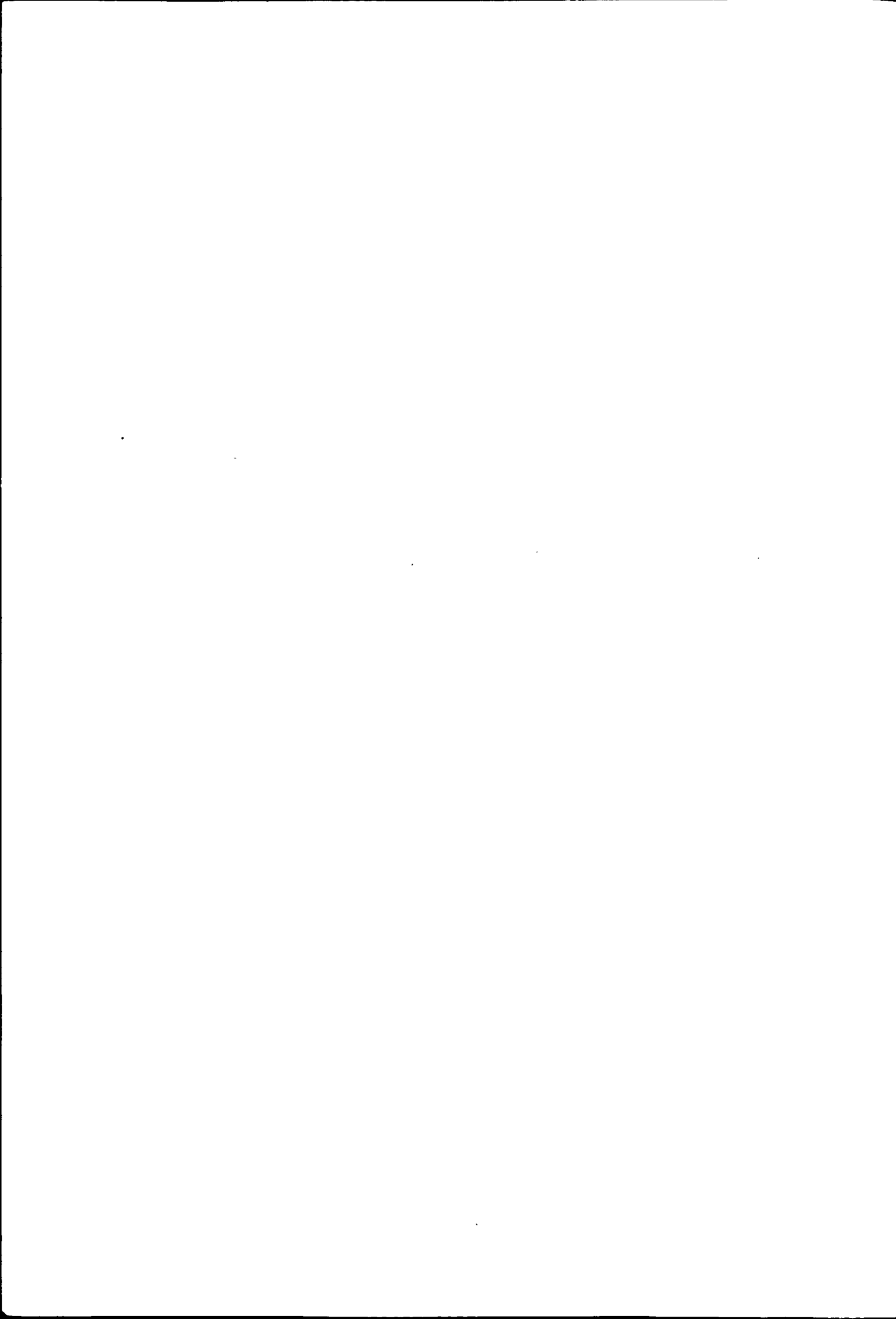
Consommation et parcours : informations disponibles, exploitation et compléments nécessaires .....	33
---	----

### Annexe II :

Les paramètres constructifs influant sur la consommation d'énergie, d'une automobile : perspectives techniques d'évolution .....	51
---	----

### Annexe III :

Les services administratifs concernés par les économies de carbu- rants .....	77
--	----



## AVANT-PROPOS

Le secteur des transports collectifs et individuels, représente à lui seul 30 % de notre consommation de produits pétroliers, dont le coût sur notre balance commerciale aura été, en 1976, de près de 56 milliards de francs. Une politique vigoureuse et cohérente d'économies d'énergie ne peut donc pas, même si cela touche à leur mode de vie, ignorer un pan entier de l'activité des Français.

Dans le secteur des transports, les transports individuels occupent une place toute particulière à la fois par ce que représente l'automobile pour son possesseur et pour les usagers, par l'ampleur de l'industrie de l'automobile et des équipements pour l'automobile et par l'importance des services attachés à l'usage de l'automobile. En effet, l'automobile fait travailler, directement et indirectement, près d'un Français sur dix. L'industrie automobile, y compris les équipements pour véhicules, a dégagé en 1976 un solde excédentaire supérieur à 15 milliards de francs.

Un équilibre judicieux doit donc être défini, entre la volonté d'aboutir à des économies substantielles de produits pétroliers et de devises, et de freiner la progression de la consommation de carburant, et le souci de ne pas obérer le développement d'une industrie largement ouverte sur la concurrence extérieure et, très sensible aux exigences de sa clientèle.

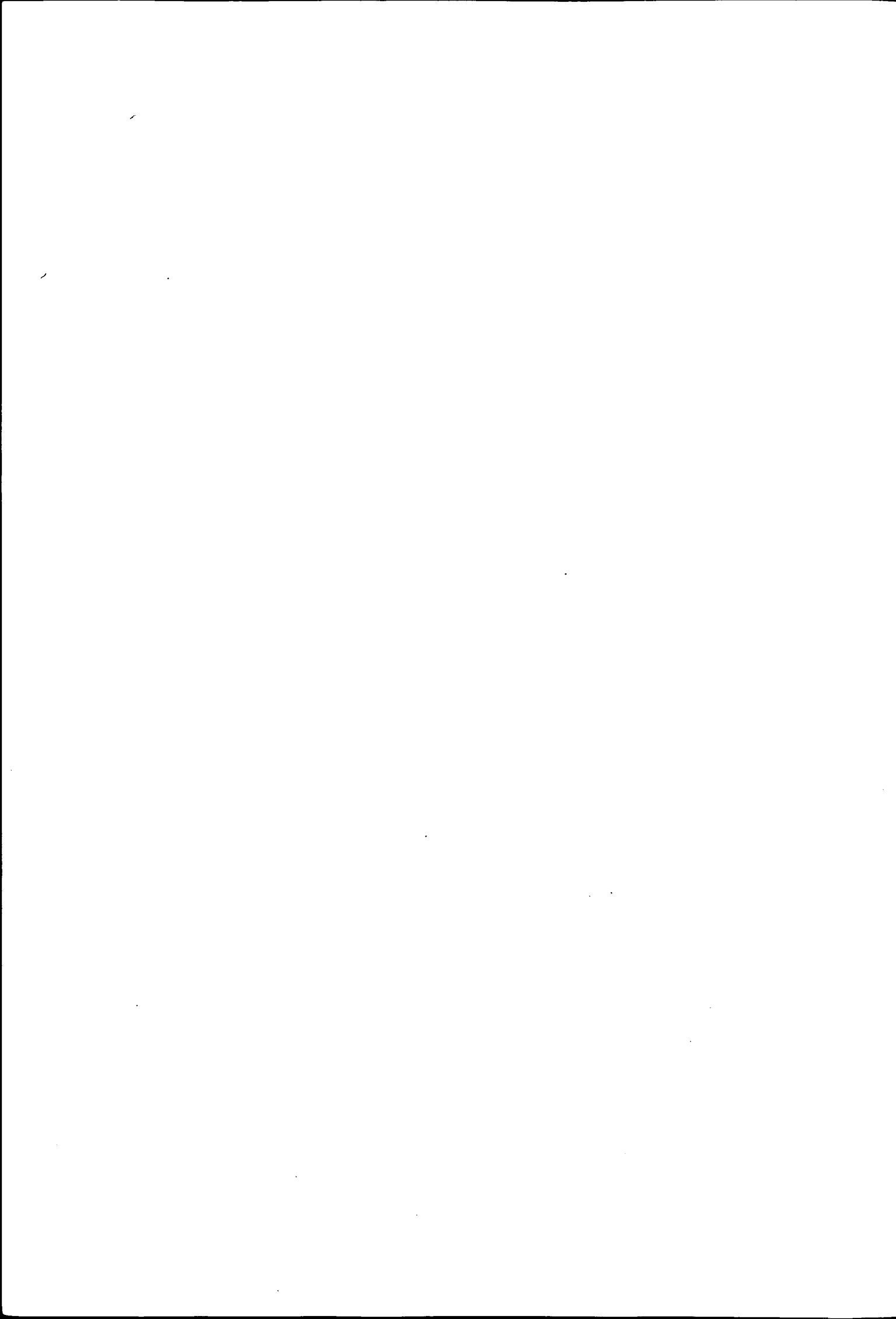
Or, en France et dans les pays qui constituent les principaux débouchés de notre industrie automobile, la diminution de la consommation des véhicules constitue, en tout état de cause, un puissant argument de vente. Une convergence se manifeste ainsi entre les objectifs des constructeurs et des pouvoirs publics.

C'est pour recenser les points sur lesquels la technique apporterait à moyen terme des solutions, et les domaines où l'action des constructeurs et des pouvoirs publics pourrait se conjuguer, que M. Michel d'Ornano, alors ministre de l'Industrie et de la Recherche, a demandé à M. Charles Deutsch, spécialiste de ces questions, de conduire une mission de réflexion sur la conception des véhicules.

M. Charles Deutsch a rassemblé ses réflexions dans ce rapport, qui pourra à son tour fournir au lecteur d'utiles éléments pour alimenter ses propres réflexions et former son opinion.



# RAPPORT





## I - INTRODUCTION

Répondant au souhait du Gouvernement, orienter la conception des véhicules vers des consommations moindres qu'aujourd'hui, la mission définie par la lettre du 19-8-76 de Monsieur le Ministre de l'Industrie et de la Recherche était orientée vers une concertation avec l'industrie.

Le court délai imparti suggéra, compte tenu des poids respectifs des diverses natures d'interventions possibles, d'en limiter la consistance, au moins en première approche, à la voiture particulière animée par une énergie stockée à bord sous forme de dérivés du pétrole, en écartant :

- d'abord les poids lourds,
- ensuite les considérations relatives à la façon de conduire ou à l'entretien,
- enfin les énergies « nouvelles ».

La conjoncture exigeait d'accorder une attention particulière à l'obtention de résultats aussi rapides que possibles, en tous cas avant 1985, mais sans négliger les au-delà de cette date.

L'automobile se développe dans un marché international évolutif très concurrentiel.

L'importance croissante du fait automobile dans notre civilisation appelle la multiplication d'interventions administratives de plus en plus diverses aux plans national et international ; bien qu'en principe limitée à la conception technique, la mission ne pouvait — le dialogue l'aurait rapidement ramenée à la réalité — sous-estimer le contexte administratif : il conditionne la technique.

Pour présenter les résultats de la mission, il a été estimé préférable de réduire le présent rapport, précédé d'une courte « Synthèse et conclusion », aux réflexions générales, en reportant à trois documents annexés un commentaire plus détaillé sur :

- 1° - consommation de carburants par les voitures particulières,
- 2° - paramètres constructifs influant sur la consommation,
- 3° - services administratifs concernés.

L'abondance des travaux et des documents sur des sujets connexes, dans le récent passé et chaque jour, a rendu la rédaction particulièrement délicate, dans le double souci d'éviter les lacunes et de limiter les redites.



## II - SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Depuis un certain temps déjà, l'automobile, important enjeu économique et social, reçoit de son marché une incitation notable, croissante, à l'économie de consommation ; les pouvoirs publics désirent accélérer beaucoup cette évolution technique.

Une action volontariste, concertée avec l'industrie, peut le réussir.

Il serait vain de tenter une analyse fine et chiffrée des résultats à en attendre : complexes dans leurs techniques, affectés d'interférences multiples, ils sont même, pour une part sensible, soumis aux aléas de la recherche.

Mais la réflexion qui vient d'être conduite permet de fixer un objectif concret aux deux ensembles d'actions possibles :

- appel aux données techniques acquises,
- impulsion à la recherche.

Pour chacun des deux, l'objectif est de réduire de 20 % la consommation kilométrique moyenne, à nature globale de déplacements conservée.

• L'incitation du marché, la concertation avec les pouvoirs publics peuvent mener l'industrie à l'objectif du premier ensemble, un gain de 20 %, pour 1985 et l'action aura ses prolongements après cette date. Les premiers aspects positifs seront presque immédiats ; il peut même être affirmé que la mission décidée par M. le Ministre de l'Industrie et de la Recherche a déjà infléchi l'évolution technique, tant elle a sensibilisé l'industrie.

Cet appel aux données acquises devrait se répartir en parts à peu près égales entre :

- rendement et optimisation du groupe motopropulseur,
- réduction de la puissance exigée par les déplacements du véhicule :
  - avec un plein effet sur de nouveaux modèles (gains possibles jusqu'à 30 % parfois), l'affinement aérodynamique peut aussi s'intégrer, avec gains de 10 à 20 %, à l'évolution que les modèles en cours de production connaîtront dans leur aventure commerciale ;
  - l'allègement peut viser plus de 10 % sur certains modèles nouveaux et s'insérer dans l'évolution des productions en cours, avec le progrès des techniques de fabrication et le choix des matières ;
  - la généralisation des pneumatiques récemment créés, bénéfiques, intéresse non seulement les véhicules neufs, mais aussi ceux en service dont les règles d'usage doivent être revues.

• Fixer aussi un objectif de 20 % aux résultats d'une impulsion à la recherche exige de celle-ci qu'elle soit :

- massive, de l'ordre de 50 millions de francs par an,

- durable, au moins cinq ans,
- orientée avec clairvoyance, au bénéfice d'une hiérarchie instituée entre les diverses contraintes imposées à l'automobile et d'une coordination entre les travaux qu'elles requièrent. Choix détaillé des thèmes, suivi des résultats, inflexion éventuelle des orientations seront une tâche majeure.

Des retombées industrielles sont certaines avant 1985, mais l'intérêt fondamental de l'innovation ainsi initiée est d'apporter un atout déterminant dans le durcissement de la compétition internationale.

Ambitieux, cet objectif de 20 % exige une aide des pouvoirs publics, la recherche avancée étant aléatoire, mais il est réaliste car il n'est pas un plafond pour l'avenir ; les deux moteurs familiers, à allumage commandé et diesel sont encore perfectibles — la réflexion s'est restreinte à eux de ce fait — bien que riches d'un long passé, s'ils veulent mieux répondre encore à l'extraordinaire diversité de leur emploi.

Sans renoncer aux filières motrices nouvelles ou au riche et complexe domaine du comportement routier, la recherche sera donc centrée sur le groupe moto-propulseur :

- d'abord efficacité aux charges partielles,
- mais aussi, modulation dépendant de l'usage,
- et permanence des caractéristiques.

Un facteur important sera la coopération avec l'industrie de l'équipement et les fournisseurs ; plus généralement, toutes les ouvertures vers le monde extérieur à l'automobile, ainsi l'électronique.

Les deux groupes français sont prêts à s'engager ensemble dans une recherche sur les trois moteurs qu'ils réalisent en commun.

◦ Les contacts pris au cours de la mission font estimer que des contrats de programme encadrant les actions nécessaires dans une concertation continue peuvent être rapidement mis au point avec chaque constructeur : tous ont donné leur accord à la tendance souhaitée par les pouvoirs publics, ainsi qu'à plusieurs formulations techniques précises.

Recherche ou politique industrielle et commerciale, le rôle de l'industrie dans ces accords est essentiel, mais clair.

Détenant la clé de l'impulsion à la recherche, les pouvoirs publics ont aussi la maîtrise de l'accompagnement ; vers l'usager, par exemple, en l'informant ou en dressant le cadre de ses déplacements, mais d'abord vers l'industrie en apportant à ses résultats des sanctions à la mesure des objectifs visés.

Ils ont aussi une capacité d'exemple et d'interventions techniques par les flottes qu'ils gèrent ou contrôlent.

La concertation ne peut manquer d'évoquer les deux domaines, réglementaire et fiscal, qui n'entraient pas dans la mission, pour souligner les effets déterminants d'une continuité politique, à long terme, et d'une harmonisation internationale, d'abord européenne :

- aujourd'hui, la formulation efficace d'exigences techniques régissant l'économie n'est pas mûre : c'est une raison pour en activer la réflexion concertée ;
- d'abord politique par ses effets globaux, la fiscalité est une sévère régente de la technique, par sa modulation comme par sa somme.

C'est dire tout le prix d'une coordination et d'une animation efficace du mécanisme administratif, qui répond par une complexité croissante à la dimension que le fait automobile se taille dans la vie nationale. Et tout d'abord l'intérêt d'une « vignette » accordant la liberté d'optimisation technique et d'une hiérarchie permanente du prix des carburants.

### III - EFFORT NÉCESSAIRE

Commentant les informations disponibles en matière de consommation, le document annexe n° 1 en souligne les très sérieuses insuffisances, notamment dans l'analyse des parcours. Il est certain qu'un progrès considérable est indispensable, aussi bien pour suivre les effets à court terme de décisions réglementaires ou fiscales, que pour fournir à l'industrie des données exploitables pour l'optimisation des véhicules ou pour appuyer des prévisions à long terme. C'est donc avec prudence que l'on peut en retenir que les prévisions de consommation du Conseil de planification de début 1975 semblent homogènes avec une qualité de la production automobile 1985 assurant, à performances égales, une économie de 15 %, comparée à la production actuelle.

Les véhicules sont animés par des opérateurs humains, qui choisissent trajectoires et horaires sur une infrastructure spécialisée, organisée, active ; ils s'insèrent dans un trafic dont la densité croît. Dans leur conception et dans l'économie de leur usage, fonction directe de la fluidité de la circulation, ils dépendent donc largement de la politique des pouvoirs publics : aménagement du territoire, équipement routier, gestion du trafic... Ces sujets sortaient du cadre de la mission.

Celle-ci devait se limiter à la conception du véhicule, qu'il est logique de considérer, dans cette réflexion, comme un transformateur d'énergie en deux étages :

- le premier, le groupe motopropulseur, fournit l'effort au contact roue-sol à partir de l'énergie embarquée,
- le second transforme en performances cet effort au sol, écho direct de la puissance appelée par le mouvement de l'ensemble du véhicule.

A propos du premier étage :

- de nombreux travaux en cours ou publiés se préoccupent de nouvelles filières motrices : moteur Stirling ou Rankine, turbine... Dès l'abord, elles ont été reléguées à un éventuel long terme, la mission ayant progressivement renforcé notre opinion que les deux moteurs « classiques » sont encore très perfectibles. Leur passé déjà long ne les a pas encore menés au terme de leur évolution, ainsi que l'expriment les commentaires ci-après, complétés par le document annexe n° 2,
- de même l'attention n'a été portée que sur l'énergie provenant des dérivés liquides du pétrole, les essences et le gazole ; l'emploi à la carburation de gaz de pétrole liquéfiés, intéressants parce que disponibles, ou d'alcools en mélange n'a pas, non plus, à être examiné, se satisfaisant de transpositions.

Pour intervenir sur chacun des deux étages constitutifs de l'automobile, deux voies principales se dessinent :

1) l'appel aux données acquises : continûment alimentée par la recherche, l'évolution technique est affectée par l'hystérésis propre à toute grande industrie ; elle choisit ses solutions en fonction des besoins ressentis du marché. Même si ce dernier a déjà évolué, dans le sens des préoccupations des pouvoirs publics,

d'assez nombreuses données sont disponibles et susceptibles de prolongements logiques : les industrialiser progressivement est une possibilité certaine de la concertation.

2) la recherche, à laquelle les pouvoirs publics s'intéressent directement : les possibilités de l'industrie, en moyens humains, techniques, financiers, sont limitées et déjà largement sollicitées par d'autres contraintes d'origine administrative. La concertation doit accorder à la recherche une impulsion massive, durable et organisée ; une aide publique substantielle se justifie par l'intérêt général évident qu'auront des résultats massifs et par l'incertitude que connaît aujourd'hui l'industrie quant à leur commercialisation possible.

## IV - APPEL AUX DONNÉES ACQUISES

### 1. Groupe motopropulseur

Dans sa technique actuelle, le moteur est astreint à de multiples compromis et une panoplie de solutions techniques peut permettre d'améliorer alimentation et allumage. Ceci engage à la fois l'industrie de la consommation et celle des équipements, mais n'a de sens qu'avec un large appel aux techniques extérieures, soit pour de nouveaux matériaux, soit pour de nouveaux constituants : ainsi l'appel à l'électronique.

Le phénomène majeur immédiat est l'optimisation du groupe moteur-transmission : non par utilisation de « gros » moteurs sous-utilisés, mais par recherche de moteurs très performants en consommation, utilisés à leurs meilleures possibilités grâce à la transmission. L'existence d'une « vignette » prenant la cylindrée pour référence (1) a été critiquée ; la référence « poids » (2) aurait aussi ses défauts, ainsi que celle à la « puissance réelle » malgré l'intérêt certain d'un modèle récent qui l'illustre.

Une formule accordant la liberté technique souhaitable doit être un thème liminaire d'une concertation entre pouvoirs publics et industrie ; il est évoqué ci-après.

### 2. Ensemble du véhicule

#### a) Poids

Le document annexe n° 3 explicite l'impossibilité d'une réglementation globale « à l'américaine » limitant le poids de l'ensemble d'une fabrication.

Dans la variété actuelle des gammes, il existe des écarts de poids de l'ordre de 10 % entre modèles concurrents : ceci donne une mesure indiscutable des progrès possibles. Une meilleure mise en place, le progrès de la fabrication, le choix des matériaux (domaine où intervient l'économie de matières premières)... joueront, bien sûr, dans l'élaboration de nouveaux modèles. Mais ceux dont la production se poursuit connaissent des révisions parfois importantes au long de leur vie commerciale ; le gain de poids doit jouer un rôle accru : il sera difficile que ce soit rapide.

---

(1) Il en est de même en Allemagne, Belgique et Italie.

(2) Utilisée en Danemark, Pays-Bas.

## b) Formes aérodynamiques

Ces révisions d'un même modèle affectent souvent la forme, la présentation : ceci donne aussi une mesure, celle des retouches aérodynamiques possibles. Sur la quasi-totalité des modèles actuellement en production, un gain est techniquement réalisable, de 10 à 20 %, ramenant le coefficient de traînée  $C_x$ , aux environs de 0,35 (1), parfois moins. Comme le dernier Salon vient de l'offrir aux poids lourds, comme l'offrent certains spécialistes à la voiture de série pour l'étiqueter « sportive » des aménagements peuvent être apportés à des voitures en service sous forme de « kits » adaptables.

Pour les modèles futurs, le souci aérodynamique, prenant une place éminente dès l'origine des études, peut faire encore mieux : réduire le  $C_x$  aux environs de 0,3 (soit un gain pouvant atteindre 30 %), parfois même un peu mieux, notamment sur des modèles de faible diffusion. Et ceci sans renoncer aux ambitions d'habitabilité, de compacité, d'esthétique : le style fonctionnel s'affirme de lui-même.

## c) Roulement

Le pneu à carcasse radiale est encouragé, dans presque tous les rapports publiés : à très juste titre, il apporte un gain certain. Les véhicules nouveaux peuvent être particulièrement agencés pour exploiter les techniques nouvelles, en orientant leurs compromis entre pression de gonflage, taux d'amortissement, épures de suspension, répartition des masses...

Agrandir le diamètre des roues est, en théorie, favorable ; mais d'autres considérations s'y opposent : poids, sécurité...

L'usager n'a en moyenne, qu'une attention réduite pour l'état de ses pneumatiques ; à l'intention du sursaut de discipline qu'il faut lui demander, l'industrie peut utilement procéder, pour les véhicules déjà en service, à une reconsidération du choix de la monte et des conseils de gonflage, en fonction des divers types d'usage.

## 3. Effets à attendre

L'évolution ne peut qu'être progressive, encadrée par celle de la conjoncture et sous l'astreinte du marché. Il n'est pas logique d'évaluer en détail telle ou telle modification ; à supposer que cela soit possible, une estimation globale chiffrée exigerait un travail statistique considérable : il serait vain, car les effets de plusieurs dispositions sont interdépendants.

Le document annexe n° 2, analysant l'appel de puissance nécessaire au déplacement des automobiles, donne une liste non limitative d'actions possibles. Les contacts qui ont permis de l'établir suggèrent deux conclusions :

- l'action globale d'appel aux techniques connues peut se fixer comme objectif réaliste un progrès de 20 % dans la consommation kilométrique moyenne, chacun des deux étages constitutifs d'une automobile intervenant à part sensiblement égale.
- des résultats immédiats (pneumatique, finesse de forme) sont possibles et l'intégralité de l'objectif doit être atteinte pour 1985 ; un pas décisif, près de la moitié, étant acquis dès 1980.

(1) Une certaine diversité, l'imprécision des mesures ne donnent à ce nombre qu'une valeur indicative.



## V - IMPULSION A LA RECHERCHE

### 1. Orientation

La publication récente d'essais officiels de consommation a mis en évidence des éléments connus, mais auxquels une insuffisante attention avait été accordée ; alors que les deux moteurs « classiques » savent fournir de la puissance, dans leur zone optimale, pour moins de 190 grammes de carburant par cheval-heure :

- en vitesse stabilisée, il y a des exemples où la consommation spécifique est supérieure à 300 grammes cheval-heure,
- en cycle urbain (pourtant moins sévère qu'une circulation dense), c'est la valeur de 600 qui peut être dépassée !

Il est bien clair qu'il n'est pas prévisible de rester à l'optimum (1) en tous régimes de vitesse et de puissance ; mais il est normal d'avoir l'ambition de réduire la consommation en dehors de la zone optimale (2) : fixer pour objectif à la recherche un gain de 20 % sur la consommation moyenne répond à cette ambition en restant réaliste.

La recherche ne peut négliger, pour le groupe motopropulseur, les filières motrices et les énergies nouvelles ; ni, pour l'appel de puissances nécessaires au véhicule :

- la qualité des équipements, le rôle des semi-produits, le choix des matériaux : en étroite concertation avec leurs fournisseurs ;
- le comportement routier, qui suscite depuis quelques années d'importants développements mathématiques ayant leur incidence directe sur le roulement et les réactions aérodynamiques : ici, la recherche n'a de signification qu'en liaison intime avec les responsables de l'infrastructure.

Mais les valeurs citées en début du présent paragraphe donnent la priorité, pour une recherche avancée, à l'ensemble mécanique classique.

---

(1) La variation considérable, de 1 à 3, de la consommation spécifique, suivant le régime et la puissance, explique tout à la fois :

- la difficulté des essais sur véhicules : une perte sur la consommation spécifique peut masquer un gain sur la résistance à l'avancement.
- la difficulté de comparaison entre modèles affirmés équivalents, équipés l'un d'un moteur à allumage commandé, l'autre d'un diesel ; la notion même d'équivalence pourrait suggérer de très longs commentaires ;
- l'importance de l'optimisation de l'ensemble moteur-transmission en fonction de l'usage du véhicule.

(2) Certains travaux bénéficieront aussi à la zone optimale.

## 2. Moteur

Détaillées dans le document annexe n° 2, trois orientations semblent se présenter d'elles-mêmes en fonction de trois constatations. Notons, dès l'abord, que ces constatations sont nées de la très grande variété d'emploi des moteurs ; ce qui suggère, entre autres idées, d'accroître les variables dont dispose la conception : taux de compression, cylindrée, distribution... variables ou suralimentation, voire un certain retour d'un cycle peu utilisé, le deux temps.

### a) Charges partielles

Les mesures officielles de consommation, déjà citées, ont mis en lumière, dans leurs commentaires, le faible niveau de puissance utilisé par les modèles courants durant ces essais :

- puissance instantanée en vitesse stabilisée,  
15 à 20 chevaux à 90 km/h,  
25 à 40 chevaux à 120 km/h,
- puissance moyenne en cycle urbain,  
2 à 5 chevaux.

Ces valeurs sont bien en-deça des puissances maximales.

Le moteur à allumage commandé, alimenté en mélange de richesse constante, répond aux charges partielles par laminage de l'air admis : il y est mal préparé. Le diesel dissocie les arrivées d'air et de carburant : il n'a donc pas le même défaut ; mais son recours à des pressions élevées en est un. Ces deux moteurs connaissent une certaine convergence dans leurs évolutions car ils ont nombre de problèmes communs ou voisins : pertes mécaniques, rendement des auxiliaires... La combustion est toujours évidemment en cause, par exemple, dans le recours aux mélanges pauvres : les diverses nuisances en reçoivent donc une incidence.

D'importants travaux se sont déjà révélés très prometteurs, ainsi le turbo-compresseur sur moteur diesel. D'après les recherches amorcées connues, les progrès possibles semblent devoir être plus importants sur le moteur à allumage commandé que sur le diesel.

### b) Équipements

Les souhaits sont très nombreux :

- corriger les réglages en fonction de l'ambiance où évolue le véhicule, température par exemple,
- accroître l'endurance ; faciliter le remplacement des éléments d'usure : après avoir préparé l'entretien et le contrôle,
- améliorer l'information du conducteur avant qu'il décide les gestes de sa conduite ; mieux, lui substituer des automatismes. Ceci réunit l'état de son véhicule et tout ce qui est relatif à l'état et à la gestion de l'infrastructure.

Le rôle de l'électronique est très élevé.

### c) Régimes transitoires

Il y a longtemps que la récupération de l'énergie vainement dissipée lors du freinage fait réfléchir.

Il faut aussi s'interroger sur le mauvais rendement du moteur lors du départ à froid. S'il n'existe pas de statistiques chez nous, il y a une indication dans celles établies aux U.S.A. : la moitié des voitures y fait moins de 6 km entre deux stationnements. Même s'il n'y a que moitié, voire un tiers, de départs à froid, la perte cumulée est sensible : l'unité de mesure est la centaine de milliers de tonnes.

### 3. Transmission

Les chercheurs s'intéressent depuis toujours à :

- multiplication du nombre des rapports de transmission ou mieux variation continue de ce rapport.
- choix automatique du rapport.

Handicapée dans l'esprit de certains par la perte de rendement (1) de certains constituants, la boîte automatique est encore, elle aussi, perfectible, bien que très familière ; la généralisation commerciale internationale actuelle de certaines solutions ne doit pas arrêter la recherche dans ce domaine très prometteur d'économies.

### 4. Moyens

Aléatoire par nature, la recherche ayant un objectif ambitieux doit être massive et durable ; l'analyse précédente, appuyée par les documents annexes n° 2 lui impose aussi d'être guidée avec précision au départ et suivie dans son déroulement, pour faire les réorientations que suggéreraient les interférences probables des travaux.

Le volume annuel des études et recherches approche aujourd'hui 1,5 milliard, dans l'industrie automobile ; la part « recherche d'économie » n'y pourrait être isolée qu'avec quelque arbitraire : elle ne doit pas atteindre 10 % du total.

Les pouvoirs publics accordent aux A.T.P. pollution-économie une aide annuelle de l'ordre de 10 millions : l'expérience est suffisante pour en apprécier les effets satisfaisants.

Il apparaît cohérent d'estimer à 50 millions de francs, pendant cinq ans, le niveau souhaitable pour l'effort annuel de recherche « économie ». La capacité de l'industrie est limitée, aussi peut-on souhaiter :

- appel à tous les concours valables : universités, écoles, firmes indépendantes.
- un palier dans les contraintes supportées par l'automobile, notamment à propos des nuisances relativement maîtrisées, pollution, sécurité, même si la pollution et l'économie, qui ont parfois paru être en conflit, sont fréquemment compatibles, voire associées.
- une coordination aussi efficace que possible dans les actions nées de ces contraintes.

L'industrie estime que cette recherche, lourde et aléatoire, mais qui doit être bénéfique pour la communauté nationale, n'est possible qu'avec un net encouragement des pouvoirs publics.

---

(1) Certaines conceptions, n'ayant connu qu'une diffusion limitée, évitent ce défaut ; l'automatisme sait aussi mieux conduire que certains usagers et infléchit le style de conduite.



## VI - ACTION INDUSTRIELLE

Les constructeurs ont clairement exprimé leur accord effectif pour œuvrer dans le sens souhaité par les pouvoirs publics. Dans les nombreux échanges de vue techniques, l'objectivité de tous a évité de longues discussions sur les diverses orientations mentionnées dans le présent rapport.

Tout chauvinisme écarté, le renom des voitures françaises est excellent : sécurité, agrément de conduite, confort. L'économie d'usage peut être un fleuron supplémentaire de cette couronne.

Mais l'industrie doit limiter l'ambition de ses objectifs aux contraintes compatibles avec ses marchés, intérieur et extérieur. L'appel accéléré aux connaissances acquises et la mise en œuvre industrielle des apports de la recherche doivent donc être préparés, incités par le contexte administratif ; comme la recherche à haut niveau, ambitieuse et aléatoire, doit recevoir une aide substantielle.

Certaines réalisations peuvent être concertées avec les pouvoirs publics et avoir une vertu promotrice, exemplaire, ainsi :

- dotation de flottes captives ;
- véhicules expérimentaux ou petites séries, recherchant, par exemple, l'affinage des formes ou l'adaptation des suspensions aux nouveaux pneumatiques ;
- véhicules électriques, même, dont les pouvoirs publics poursuivent la promotion, où le poids, au sens mécanique du terme, de l'énergie embarquée, oriente activement vers les économies d'énergie consommée.

### 1. Structures industrielles

Les tables rondes de juin ont mis en relief une orientation fondamentale des actions concertées entre constructeurs et de l'organisation de la sous-traitance :

- standardisation de constituants : moteurs, transmissions...
- évolution des structures dans l'industrie de l'équipement.

Un exemple d'efficacité résultante est l'accord formulé par les deux grands groupes français, au cours de la mission, pour un programme commun de recherche sur les trois moteurs qu'ils réalisent ensemble.

Cette orientation est aussi un facteur de progrès pour le dialogue, nécessaire à une conception efficace, entre l'industrie (achats, études, production...) et son amont : équipements, pneumatiques, semi-produits, matières premières...

## 2. Productions en cours

Certaines novations peuvent être quasi immédiates sur des modèles dont la production continue : pneumatiques, retouches de forme, voire équipements ; le complément sera progressif. L'amélioration du parc existant présente un immense intérêt en raison du nombre de ses éléments : chaque fois que possible, les transpositions des novations seront étudiées à son intention en équipements adaptables, susceptibles d'être diffusés par les réseaux commerciaux.

Dans le passé, quelques essais de modèles économiques à l'achat, grâce à une présentation spartiate, ont échoué : il faut tenter que l'effort d'économie de consommation porte, par préférence, sur les modèles de grande diffusion.

## 3. Modèles nouveaux

Avec des aléas politiques importants, avec aussi quelques perspectives de substituts partiels, liquides et gazeux, le pétrole a un avenir à long terme ; mais rien ne fait espérer le retour d'une énergie abondante, bon marché, gaspillée. Les nouvelles familles de modèles ont donc toutes raisons d'intégrer au plus vite les solutions économes d'une énergie chère, acquises ou découvertes par la recherche.

Sans insister, il faut noter, pour la vaincre, l'existence, en certains cas, d'une légère réserve, inchiffable, des concepteurs : un exemple est la finesse aérodynamique, qui n'a pas encore convaincu tous les intéressés de son aptitude à accepter les servitudes d'habitabilité, de visibilité, de volume, d'esthétique...

## VI - CONTEXTE ADMINISTRATIF

Infléchissant la conception des véhicules, mais indirectement, certains rôles des pouvoirs publics ne sont que mentionnés, parce qu'estimés hors de la mission (1) ; ainsi :

- les mesures d'accompagnement vers l'utilisateur, visant l'économie (information ou éducation) et indirecte (contrôle ou entretien du véhicule, sécurité...).
- l'aménagement du territoire et la gestion de l'infrastructure (2).

D'un effet direct et essentiel, l'hypothèse a été retenue qu'il n'était pas prévu de limitation autoritaire des gammes de fabrication, ni de telle ou telle caractéristique technique : un écrasement systématique de la motorisation serait une économie évidente, massive !

Directe aussi sont les rôles déjà mentionnés :

- actions exemplaires ou promotrices (§ VI) ;
  - aide substantielle à la recherche ;
- qui trouvent aisément une place dans la concertation. Mais celle-ci ne saurait esquiver les délicats sujets de la réglementation et de la fiscalité.

### 1. Réglementation

Pollution et sécurité fournissent une double leçon :

- la réglementation définit des objectifs plutôt que contrôler des moyens ;
- la concertation entre pouvoirs publics et industrie réussie au plan national a eu un effet décisif au plan international.

Le document annexe n° 3 explique en quoi une réglementation « à l'américaine » (3) n'est pas transposable ; il précise même qu'avant une éventuelle formulation technique, loin d'être mûre aujourd'hui, une meilleure appréhension des facteurs à faire intervenir est indispensable.

La définition d'essais officiels d'économie fournit à l'utilisateur des informations pour déterminer son choix, mais ne lui permet pas d'affecter une note absolue de qualité à chaque voiture. Une simple combinaison des essais don-

---

(1) Il en serait autrement pour une mission relative aux poids lourds, dont la conception est directement dépendante de la gestion des transports routiers.

(2) Notons, pour illustrer la difficulté des pronostics, que si la limitation de vitesse a sans doute induit une légère sous-motorisation, elle n'a pas eu jusqu'ici l'effet majeur redouté par certains, au début, sur le marché des hauts de gamme. Avant un total consensus international, elle a mis assez en vedette une zone étroite de performances, 90 à 120 km/h suggérant de s'attacher à l'atteindre dans la zone de fonctionnement optimal des moteurs : les essais officiels publiés ont fait ressortir quelques réussites.

(3) Réglementation de moyens, comme le serait celle de la finesse aérodynamique ou de la cylindrée maximale.

nerait une « bonne » note à une voiture sportive légère, une « mauvaise » à un véhicule très habitable, sous-motorisé... c'est-à-dire foncièrement économique. Les critères ne sont pas les mêmes pour un taxi, un véhicule grand-routier, un engin hors-chemins : à la seule consommation, il faut au moins ajouter l'aptitude à transporter ; peut-être aussi la maniabilité, l'accessibilité...

Particulièrement nécessaire, en vue d'une prise de position européenne, la réflexion concertée ne peut manquer d'orienter vers une rigoureuse coordination, vers la définition d'une hiérarchie des contraintes imposées à la conception des véhicules. Sans doute, pour confirmer la proposition d'un palier relatif là où, pollution et sécurité par exemple, un seuil convenable a déjà pu être atteint.

## 2. Fiscalité

Si toutes les modulations de taxes peuvent avoir un effet, deux se taillent aujourd'hui une place en vedette.

### a) Vignette

Majoritaire en Europe, la cylindrée a été critiquée comme référence, au point de décider le principe d'une substitution ; mais un groupe national lui reste attaché. L'autre groupe a réussi une excellente utilisation de la liberté technique qu'accorderait la puissance réelle retenue pour référence ; sans en avoir dissimulé les défauts.

Une suggestion hardie a été formulée à l'occasion de débats sur l'application de la vignette aux deux-roues ; par assimilation, dispenser de vignette les voitures de cylindrée inférieure à 1 000 cm<sup>3</sup>.

Deux données techniques sont simples :

- si une taxe à la possession existe, sa variation doit être aussi continue que possible, quelle que soit la référence utilisée ; des paliers éloignés suggérant des distorsions.
- une « note » des véhicules mesurant leur qualité d'économie n'est pas mûre et ne peut donc servir de référence.

La mise en route prochaine d'une vignette telle qu'aujourd'hui envisagée est hautement souhaitable. Sans exclure une révision, ne serait-ce qu'en contribution aux entretiens européens : s'il est possible d'explicitier un objectif clair (autre que la simple rentrée fiscale), il est très probable qu'une concertation aboutirait rapidement à un accord des constructeurs.

### b) Carburants

La part « carburation » dans le bilan pétrole semble appelée à croître et il existe bien des raisons pour que la part « transport routier » continue à croître plus vite que celle de la « voiture particulière ».

L'évolution que va connaître l'industrie du pétrole est riche d'inconnues et la hiérarchie des prix de revient des carburants n'échappe pas à quelque arbitraire.



La hiérarchie entre les prix de vente des essences, utilisées par des moteurs similaires, est loin de poser les mêmes problèmes que le rapport essences-gazole.

L'industrie automobile nationale s'est équipée dans un certain contexte et l'hystérésis d'une très grande industrie est toujours lourde ; la situation des deux groupes français est différente, mais moins dans la réalité profonde qu'en apparence et les deux sont en mesure de s'accorder sur une position commune, si les données fiscales sont précisées.

La technique rend très difficile la comparaison entre les deux moteurs :

- sa complexité (poids, consommation, prix, entretien...) varie avec l'échelle,
- il n'est pas possible de prédire comment varieront les éléments comparés.

Les deux moteurs se développent, même en des pays dont le contexte fiscal est très différent : ils ont donc des vertus propres, même si l'ordre de grandeur des performances est voisin. On ne devine pas, par contre, la justification de certains avis, émis en instances internationales, proposant une dieselisation activée sans discrimination.

L'exigence industrielle est une politique définie à long terme, dont les évolutions éventuelles seraient très continues.

Si l'objectif fiscal des taxes sur les carburants et sur les voitures particulières peut être déconnecté (1) du très important transport routier, la position concertée avec les constructeurs, espérée ci-dessus, sera une base pour les négociations à Bruxelles.

### c) Mécanismes administratifs

Complétant quelque peu les indications précédentes, le document annexe n° 3 évoque surtout les contacts administratifs pris au cours de la mission : ils illustrent la complexité qu'a atteinte la machine administrative.

Il faut souligner qu'une coordination effective a réussi à s'organiser au plan national, par exemple pour la fonction réglementaire ; comme il faut noter la lenteur des négociations internationales et leur difficulté à susciter des décisions.

De tels commentaires peuvent paraître étrangers à la mission : au contraire, celle-ci a continûment vécu ce sujet.

Qu'il s'agisse d'exigences techniques ou d'actions vers l'utilisateur (2), de recherche ou de réglementation, un triple souhait est continûment formulé :

- coordonner les actions,
- hiérarchiser les contraintes,
- clarifier les contacts en réduisant autant que possible le nombre des interlocuteurs.

C'est la condition même de l'efficacité d'une concertation active, s'appuyant sur des données politiques à long terme et œuvrant dans la continuité.

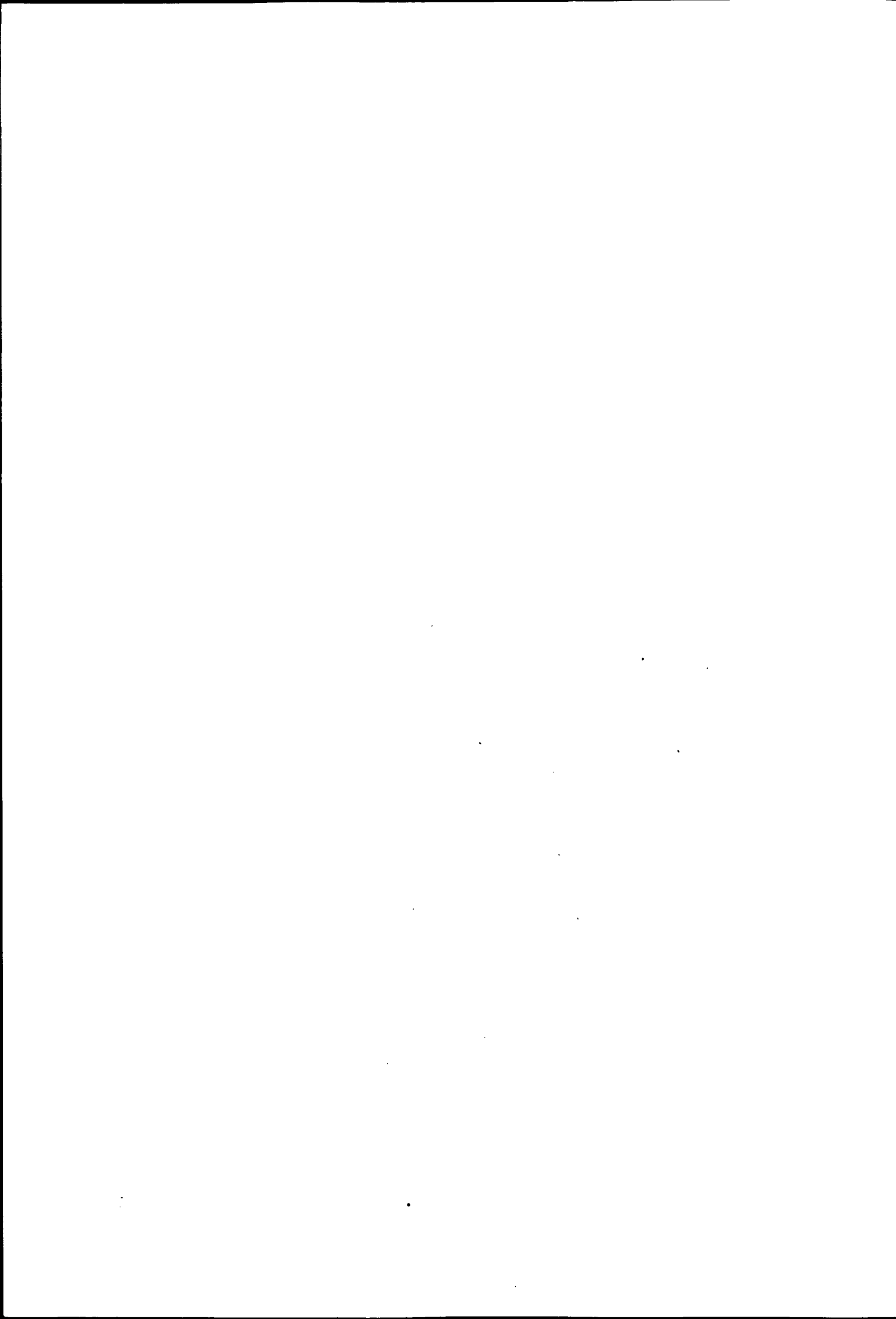
---

(1) Le développement actuel du petit diesel — incluant une forte importation — ne manquera pas, de toute façon, de poser le problème de rentrée fiscale.

(2) Les contrôles ou visites périodiques ont été envisagés pour la sécurité, pour les nuisances : il est bien clair qu'il faudra leur associer, au moins, l'économie.



# **ANNEXES**



## CONSOMMATION ET PARCOURS : INFORMATIONS DISPONIBLES EXPLOITATION ET COMPLÉMENTS NÉCESSAIRES

Choisi par le Conseil de planification de février 1975, l'horizon 1985 est donc retenu pour définir les objectifs de l'évolution technique désirée en vue d'économies d'énergie.

Diverses prévisions de consommation ont été élaborées. Il est apparu nécessaire de tenter d'en circonscrire la signification ; disons de suite que cet examen suggère d'en rechercher un progrès dans la finesse des analyses et la précision des observations.

### I. Situation actuelle et évolution passée

#### 1. Consommation globale par produits

En France, les véhicules routiers utilisent presque exclusivement pour leur propulsion des essences et du gazole (1) ; ils consomment la quasi-totalité de ces carburants mis sur le marché intérieur.

La consommation réelle globale de ces produits est connue avec une excellente précision ; les variations de stocks chez les usagers peuvent créer un écart de l'ordre de 1 % entre la consommation annuelle et les livraisons, pour l'essence et le supercarburant, de l'ordre de 3 % pour le gazole.

L'évolution de ces consommations depuis 1950 figure sur le tableau A.

En 1975, elles se sont élevées, en millions de tonnes, à :

— carburant automobile : super	12,7
ordinaire	3,2
	<hr/>
	15,9
— gazole :	6,4

Ce qui représente un total de 22,3 millions de tonnes, soit 22 % des produits pétroliers et 14 % de l'énergie consommés par la France.

---

(1) Les flottes utilisant le gaz naturel comprimé, dans le Sud-Ouest de la France ou l'électricité sont marginales ; il en sera de même pour celles qui utiliseront les G.P.L. si ceux-ci sont prochainement acceptés à la carburation.

L'évolution des consommations depuis 1950 est représentée par le tableau A et le graphique B :

— de 1958 à 1973, l'augmentation annuelle moyenne a été		
	carburant	8 %
	gazole	11,3 %
— en 1974, comparée à 1973		
	carburant	— 3,5 %
	gazole	+ 3 %
— en 1975, comparée à 1974		
	carburant	+ 4,7 %
	gazole	+ 2,2 %
— en 1976, comparée à 1975 (dix mois)		
	carburant	+ 6,8 %
	gazole	+ 0,2 %

## 2. Consommations des voitures particulières

Deux estimations sont régulièrement publiées, celle du Comité Professionnel du Pétrole, et depuis 1974 celle réalisée par le Service des Affaires Economiques et Internationales du ministère de l'Equipement ; elles sont établies à partir des parcs, des parcours moyens et des consommations kilométriques estimés pour les types de véhicules représentant une faible fraction de la consommation. La consommation globale de la catégorie de véhicules représentant la majeure partie de la consommation de chaque produit est évaluée par différence entre la consommation totale du produit et la somme des consommations des catégories de véhicules minoritaires.

Ces estimations sont résumées sur les tableaux C, D et E.

A partir de ces estimations, on peut considérer que la consommation de carburant par les voitures particulières et commerciales s'est élevée en 1975 à environ 13 millions de tonnes dont 700 000 de gazole ; ceci représente 13 % des produits pétroliers et 8 % de l'énergie consommés en France.

Le taux de croissance de cette consommation a été de 10 % en moyenne entre 1966 et 1973, de — 3,7 % en 1974, de + 5,2 % en 1975. La consommation de gazole par les voitures particulières a crû à un rythme spectaculaire puisqu'elle a été multipliée par 5 en 10 ans.

## 3. Analyses détaillées

Il n'existe pas d'enquêtes statistiques significatives qui permettraient une analyse fine de la consommation par nature de véhicules et, pour chacune d'elle, par nature de parcours.

Il existe quelques renseignements sur le parc, des estimations sur les parcours totaux et leur décomposition ; il est possible de tenter quelques recoupements sur ces valeurs.

### a. Parc de véhicules

Trois estimations (rappelées par le tableau F) sont régulièrement publiées :

- Chambre Syndicale des Constructeurs Automobiles (C.S.C.A.) ;
- Bureau Central de Statistiques du Ministère de l'Equipement ;
- Argus de l'Automobile.

D'un million en 1966, l'écart entre ces documents est aujourd'hui réduit à 200 000 ; sans que ceci démontre un progrès dans l'exactitude.

La perception de vignettes permet d'avoir certaines informations (tableaux G et H) qui sont relativement cohérentes avec les précédentes : il serait très intéressant d'examiner dans quelle mesure une meilleure exploitation de la perception de la vignette peut s'intégrer à une concertation des statistiques.

Pour la suite, nous retiendrons l'estimation C.S.C.A., bien que grevée d'incertitude, qui admet que :

- il existe 15,5 millions de voitures particulières et commerciales dont 330 000 diesel au 1-1-1976 ;
- ce parc a crû depuis 10 ans d'environ 650 000 par an, mais ceci portant, depuis 1970, exclusivement sur des véhicules de plus de 6 CV ;
- la moitié du parc a moins de cinq ans d'âge ;
- le parc diesel a doublé tous les 4 ans.

Les enquêtes I.N.S.E.E. ne portent que sur les véhicules appartenant aux ménages dont la croissance a résulté de la démographie et des progrès de la motorisation et de la multimotorisation :

- au 1-1-1976, ils sont 13,5 millions soit 87 % du parc ;
- 65 % des ménages sont motorisés, dont 13 % multimotorisés.

Il n'existe pas d'enquête valable sur les véhicules de société ; ceci est bien entendu vrai aussi pour les parcours évoqués ci-dessous.

#### b. Parcours

Le kilométrage parcouru sur autoroutes est connu avec une bonne approximation et des indices mensuels ont pu être publiés pour la route à grande circulation ; mais il n'existe que des enquêtes limitées pour les routes secondaires et pratiquement rien sur les parcours urbains.

Par recours à l'estimation, la Commission des comptes des transports de la nation a évalué les parcours de 1973, en milliards de km, à :

— sur autoroutes et routes nationales .....	90
— sur chemins départementaux et communaux .....	45
— en agglomération de plus de 5 000 habitants .....	45
	180

Une enquête très partielle de l'O.N.S.E.R., à même époque, constatait un écart important d'usage suivant les types de véhicules, les parcours urbains étant prédominants pour les véhicules de faible puissance et les véhicules anciens, les parcours routiers étant donc prédominants pour les véhicules puissants et les véhicules neufs. Au total la répartition serait :

- un tiers en agglomération,
- deux tiers sur route et autoroute.

Une estimation plus récente de l'O.N.S.E.R. conclut — toujours pour les voitures particulières et commerciales — à un trafic en 1975 :

— en zone urbaine .....	67	soit 34 %
— sur autoroute .....	22,5	soit 11,4 %
— sur route .....	107,5	soit 54,6 %
Total .....	197	

Réparti entre 15,5 millions de véhicules, ce total représente un peu plus de 12 500 km pour chacun.

L'I.N.S.E.E. a fait une enquête sur les ménages qui lui a suggéré une moyenne pour ceux-ci de 12 000 ; d'autres sources retiennent des valeurs inférieures, jusqu'à 10 %. Comme il existe un parc, de l'ordre de 13 % de voitures de sociétés dont le parcours moyen est inconnu, mais probablement élevé (peut-être 20 000), on peut retenir que le parcours moyen des familles est un peu inférieur à 12 000, mais toutes ces valeurs sont incertaines d'au moins 5 %.

Quant à l'analyse en fonction de la nature de la voirie empruntée, elle est obligatoirement entachée d'imprécision, surtout aux limites des parcours urbains, périurbains...

Quelque difficile que soit le sujet, une réflexion s'impose, concertée entre pouvoirs publics et industrie afin de tenter de préciser cette analyse pour :

- mieux préparer l'optimisation des véhicules à leur usage,
- fournir des bases aux prévisions,
- éventuellement reconsidérer les essais déjà homologués ou préparer d'autres essais (économie, nuisances...).

### c. Consommations kilométriques

La consommation globale des carburants est bien connue, mais elle intègre celle des véhicules étrangers se ravitaillant en France ; pour une part faible, estimée à 750 000 tonnes. De leur côté, certains véhicules français, pris en compte dans les estimations de parcours ci-dessus, se ravitaillent à l'étranger : l'hypothèse sera faite, sans justification, qu'il y a compensation.

On aboutit alors à une consommation moyenne de 6,5 kg/100 kilomètres, soit un peu moins de 9 litres (1).

Il n'existe pas d'analyse fine, alors que la consommation dépend de :

- type de véhicules,
- état d'entretien et d'usure,
- parcours effectué et conditions de circulation,
- style de conduite.

On peut noter quelques estimations :

- dans son étude de 1973, la Commission des comptes des transports de la nation avait admis a priori que la consommation en zone urbaine dépassait de 35 % celle sur route ;
- à la même époque, le Comité consultatif de l'utilisation de l'énergie (C.C.U.E.) admettait une différence de 50 % ;
- dans une étude plus récente, la Direction des routes a retenu les diverses estimations rappelées au tableau K, distinguant autoroute, route et agglomération : avec un écart variable en pourcentage suivant la puissance des véhicules, ce qui est logique. L'ensemble de ces valeurs est un peu trop faible puisque leur application aux kilométrages estimés (tableau L) donne un total un peu inférieur à la réalité.

La récente publication par l'Agence pour les économies d'énergie d'une première série d'essais officiels a illustré la très grande variété des consommations, non seulement en fonction de la puissance, mais à puissance égale, entre les véhicules : elle semble suggérer que l'essai « urbain » est moins sévère que l'utilisation en agglomération importante.

De ces constatations résulte, en confirmation de la remarque formulée en 3 b in fine, la nécessité de coordonner les initiatives et, surtout, de tenter un effort d'analyse du trafic en fonction des types d'usage, des types de véhicules... ainsi que de mesures effectives de consommation en utilisation : il est possible, par exemple, d'équiper d'enregistreurs un certain nombre de véhicules témoins.

(1) Si l'on peut risquer un avis sur l'imprécision des estimations de parcours, cette valeur doit être un peu inférieure à la réalité.



## II. Les prévisions

### 1. La consommation de voitures particulières et commerciales en 1985 en l'absence de crise de l'énergie

Deux études réalisées en 1973, l'une par le C.C.U.E., l'autre par le Commissariat Général au Plan, ont cherché à évaluer la consommation d'énergie du secteur des transports en 1985.

Les conclusions de ces deux études figurant sur le tableau M sont fort divergentes, en raison des hypothèses retenues pour les consommations kilométriques moyennes ; l'écart de 25 % résulte, en effet, des éléments suivants :

- le C.C.U.E. supposait une augmentation de la puissance moyenne de l'ordre de 6 % entre 1971 et 1985, et un accroissement important de la circulation de type urbain. Celle-ci, représentant 40 % des kilomètres parcourus en 1985 contre 30 % en 1971, amènerait une augmentation de 5 % de la consommation kilométrique moyenne si on admet un écart de 50 % entre la consommation urbaine et la consommation routière. D'autre part, un accroissement de 10 % de la consommation kilométrique moyenne serait la conséquence d'une réglementation anti-pollution plus sévère.
- le Commissariat Général au Plan suppose, à juste titre, que les réglementations anti-pollution en Europe n'accroîtront pas la consommation des véhicules, que la circulation dans les zones urbaines ne se développera pas plus vite que la moyenne, du fait de la priorité donnée aux transports en commun dans celles-ci, et que le développement de la multimotorisation permettra une légère réduction de la consommation kilométrique moyenne.

### 2. Les orientations définies pour 1985 en matière de consommation d'énergie

La nécessité de réduire la consommation nationale d'énergie a conduit le Gouvernement à définir une orientation en ce qui concerne la consommation d'énergie en 1985, correspondant à économiser 45 millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep), dans une hypothèse de croissance économique soutenue. La Commission de l'Énergie du Commissariat Général au Plan a ainsi retenu pour 1985, un « noyau dur » de consommation d'énergie de 232 Mtep, dont 44 Mtep pour le secteur des transports.

Semblable orientation est compatible avec une consommation de 16,8 Mtep pour les voitures particulières et commerciales et correspondrait aux évaluations ci-dessous de l'Agence pour les Économies d'Énergie (A.E.E.) :

- parc : 20 millions de véhicules
- parcours annuel total : 292 milliards de km
- parcours annuel moyen : 14 600 km
- consommation moyenne : 5,8 kg/110 km soit un peu moins de 8 litres aux 100 kilomètres pour les véhicules à essence.

Ces estimations méritent les commentaires ci-après :

- le niveau du parc résulte (cf. schéma O) d'une estimation de la croissance annuelle à 490 000 de 1975 à 1980 et 440 000 de 1981 à 1985. Les facteurs intervenants sont très nombreux ; dans l'hypothèse faite sur la croissance

économique, le ralentissement de la croissance a été escompté de la valeur déjà élevée du taux de motorisation et d'un ralentissement de la multimotorisation dû à la politique générale d'aménagement du territoire ;

- par contre une certaine augmentation du parcours moyen est escomptée, liée en particulier à l'extension et à l'utilisation des autoroutes ;
- la consommation kilométrique est estimée diminuer de 10 %, malgré la part accrue du trajet sur autoroute : ceci impliquerait un progrès supérieur, à performances égales, par exemple 12 % ; ce qui peut être atteint grâce à une amélioration de :
  - 7 % par l'entretien et la façon de conduire ;
  - 5 % par l'évolution technique.

Compte tenu du renouvellement du parc, en admettant que le progrès technique se manifeste par une croissance linéaire, A.E.E. a estimé que le gain moyen de 5 % sur le parc serait atteint si l'on aboutissait à une réduction de la consommation moyenne de la production 1985 de 15 % par rapport à celle de la production actuelle. L'annexe n° 2 commente cette possibilité : celle-ci est cohérente — elle peut même être dépassée — avec les objectifs proposés à la concertation avec l'industrie.

### III. Conclusion

Il est normal que les mouvements des automobiles et les consommations correspondantes intéressent de multiples structures, administratives, professionnelles, privées... (1)

Par exemple dès qu'il s'agit de :

- la gestion du trafic et l'appréciation des progrès dans la réalisation et l'exploitation de l'infrastructure ;
- la préparation mieux affinée des voitures à leur utilisation ;
- la valeur des essais officiels de consommation et, éventuellement, la formulation d'une réglementation, la définition d'une politique incitatrice d'économies ; la participation fructueuse aux négociations internationales ;
- les prévisions de consommation.

Ce peut être un des sujets de la concertation entre pouvoirs publics et industrie, sujet qui n'est pas sans lien avec le mécanisme administratif examiné dans le document annexe n° 3.

---

(1) La présente note s'est limitée au plan national, il y a un intérêt évident à faire aussi le même effort au plan international.

TABLEAU A

## CONSOMMATIONS DES CARBURANTS (en Mt)

Année	Essence	Super	Essence + super	Gas-oil (acquitté)
1950	2,1	0,4	2,5	0,8
1951	2,3	0,5	2,8	0,9
1952	2,5	0,7	3,2	0,9
1953	2,6	0,9	3,5	1,1
1954	2,5	1,3	3,8	1,2
1955	2,7	1,6	4,3	1,3
1956	3,1	1,5	4,5	1,4
1957	3,4	1,0	4,4	1,2
1958	3,4	1,5	4,8	1,2
1959	3,5	1,6	5,0	1,3
1960	3,5	1,9	5,4	1,5
1961	3,7	2,3	5,9	1,7
1962	3,7	2,7	6,4	1,9
1963	3,8	3,1	6,9	2,2
1964	4,1	3,6	7,7	2,4
1965	4,1	4,3	8,4	2,7
1966	3,9	5,2	9,1	3,0
1967	3,7	6,2	9,9	3,3
1968	3,6	7,2	10,7	3,7
1969	3,5	7,9	11,3	4,1
1970	3,3	9,0	12,3	4,5
1971	3,2	10,2	13,3	4,9
1972	2,8	11,7	14,5	5,5
1973	2,8	13,0	15,8	6,1
1974	3,4	11,7	15,2	6,3
1975	3,2	12,7	15,9	6,4
1976	3,1	13,6	16,7	7,0

TABLEAU B  
 TAUX DE CROISSANCE ANNUEL DES CONSOMMATIONS DE CARBURANT

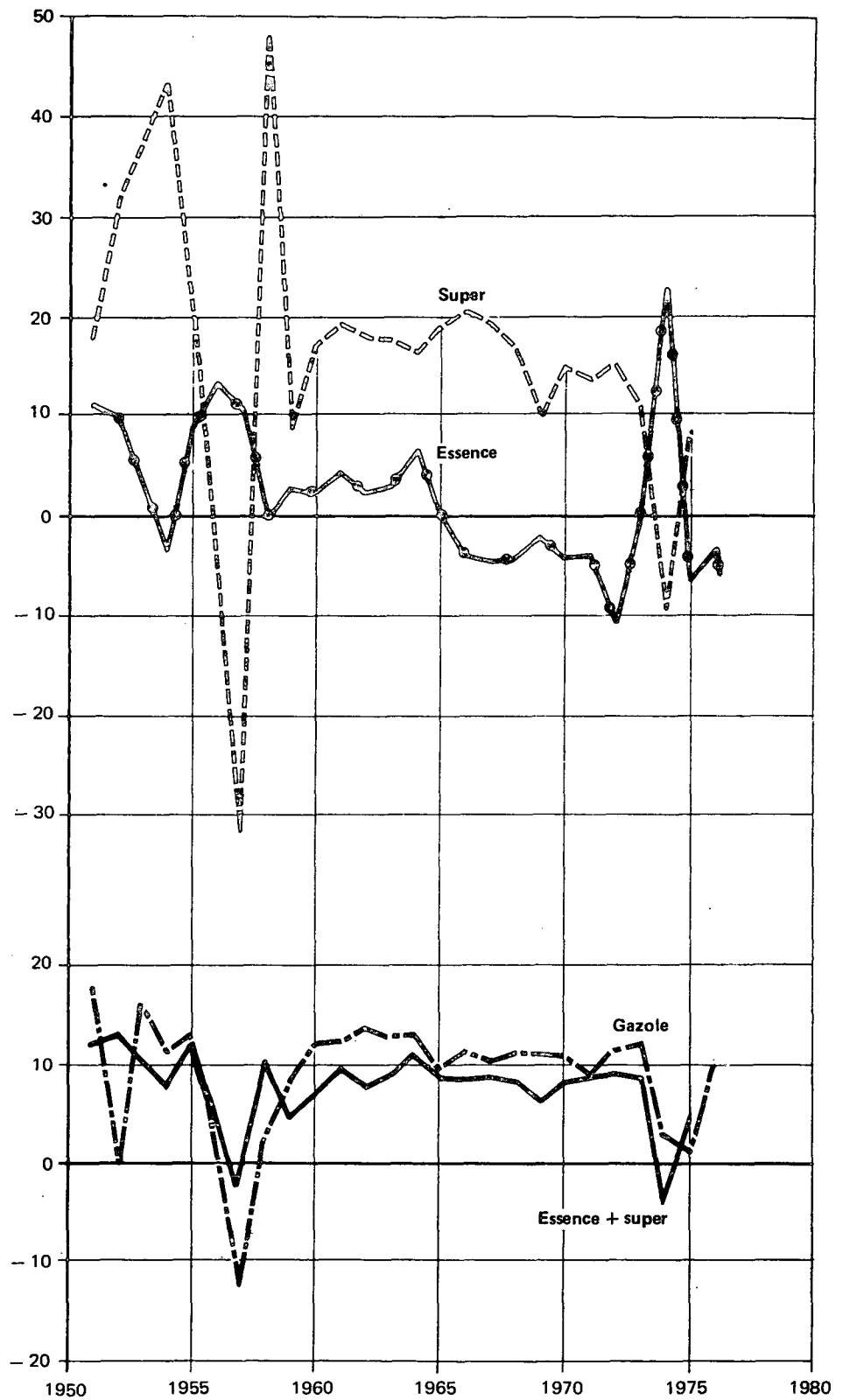


TABLEAU C

REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ESSENCE PLUS SUPERCARBURANT  
ENTRE LES DIVERS VEHICULES UTILISATEURS (milliers de tonnes)

Véhicules	Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1974	1975	1975
	Source	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	SAEI	CPDP	SAEI
Motocycles .....		240	240	240	250	250	250	310	340	370		400	
Véhicules utilitaires ..		2 120	2 270	2 350	2 410	2 630	2 630	2 660	2 790	2 780	2 670	2 920	2 800
Voitures particulières et commerciales .....		6 360	6 990	7 770	8 330	9 070	10 150	11 220	12 300	11 730	12 340	12 280	12 970
Divers .....		390	390	360	370	370	300	280	250	260	230	240	240
<b>TOTAL .....</b>		<b>9 110</b>	<b>9 890</b>	<b>10 720</b>	<b>11 360</b>	<b>12 320</b>	<b>13 330</b>	<b>14 470</b>	<b>15 680</b>	<b>15 140</b>	<b>15 240</b>	<b>15 840</b>	<b>16 010</b>

TABLEAU D

REPARTITION DE LA CONSOMMATION DE GAZOLE ENTRE LES DIVERS VEHICULES UTILISATEURS  
(milliers de tonnes)

Véhicules	Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1974	1975	1975
	Source	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	CPDP	SAEI	CPDP	SAEI
Voitures particulières et commerciales .....		140	160	170	220	230	240	370	480	580	540	670	690
RATP .....		30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Autobus - Autocars ..						310	330	390	400	420	410	450	490
Camionnettes de CU It						70	80	100	120	140	5 430	150	5 270
Camions de CU It ..						3 810	4 160	4 520	5 050	5 100		5 060	
Ensemble camions, camionnettes, autobus, autocars et RATP .....		2 790	3 090	3 410	3 790	4 230	4 670	5 050	5 670	5 700	5 840	5 660	5 760
TOTAL .....		2 930	3 250	3 610	4 010	4 460	4 850	5 420	6 090	6 280	6 420	6 370	6 490

TABLEAU E

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CARBURANTS PAR LES VOITURES PARTICULIERES ET COMMERCIALES  
(Evaluations C.P.D.P. ; milliers de tonnes)

Carburants	Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Essence + super .....		6 360	6 990	7 770	8 330	9 070	10 150	11 220	12 300	11 730	12 280
Gazole .....		140	160	170	220	230	240	370	480	580	670
TOTAL .....		6 500	7 150	7 940	8 550	9 300	10 390	11 590	12 780	12 310	12 950
Taux de croissance annuel (%)			10	11	7,7	8,8	11,8	11,5	10,3	— 3,7	5,2

TABLEAU F  
EVOLUTION DU PARC FRANÇAIS DE VOITURES PARTICULIÈRES ET COMMERCIALES

Au 1 <sup>er</sup> janvier	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1) Selon la CSCA											
moins de 6 CV .....	4 280	4 600	4 840	4 975	5 135	5 110	5 095	5 045	4 920	4 850	5 070
dont diesel .....	—	—	—	—	—	17	27	36	46	52	72
de 6 à 10 CV .....	3 640	4 100	4 585	5 100	5 610	6 210	6 925	7 665	8 320	8 860	8 960
dont diesel .....	56	67	79	94	108	123	143	164	184	218	255
11 CV et plus .....	1 090	1 110	1 140	1 135	1 115	1 150	1 110	1 210	1 380	1 470	1 490
<b>TOTAL .....</b>	<b>9 010</b>	<b>9 810</b>	<b>10 565</b>	<b>11 210</b>	<b>11 860</b>	<b>12 470</b>	<b>13 130</b>	<b>13 920</b>	<b>14 620</b>	<b>15 180</b>	<b>15 520</b>
dont diesel .....	56	67	79	94	108	140	170	200	230	270	330
2) Selon l'Argus de l'automobile .											
moins de 6 CV .....	4 155	4 465	4 710	4 915	5 125	5 100	5 100	5 050	4 950	4 865	5 170
de 6 à 10 CV .....	3 550	4 050	4 400	4 900	5 430	6 035	6 760	7 525	8 200	8 750	8 900
11 CV et plus .....	1 012	1 040	1 100	1 120	1 115	1 145	1 135	1 225	1 400	1 485	1 485
<b>TOTAL .....</b>	<b>8 717</b>	<b>9 555</b>	<b>10 210</b>	<b>10 935</b>	<b>11 670</b>	<b>12 280</b>	<b>12 995</b>	<b>13 800</b>	<b>14 550</b>	<b>15 100</b>	<b>15 555</b>
dont diesel .....	56	66	77	92	109	130	165	195	225	268	329
3) Selon BCS du ministère de l'Équipement .....	9 600	10 400	11 200	11 800	12 400	12 900	13 400	13 900	14 500	15 000	

\* Dont année d'origine 1969 ou avant 7 220 (2 515 pour les — 6 CV, 4 020 de 6 à 10 CV, 685 pour les 11 CV et plus).



TABLEAU G

## NOMBRE DE VIGNETTES VENDUES EN NOVEMBRE-DECEMBRE

Années	MOINS DE 5 ANS					6 ANS A 20 ANS				21 A 25 ANS	Vignette gratuite	Total
	1 à 4 CV	5 à 7 CV	8 à 11 CV	12 à 16 CV	Plus de 16 CV	1 à 4 CV	5 à 7 CV	8 à 11 CV	12 CV et plus			
68	2 118 751	2 152 093	1 487 295	194 090	10 829	1 756 620	2 172 401	1 250 959	165 216	19 854	403 109	11 731 217
69	2 122 974	2 407 308	1 525 949	222 705	9 496	1 984 265	2 243 313	1 351 131	110 841	25 329	417 278	12 480 589
70	2 096 812	2 707 630	1 549 055	245 005	8 809	2 201 792	2 264 920	1 460 364	179 742	29 304	449 395	13 132 828
71	1 942 481	3 145 393	1 613 631	244 464	8 762	2 512 655	2 396 688	1 628 190	203 642	38 888	572 165	14 306 959
72	1 824 897	3 620 146	1 621 810	246 349	9 410	2 685 507	2 432 950	1 719 722	226 701	46 698	622 051	15 056 241
73	1 753 809	4 221 012	1 657 759	271 924	11 669	2 799 985	2 500 849	1 753 557	242 342	63 414	658 860	15 935 180
74	1 674 738	4 445 974	1 544 862	266 610	12 787	2 905 009	2 727 675	1 784 333	260 782	76 571	630 243	16 339 584
75	1 634 349	4 793 781	1 544 800	283 133	13 697	2 987 414	3 062 579	1 873 001	285 399	97 649	668 400	17 244 202

TABLEAU H

REPARTITION DES VIGNETTES VENDUES EN NOVEMBRE-DECEMBRE  
PAR TRANCHE D'AGE

Années	Moins de 5 ans	5 ans à 20 ans	20 ans à 25 ans	Gratuites	Total
68	5 963 058	5 345 196	19 854	403 109	17 731 217
69	6 288 432	5 749 550	25 329	417 278	12 480 589
70	6 547 311	6 106 818	29 304	449 395	13 132 828
71	6 954 731	6 741 175	38 888	572 165	14 306 959
72	7 322 612	7 064 880	46 698	622 051	15 056 241
73	7 916 173	7 296 733	63 414	658 860	15 935 180
74	7 954 971	7 677 799	76 531	630 243	16 339 584
75	8 269 760	8 208 393	97 649	668 400	17 244 202

TABLEAU I

REPARTITION DES KILOMETRAGES PARCOURUS  
PAR LES MENAGES EN AUTOMOBILE SUIVANT LE MOTIF (1973-1974)

Domicile - Travail .....	23
Professionnel .....	18
Vacances .....	14
Week-ends .....	16
Autres .....	29
Ensemble .....	100

Source : S.A.E.I. d'après I.N.S.E.E. Enquête transport 1973-74.

TABLEAU J

PARCOURS ANNUELS EN 10<sup>8</sup> VEHICULES/KM (1975)  
ESTIMATION DE L'O.N.S.E.R.

	Circulation sur route		Circulation urbaine		Circulation sur autoroute		Totaux	
	Parcours	%	Parcours	%	Parcours	%	Parcours	%
Parcours annuel en 108 véhicules/ km des véhicules de puissance fiscale :								
inférieure à 6 CV .	311,5	54,0	224,5	38,8	41,5	7,2	577,5	100
de 6 à 10 CV ....	641,0	55,4	378,5	32,6	139,5	12,0	1 159,0	100
supérieure à 10 CV	122,5	52,5	67,0	28,7	44,0	18,8	233,5	100
TOTAL .....	1 075,0	54,6	670,0	34,0	225,0	11,4	1 970,0	100

**TABLEAU K**  
**CONSOMMATION MOYENNE RETENUE POUR LES VEHICULES**  
**DE PUISSANCES ADMINISTRATIVES SUIVANTES (1975)**  
**ESTIMATION D.R.C.R.**

Puissance administrative	Sur autoroute (en l/100 km)	Sur route (en l/100 km)	En agglomération (en l/100 km)
inférieure à 6 CV .....	8,5	6,0	8,5
de 6 à 10 CV .....	9,5	7,0	10,5
supérieure à 10 CV ....	10,5	8,5	14,0

**TABLEAU L**  
**CONSOMMATION DES VEHICULES (1975) (en m<sup>3</sup>)**  
**ESTIMATION D.R.C.R.**

Puissance administrative	Circulation sur autoroute	Circulation sur route	Circulation en agglomération	Totaux
inférieure à 6 CV ..	352 750	1 869 000	1 908 250	4 130 000
de 6 à 10 CV ....	1 325 250	4 487 000	3 974 250	9 786 500
supérieure à 10 CV	462 000	1 041 250	938 000	2 441 250
<b>TOTAUX .....</b>	<b>2 140 000</b>	<b>7 397 250</b>	<b>6 820 500</b>	<b>16 357 750</b>

**TABLEAU M**  
**COMPARAISON DES ESTIMATIONS SUR LA CONSOMMATION**  
**DES VOITURES PARTICULIERES ET COMMERCIALES EN 1985**  
**EN L'ABSENCE DE CRISE PETROLIERE**

	Estimation du Comité consultatif pour l'utilisation de l'énergie	Estimation du Commissariat général au Plan
Parc (millions de véhicules) .....	20,5	20,5
Kilométrage annuel moyen (milliers de km) .....	14,3	14,5
Consommation moyenne (kg/100 km) .....	8,10	6,55
(l/100 km) .....	10,95	8,85
Consommation totale (millions de tonnes d'équivalent essence) .....	24	19,4

TABLEAU N

## CONSOMMATION DES VOITURES PARTICULIERES ET COMMERCIALES

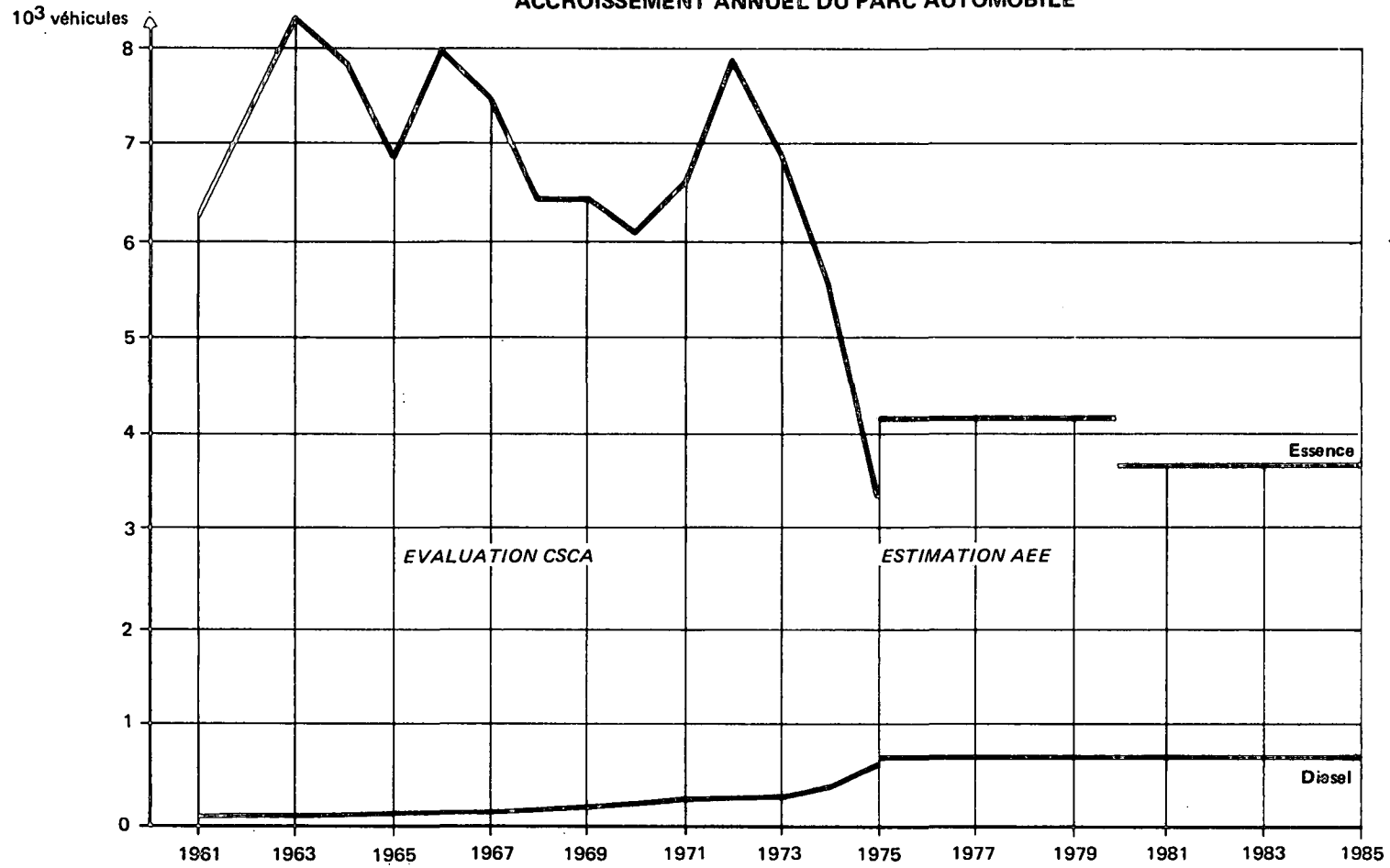
ESTIMATIONS 1975 - A.E.E.

Type de véhicule	Parc (millions)	Kilométrage moyen annuel (km)	Kilométrage total annuel (milliards km)	Consommation		Consommation totale Mt
				l/100 km	kg/100 km	
Essence .....	15,05	12 700	191	8,7	6,5	12,46
Diesel .....	0,3	35 000	10,5	8	6,6	0,69
TOTAL .....	15,35	13 100	201,5			13,15

ESTIMATIONS 1985

Essence .....	19	14 000	266	7,8	5,8	15,3
Diesel .....	1	26 000	26	7	5,8	1,5
TOTAL .....	20	14 600	292		5,8	16,8

**TABEAU 0**  
**ACCROISSEMENT ANNUEL DU PARC AUTOMOBILE**





# LES PARAMÈTRES CONSTRUCTIFS INFLUANT SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE D'UNE AUTOMOBILE PERSPECTIVES TECHNIQUES D'ÉVOLUTION

## I. Introduction

Le présent document se propose de développer les réflexions techniques du rapport qui, rappelons-le, a considéré le véhicule comme un transformateur d'énergie en deux étages :

- le premier, le groupe motopropulseur, fournissant, à partir de l'énergie embarquée sous forme de dérivés liquides du pétrole, l'effort au contact roue-sol qui assure la propulsion et le guidage du véhicule ;
- le second transforme cet effort pour réaliser les performances décidées par l'opérateur humain du véhicule, performances qui déterminent un certain appel de puissance.

Il est clair qu'un tel exposé exige un choix difficile entre l'encyclopédie qu'il serait s'il devait être complet et les lacunes qu'impose toute simplification : rédigé après consultation d'un nombre appréciable d'études et rapports, officiels et privés, que l'actualité multiplie sur les moyens d'économiser l'énergie, il tente de mettre l'accent sur des aspects parfois sous-estimés.

L'examen de nombre de ces documents impose une remarque préliminaire à propos des commentaires et conclusions formulés après certains essais. Il est très général que des essais effectués sur véhicules masquent les gains sur la puissance appelée par des variations de consommation spécifique du moteur, dont l'importance est notée en III-1 ci-après.

Il faut très clairement affirmer que tous les gains sur la puissance appelée sont intéressants par leur valeur absolue et non par l'apparence que leur donne tel ou tel essai de consommation. C'est l'affaire de l'optimisation du groupe motopropulseur d'en exploiter le bénéfice.

## II. Appel de puissance

Un véhicule se déplaçant en ligne droite doit fournir à ses roues motrices une puissance mécanique permettant de vaincre la résultante des quatre forces suivantes :

- la résistance aérodynamique : c'est la résistance opposée par l'air à l'avancement du véhicule. Elle est exprimée par le produit de la surface frontale du véhicule,  $S$ , par un coefficient de traînée,  $C_x$ , et le carré de la composante longitudinale du vent relatif. Dans les formules et applications numériques ci-après, nous avons supposé le vent relatif égal et opposé à la vitesse du véhicule, c'est-à-dire une absence de mouvement propre de l'atmosphère ; ceci est rarement le cas, tout trajet rencontrant en moyenne un léger vent (1). Il faut ajouter que ce coefficient de traînée n'est pas une constante, mais dépend de très nombreuses variables.
- la résistance de roulement : due essentiellement aux déformations du pneumatique, mais aussi aux frottements dans l'aire de contact. En roulement normal d'une roue porteuse en ligne droite, cette force est exprimée par le produit de la masse du véhicule par un facteur que l'on appelle coefficient de roulement,  $R$  : à peu près constant à basse vitesse, dans certaines conditions d'emploi, il dépend de façon très complexe de nombreuses variables.
- l'attraction de la pesanteur, lorsque la route est en déclivité : elle est proportionnelle à la masse du véhicule et à la pente de la route.
- la force d'inertie : elle est proportionnelle à l'accélération longitudinale à laquelle est soumis le véhicule et à la somme de la masse de celui-ci et de l'équivalent en masse des moments d'inertie du système moteur-transmission et des roues,  $E$ .

L'expression analytique de ces diverses forces, ainsi que de la puissance nécessaire pour les vaincre (produit de la force de traction par la vitesse du véhicule), et l'importance respective des diverses composantes, dans un certain nombre de conditions de fonctionnement types, pour un véhicule représentatif de la gamme moyenne, sont fournies par les tableaux A et B.

Les paramètres dépendant de la conception du véhicule sont :

$S, C_x, M, R, E.$

Les autres paramètres dépendent du profil routier et du mode de conduite.

On peut déjà noter que la réduction simultanée en  $n$  % sur un véhicule des paramètres :

$S.C_x, M, E.$

réduit de  $n$  % la puissance nécessaire au déplacement du véhicule dans des conditions d'utilisation identiques.

## 1. Le coefficient ( $S.C_x$ )

L'importance de ce coefficient est prépondérante aux vitesses élevées, mais il est déjà sensible en trafic urbain : il faut s'élever contre l'affirmation fréquente du contraire.

Le maître couple ou surface frontale dépend certes de l'habitabilité :

- nombre de places de front
- silhouette de celles-ci : largeurs aux diverses hauteurs, inclinaison des dossiers, hauteur et réglage des sièges...

mais il dépend également de la mise en place générale :

- structures résistantes
- servitudes diverses (échappement, climatisation, confort...).

Il est surtout bien connu que la résistance globale,  $S.C_x$ , peut être rendue minimale alors qu'aucun de ses deux facteurs ne l'est séparément : c'est un des soucis majeurs de l'ensemblier qu'est le bureau d'études.

(1) En outre, l'attitude que prend toute voiture en virage équivaut à un léger vent transversal du fait de la géométrie de la direction et de la déformation des pneumatiques.



Le coefficient  $C_x$  varie suivant le comportement du véhicule ; il dépend de sa forme générale, mais tout autant de l'attention portée à des phénomènes spécifiques de l'automobile, qui sont absents ou d'une toute autre échelle en aviation :

- guidée par le sol, la voiture se déplace dans une atmosphère qui a des mouvements propres très complexes, au voisinage d'un sol toujours accidenté : le  $C_x$  doit peu varier, donc rester faible dans le cas de vent latéral
- ce voisinage du sol crée une dissymétrie entre le dessus et le dessous du véhicule qui se traduit très souvent en pratique par une portance : la sécurité souhaiterait au contraire une légère portance négative et, impérativement, une constance relative de cette portance en cas de vent latéral (1)
- le volume et les formes des roues et passages de roues perturbent fondamentalement les écoulements de la carène principale ; depuis peu, la compétition domestique cet écoulement pour maîtriser les variations des réactions aérodynamiques lors des mouvements du véhicule, notamment en tangage
- le circuit d'air de refroidissement « coûte » généralement très cher en  $C_x$  et en portance ; il faut souligner que le ventilateur débrayable (2) est un progrès qui ne suffit pas. L'arrêt du ventilateur (3) montre bien que l'écoulement interne suffit pour refroidir, mais ne prouve en rien qu'il a été optimisé pour la réduction de sa traînée induite et pour un effet favorable sur la portance
- la forme générale d'une voiture est particulièrement altérée par des creux et saillies : pare-chocs, rétroviseurs, gouttières, défoncé des ouvertures, poignées... Il est clair que les galeries de toit, comme l'ouverture des fenêtres ou l'orientation de déflecteurs, ont un effet sensible. En raison de l'importance du confort du passager et de sa visibilité pour la sécurité, il faut donc accentuer l'orientation vers la climatisation, le désembuage... bien que leur consommation soit notable, plutôt qu'inciter le conducteur à ouvrir ses fenêtres et mettre l'avant-bras à la portière : à condition d'avoir une bonne intégration aérodynamique de la climatisation et un bon rendement de tous les équipements.

Ainsi qu'il a été dit, le coefficient de traînée n'est pas une constante ; pour une forme et un état de fonctionnement donnés d'un véhicule, il dépend par exemple de :

- l'existence d'un vent latéral ou de tourbillons au sol
- l'attitude de la voiture (tangage, roulis, lacet) et des variations de celle-ci.

Il faut surtout noter que le coefficient  $C_x$  n'est pas astreint à la seule recherche du minimum de  $S.C_x$ , mais qu'il s'intègre à la définition d'un nombre très élevé de caractéristiques aérodynamiques, elles-mêmes intégrées à l'ensemble des facteurs de la dynamique du comportement routier.

Sur de très nombreux véhicules, des additifs ou retouches mineurs respectant la silhouette, l'esthétique et les servitudes, de gabarit (déflecteurs (4), « jupes » de bas de caisse, écrans de radiateurs, ouïes...) peuvent améliorer le  $C_x$  de 10 à 20 % : il existe un modèle de série, la R 5, dont les diverses variantes couvrent une plage de  $C_x$  étalée d'au moins 10 %, sans que les différences apparaissent nettement au coup d'œil d'ensemble. La plupart de ces additifs pourront être apportés aux véhicules de même modèle déjà en service, en pièces adaptables.

On peut estimer que la recherche de l'allègement, la réduction d'encombrement au sol (5), maintiendront une pression en faveur de la compacité du véhicule. La dynamique de la suspension a su s'accommoder du report des roues sur

---

(1) En plus, la constance de  $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$  réduirait les perturbations aérodynamiques en cas de croisement et de dépassement.

(2) Nombre de rapports, par exemple à Bruxelles, insistent sur ce dispositif : ce n'est pourtant pas une nouveauté !

(3) En toute rigueur, la puissance absorbée par le ventilateur devrait être incluse au  $C_x$  ; mais, conformément à l'habitude, c'est au chapitre III ci-après, qu'il est traité de cet auxiliaire.

(4) Il est assez fréquent de pouvoir ainsi modifier l'écoulement dans la zone entre lunette arrière et coffre.

(5) On peut noter que la facilité de passage qu'accorderait un avant arrondi plutôt que le front rectiligne cher aux stylistes, a toute chance d'être favorable au  $C_x$ .

quatre angles : la finesse aérodynamique n'est pas — dans les limites raisonnables du présent rapport — conditionnée par l'allongement des véhicules futurs ni par l'interdiction du chapeau pour les passagers arrière.

Tous les spécialistes s'affrontent sur le  $C_x$  : chacun a sa méthode, certaines valables, pour apprécier les valeurs relatives. Mais il reste une difficulté à comparer les valeurs absolues des uns et des autres. Un des thèmes de concertation pourrait être un accord sur une détermination des  $C_x$ , sans doute par intervention de l'U.T.A.C. : ne serait-ce que pour éviter les publicités imprécises !

Les valeurs des  $C_x$  indiquées par les constructeurs sont donc entachées d'une certaine imprécision (1) : elles se situent entre 0,35 et 0,5 (ce qui porte le  $S.C_x$  entre 0,5 et 1 m<sup>2</sup> environ) alors qu'il faut viser la plage 0,3-0,35, voire en dessous pour certains véhicules.

La voiture future moyenne à quatre places doit viser un  $S.C_x$  inférieur à 0,6 m<sup>2</sup> par une attention à la mise en place, autant qu'au  $C_x$ , ce qui lui permettra de rouler à 130 km/h avec moins de 35 chevaux.

## 2. Masse

Facteur déterminant de trois des quatre composantes de la résistance à l'avancement, la masse des véhicules varie essentiellement avec leurs dimensions générales, mais aussi, notablement, avec leur conception. Si celle des voitures actuelles s'échelonne, pour l'essentiel, entre 550 et 1 750 kg, il existe des écarts (2) de plus de 100 kg, entre modèles commercialement similaires.

Dans le passé récent, une double tendance s'est affirmée :

- au cours de sa vie commerciale, chaque modèle a tendance à s'engraisser, comme il ressort du tableau C, pour répondre à la demande : confort, performances, sécurité...
- l'usager a exprimé une certaine désaffection pour les bas de gamme.

Il faut renverser cette tendance ; seul le premier volet en sera examiné ici.

De multiples statistiques — divergentes — ont tenté de chiffrer l'intérêt de l'économie de poids : pour un allègement de  $n$  %, l'économie a été chiffrée depuis

$n$  — jusqu'à  $n$  %. Le tableau B fait ressortir de façon éclatante l'appel de puis-

3 sance exigé par la masse en période d'accélération et en parcours accidenté. Un allègement permet non seulement une économie par réduction d'appel de puissance : il induit une légère sous-motorisation, à performances conservées, si un effort équivalent est fait sur la finesse aérodynamique ; l'économie est donc en quelque sorte double.

L'allègement réduit aussi la quantité d'énergie à dissiper en freinage : freins mécaniques, mais aussi frein moteur.

Il est à peine nécessaire de rappeler le phénomène d'entraînement : l'allègement de certaines pièces a souvent pour conséquence de permettre d'en alléger d'autres dont la sollicitation a été réduite.

Très attentive à ses prix de revient, donc assez directement aux poids, chaque firme suit avec attention les valeurs des masses de ses divers modèles. L'examen des véhicules existants montre une certaine inégalité dans la qualité de conception des structures : intégration de certains équipements (ventilation, coffre...), surfaces travaillantes... ; la conjoncture ne peut qu'encourager les progrès dans le choix des matériaux, la conception générale, les techniques de réalisation.

---

(1) Voir commentaires ci-après sur le roulement.

(2) Entre modèles sortis d'une même chaîne, le jeu des tolérances peut porter l'écart de poids jusqu'à 2 %.

A cela doit s'ajouter un effort spécial dans deux directions :

- a) pour les nouveaux modèles, la mise en place générale. C'est pour l'essentiel l'affaire de l'habitacle et du groupe motopropulseur : ainsi deux firmes utilisent aujourd'hui un même petit moteur transversal, très incliné ; c'est un bel exemple de contribution à la compacité (1). Mais c'est aussi l'affaire de l'ensemble des constituants : sous réserve d'en accroître l'accessibilité (2), il y a encore, par exemple, un large champ de manœuvre pour l'imagination dans la forme et la mise en place des accessoires et équipements.
- b) pour les modèles dont la production se prolonge, certaines substitutions partielles sont possibles à l'apparition de matériaux nouveaux, de technologies nouvelles : bien entendu celles-ci ont, d'office, leur plein emploi sur les véhicules nouveaux. L'acier conservera longtemps un rôle essentiel dans les structures résistantes et les carrosseries ; une intervention grandissante de produits légers peut être recherchée :
  - par priorité, dans les éléments non suspendus (bras, moyeux, roues...) ou mobiles (portes, capots, cloisons,...)
  - souvent, en substitution à des matériaux importés (cuivre, étain, zinc...) : radiateur, équipement électrique, carburateur, accessoires de carrosserie...
  - lorsqu'en plus de la légèreté, d'autres caractéristiques apportent un avantage direct : conductibilité électrique, conductibilité et faible inertie thermiques des alliages légers, isolation thermique et phonique des matières plastiques, état de surface, résistance à la corrosion...

L'action concertée avec l'industrie devra, pour tous ces problèmes, avoir d'importants prolongements vers l'amont, afin de donner le niveau technique convenable au dialogue avec les fournisseurs : l'intervention de ces derniers dans la recherche peut, en particulier, être déterminante.

### Masses tournantes

Dans l'important appel de puissance qu'exigent les accélérations, il faut ajouter à la masse totale du véhicule celle qui correspond à l'inertie de toutes les masses en rotation :

- roues et pièces mécaniquement liées à elles par un rapport constant : moyeux, arbres de transmission, pont, arbre secondaire de la boîte ; leur inertie varie comme celle du véhicule (3).
- axe moteur et pièces liées directement à lui : embiellage, embrayage, arbre primaire de boîte... ; leur inertie est liée avec celle du véhicule par un rapport variable, le carré du rapport de démultiplication (boîte et pont).

L'énergie cinétique des masses tournantes n'apporte guère qu'un appoint de 5 % à celle de la masse totale du véhicule dans le rapport supérieur de transmission ; mais cet apport peut atteindre 35 % en première vitesse. C'est dire tout l'intérêt, en usage urbain, d'un moteur souple — c'est-à-dire puissant à bas régime — avec un véhicule léger : afin d'abaisser les rapports de démultiplication et, de ce fait, les effets de l'inertie des masses tournantes.

### 3. Roulement

L'expression familière « coefficient de roulement » ne doit pas abuser (4) ; ce n'est pas une constante, ni même une valeur définie par une formule simple.

(1) L'inclinaison du moteur induit également un léger allègement par la facilité qu'elle accorde pour amortir les vibrations du moteur.

(2) D'autant plus que les progrès de l'entretien accentuent les besoins d'interchangeabilité.

(3) Celles en amont du pont ont leur inertie propre multipliée uniformément.

(4) Celle utilisée dans les tableaux A et B est une bonne approche des cas moyens, où seule la vitesse intervient comme variable.

Le phénomène est mal connu, mal analysé du fait de sa complexité. S'il dépend bien sûr de la conception (1) du pneumatique et du choix de ses composants, on doit aussi noter qu'en utilisation :

- d'une part, pour un pneu donné dans une situation donnée, il est à peu près constant à basse vitesse, jusqu'à 60 à 100 km/h pour les pneus usuels, beaucoup plus pour les « grandes vitesses » ou « compétition » ; au-delà, il croît assez vite, ce qui fixe un plafond pratique à son emploi, suivant une formule polynome où le terme en  $V^2$  est généralement prépondérant ;
- d'autre part, il varie beaucoup suivant l'emploi :
  - pressions de gonflage
  - effort horizontal imposé au contact roue-sol, longitudinal (accélération) ou transversal (virage)
  - inclinaison de la roue (carrossage) ou obliquité (pincement) de sa trajectoire sur son plan médian
  - charge portée, la proportionnalité n'étant exacte que dans une certaine limite
  - état du sol (relief, eau, poussières...).

S'il est bien connu que les différents pneumatiques peuvent offrir des résistances de roulement nettement inégales, il est surprenant de voir figurer dans les divers rapports, études, comptes rendus d'essais publiés des valeurs aussi disparates : d'un peu moins de 10 kg/tonne à près de 30, voire même plus ; dans ces documents, la résistance aérodynamique et celle de roulement sont normalement associées et leur distinction semble souvent inexacte. Les essais de pneumatiques sur tambour lisse ont une valeur comparative, mais il reste à effectuer un travail fondamental de mesures, d'informations, afin que la résistance effective des roues en utilisation sur véhicule soit moins mal connue : sans nier à chaque constructeur le droit d'avoir ses exigences spécifiques (sécurité, confort), il apparaît que le dialogue avec les fabricants de pneumatiques peut aboutir à une classification et une unification de certaines définitions et mesures.

Le coefficient de roulement du poids lourd est de l'ordre de 7 à 10 kg/T lorsque sa suspension n'ajoute pas des facteurs nuisibles : défaut de parallélisme, dissymétrie des charges... Sans penser à transposer à la voiture particulière les valeurs élevées de pression de gonflage, incompatibles avec confort, tenue de route et longévité, un coefficient de roulement aussi bas est un appel direct pour l'industrie du pneumatique, dont le passé a illustré la capacité créatrice, au moment où se généralise une certaine limitation de vitesse, où la pression vers l'économie est si brutale.

Agrandir le diamètre des roues réduirait les déformations lors du contact au sol pendant le roulement : le coefficient de roulement diminuerait donc. Mais ceci complique la mise en place et altère les suspensions : il n'apparaît donc pas qu'une telle évolution soit possible. Par contre, la forme de la section transversale, le choix des matériaux et des structures continuent à évoluer.

Avant cela, dès à présent, une révision générale des recommandations de monte et de gonflage (2) pour les véhicules existants est possible et les constructeurs s'y sont offerts. Encourager l'utilisateur à s'intéresser (3) à ses pneumatiques, lui suggérer, dans certains cas, de moduler la pression en fonction de la charge, de l'allure est une source certaine d'économie. Mais cette action n'a de sens qu'accompagnée d'une motivation des garages, stations-services... et d'une rénovation de leurs équipements de mesure, trop souvent inexacts.

---

(1) S'affirmant de plus en plus nettement, le pneu radial se révèle très supérieur au conventionnel pour ses qualités de roulement.

(2) Un relèvement de 0,1 à 0,3 bar sera souvent possible.

(3) Il serait bon de réfléchir plus avant sur la mise en place, comme sur les poids lourds, d'un appareil indicateur de l'état de gonflage.

## 4. Synthèse

a) Le parc est disparate, les phénomènes très complexes ; quantifier, a priori, le détail des progrès possibles, même appuyé sur une analyse méticuleuse, serait illusoire.

Il paraît cependant possible de fixer un objectif proche à une évolution que l'on pourrait apprécier comme un ensemble d'améliorations à base de données acquises :

- gain de 10 à 30 % sur le S.Cx de la quasi-totalité des modèles ;
- gain de 5 à 15 % sur les poids.

Combiné avec une meilleure utilisation des pneumatiques et avec le progrès de ces derniers, ceci autorise à penser qu'une concertation volontariste peut aboutir, dès avant 1985, à abaisser de 10 % en moyenne, par rapport à aujourd'hui, la consommation kilométrique de la gamme produite ; les commentaires du présent chapitre montrent que cette valeur n'est pas un plafond. Et il a été noté que certains aménagements pourraient être reportés sur les véhicules en service.

Revenons in fine sur une réflexion déjà formulée : le tableau B fait apparaître l'importance de l'appel de puissance, fonction de l'inertie, dès qu'une certaine accélération est souhaitée : notamment à 90 et 120 km/h. Il est certain qu'une aptitude manœuvrière à ces vitesses où le trafic se concentre est fondamentale. Il est donc très important de réduire considérablement le poids : ceci permettra une légère sous-motorisation ; déjà vrai avec le modèle retenu où S.Cx est 0,8, ceci le sera encore plus avec la voiture du futur à 0,6 ou moins.

b) Une action volontariste doit aussi tendre à des novations profondes par la recherche.

Sans évoquer ici celle relative à de nouveaux matériaux ou à de nouvelles techniques de construction, il semble nécessaire de souligner la rénovation fondamentale de la conception générale de l'automobile par l'écho des études récemment développées sur le comportement routier par secours à des simulateurs mathématiques ; l'importance de la géométrie des suspensions, des nombreuses caractéristiques des pneumatiques, des multiples composantes des réactions aérodynamiques peut ainsi être chiffrée. La poursuite de ces travaux est une des clés de la maîtrise de la résistance à l'avancement.

S'il n'est pas formulé de réflexion sur la recherche dans le domaine des pneumatiques, ce n'est pas nier sa possibilité.

L'ensemble des novations, dont certains effets précéderont certainement 1985, ne saurait être encadré par une prévision quantifiée avec rigueur : mais l'ordre de grandeur peut certainement voisiner avec celui des améliorations ci-dessus mentionné. Il faut surtout retenir que ces novations, dans la mesure où elles affecteront la dynamique, auront un effet positif sur la sécurité.

c) La voiture électrique était hors de la mission ; elle doit cependant être évoquée au terme de cette réflexion sur l'appel de puissance.

Le poids de l'énergie embarquée par recours à l'accumulation d'électricité, quel qu'en soit le mode aujourd'hui prévisible, est tel que le choix des solutions pour un véhicule électrique ne peut résulter que d'un bilan très différent de celui d'une voiture à moteur thermique : à performances égales, l'appel de puissance — accumulateur exclus — ne peut qu'être très inférieur ; le mode de manœuvre ne peut que plafonner les accélérations. C'est donc, au moins indirectement, un facteur d'économie.

En matière de conception, aérodynamique, masse des structures, roulement... il y aura un effet d'entraînement entre la voiture réellement conçue pour être électrique et la voiture particulière de demain.

### III. Groupe motopropulseur

Dans les comparaisons publiées entre filières thermiques possibles, il est souvent fait état du moteur rotatif ou du moteur à charge stratifiée, comme de substituts du moteur classique : ceci nous paraît inexact.

Nous ne nous intéresserons qu'au moteur à allumage commandé et au diesel, mais nous considérerons — les commentaires ci-après en apporteront la justification — que le moteur rotatif est, par rapport au moteur à piston, une variante dans la forme du volume de travail et dans la loi de l'évolution de celui-ci dans le temps ; que le moteur à charge stratifiée n'est qu'une des nombreuses variantes, dont la recherche proposée va multiplier le nombre, des modalités de préparation et de combustion du mélange.

Nous retiendrons même le cycle « 2 temps » comme appartenant à la famille thermique examinée ici.

Le moteur thermique usuel fonctionne dans une gamme limitée de régimes entre un minimum, voisin de 1 000 tours-minute, et un maximum qui se situe, sur la plupart des véhicules actuels, entre 4 et 6 000 tours. Chaque régime peut fournir une puissance variable, fonction de l'alimentation, dont le maximum croît avec le régime ; la loi en varie beaucoup suivant la conception du moteur, qu'il est simpliste mais commode de situer entre deux types extrêmes :

- un moteur « plat » fournit un couple élevé à bas régime et la loi de variation puissance/régime est une courbe à forte concavité vers le bas (1)
- un moteur « pointu » a son couple maximal à haut régime et la courbe figurative de la loi puissance/régime est très tendue.

Le couplage entre moteur et roues est souvent entièrement mécanique :

- le débrayage, glissant sur commande, permet le démarrage et le passage des vitesses
- la boîte de vitesses permet de choisir entre 3 ou 4, rarement 5, rapports de démultiplication
- un réducteur final, le pont, a normalement un différentiel associé.

Ces constituants ont, en général, un rendement mécanique élevé et il n'en sera pas parlé plus avant, sans pour autant refuser qu'ils progressent un peu (roulements, glissements, lubrification...). Il sera par contre formulé quelques remarques sur les couplages non mécaniques et sur la continuité de la variation du rapport de démultiplication.

Ce couplage définit le régime auquel le moteur doit fournir la puissance appelée par le déplacement.

Sur le diagramme déjà cité, où l'on trace la loi puissance maximale/régime (2), on peut porter de multiples informations, par exemple :

- les puissances fournies, en fonction du régime, dans diverses conditions d'alimentation, d'allumage...
- les valeurs du couple moteur
- pour chaque couple de valeur puissance/régime, la valeur de telle ou telle caractéristique : ainsi la consommation spécifique du moteur exprimée généralement en grammes de carburant par cheval/heure délivré. Il est usuel et commode de réunir les points de même valeur pour tracer le réseau des courbes isoconsommation
- la puissance appelée à chaque régime suivant le rapport de démultiplication utilisé et la performance demandée : ce sont des courbes d'utilisation.

---

(1) Dans la présentation classique, retenue dans le présent document, les caractéristiques du moteur sont rapportées à deux axes de coordonnées : en abscisses les régimes, en ordonnées les puissances.

(2) Mesurée au banc, à température d'équilibre, en régime stabilisé.

Les tableaux D et E donnent, pour deux moteurs analogues à ceux aujourd'hui réalisés, l'un à allumage commandé, D, l'autre diesel, E, de tels diagrammes où figurent :

- puissance maximale
- isoconsommations
- puissance appelée dans divers rapports de vitesse en régime permanent sur terrain plat (1) et puissance appelée, en quatrième vitesse, en régime permanent sur pente à 5 %.

Sont en outre repérées, en quatrième vitesse, les deux allures des essais officiels : 90 et 120 km/h.

C'est une approximation commode qui assimile le fonctionnement réel à une suite d'états stabilisés ; en fait, les consommations réelles et même celles sur cycles sont toujours un peu supérieures à celles résultant de l'approximation précédente, du fait des modalités de réponse, notamment de l'alimentation, en régime transitoire.

De plus, le fonctionnement réel se fait dans une ambiance et en régime de température (2) assez variables ; non en régime stabilisé optimal : le fonctionnement du moteur y est très sensible. La lenteur de montée en température du moteur en fonte, notamment en saison froide, coûte cher en énergie.

Les tableaux D et E mettent déjà nettement en évidence, indépendamment des corrections ci-dessus évoquées, le problème fondamental de l'économie par l'optimisation du groupe motopropulseur ; s'il existe une zone étroite — et donc rarement utilisée — où la consommation spécifique est relativement faible, les zones où le moteur travaille généralement sont des zones de mauvaise consommation spécifique :

- qu'il s'agisse d'utilisation semi-permanente, figurée par une des courbes d'utilisation
- qu'il s'agisse de régime d'accélération et de ralentissement (3), de part et d'autre de ces courbes d'utilisation.

Ces tableaux mettent aussi en évidence les différences entre les deux types de moteur : les courbes d'isoconsommation du diesel sont relativement mieux étalées et leur centrage est déplacé vers les faibles charges et les bas régimes.

Au vu de ces tableaux, la question qui se pose est double : ce n'est pas « peut-on ? » mais « comment ? » :

- bouleverser la physionomie du réseau des isoconsommations, c'est-à-dire en étaler en quelque sorte le relief (en abaissant en plus, si possible, toutes les valeurs, y compris les meilleures).
- quelles que celles-ci soient, rapprocher les zones de fonctionnement des zones de basse consommation spécifique.

C'est l'affaire respectivement du moteur et de la transmission.

## 1. Moteur

La réflexion qui vient d'être conduite permet d'orienter les recherches — et d'en escompter les résultats — vers un étalement des courbes d'isoconsommation, associé à un abaissement général des valeurs unitaires. En effet, si la consumma-

(1) C'est donc la somme de la résistance aérodynamique et de la résistance de roulement.

(2) Il y a également des variations de pression, de degré hygrométrique, mais leur incidence est généralement faible ; il n'en serait pas de même pour un séjour permanent à 4 000 m d'altitude.

(3) Dans un léger ralentissement, ou en descente, le moteur fournit encore de la puissance et avec une très mauvaise consommation spécifique ; a fortiori en fort ralentissement ou forte descente.

tion optimale des bons moteurs actuels est généralement comprise entre 180 et 220 grammes/CV/h (180 n'étant d'ailleurs pas un plancher théorique résultant d'un principe fondamental rigoureux) on se doit de constater que :

- les courbes d'utilisation sur route traversent souvent la zone 275-450 gr/CVh : mieux vaudrait la zone 250-350 !
- en usage urbain, les au-delà de 400 gr/CV/h sont fréquents, à quoi s'ajoutent le ralenti à l'arrêt et les multiples usages du frein-moteur : réduire la consommation spécifique d'un tiers en ville peut n'être pas inaccessible
- la température et la pression ambiantes, le degré hygrométrique de l'air, la température du moteur... s'écartent souvent de la situation des « essais » stabilisés ; sans parler du véritable départ à froid traité plus loin.

Dans sa variante à allumage commandé, le moteur retenu :

- est à alimentation atmosphérique
- a un volume travaillant dont la forme est simple (1) et dont les variations sont liées au jeu du système bielle-manivelle usuel
- alimente ce volume par une distribution dont la géométrie est constante et dont le mouvement est lié à la rotation du moteur
- complète cette distribution par un réglage, commandé par l'opérateur humain, qui agit sur un mélange de richesse à peu près constante (voir ci-dessous) ; la variation d'appel de puissance s'opère donc par un laminage du mélange carburé qui absorbe une certaine énergie (2)
- porte à la combustion, l'allumage étant provoqué par un apport d'énergie, un mélange quasi-homogène, turbulent, après entrée dans le cylindre et compression, dont la richesse, très légèrement variable suivant le régime et le remplissage, est généralement un peu supérieure au dosage stoechiométrique.

Le petit diesel rapide répond à la même définition, à trois importantes modifications près :

- l'alimentation dissocie l'entrée de l'air (qui, ainsi, n'a pas besoin d'être laminé) et celle du carburant, dont la quantité injectée fixe le niveau de puissance : la richesse du mélange est donc très variable et il n'y a pas de pertes par pompage.
- l'allumage du mélange carburant est provoqué par l'élévation de température due à la compression : ceci exige un taux de compression élevé, d'où résultent des conditions de travail plus sévères pour la mécanique, donc un alourdissement et une augmentation des pertes mécaniques. Il faut toutefois noter une évolution qui rapproche les conceptions mécaniques des deux moteurs, diesel et allumage commandé.
- il existe très généralement une préchambre de combustion.

Si difficile que soit l'analyse des actions possibles dans des domaines où de multiples facteurs interfèrent, il a paru souhaitable d'examiner d'abord ce que l'on peut en quelque sorte considérer comme des « améliorations » des moteurs familiers, ainsi que les évolutions qui en conserveraient les caractéristiques essentielles. Pour la plupart, elles résulteraient de l'application de résultats déjà connus, voire éprouvés, de la transposition de techniques provenant d'autres domaines industriels, essentiellement l'électronique.

Nous examinerons ensuite les « novations », dont certaines ont déjà quelque assise pratique, mais qui, presque toutes, exigent un effort de recherche important. Nous classerons ainsi les évolutions qui apporteraient une modification sensible au cycle thermodynamique à quatre temps : suralimentation, stratification, deux temps...

Nous illustrerons au passage l'arbitraire de ce classement par quelques exemples.

---

(1) Absence, par exemple, de préchambre.

(2) C'est la perte par « pompage ».



## a. Améliorations

L'ensemble de la géométrie du moteur est évidemment déterminant, l'effet d'échelle ou le rapport surface/volume affectant les mouvements aérodynamiques, la combustion et les échanges thermiques ; par exemple : valeur de la cylindrée unitaire, rapport course/alésage, forme de la culasse et des circuits d'alimentation et d'échappement, loi de distribution...

Cette géométrie était jusqu'ici une des références de la fiscalité : c'est dire tout le prix qu'il faut attacher à son aménagement, en cours de concertation ; en mesurant la difficulté où l'on est du fait de l'ignorance de l'évolution du moteur, telle qu'espérée ci-après. Ce contexte fiscal est un des constituants déterminants du cadre où s'épanouiront les courbes isoconsommation ; on peut penser que pour assurer des performances agréables à une voiture déjà spacieuse, légère et fine, la courbe de puissance passera vers 30 chevaux à 2 000/2 500 tours et plafonnera vers 45 bien en-dessous de 5 000 tours.

La préparation du mélange extérieure au cylindre et l'allumage font, pour une très large part, appel à des équipements mécaniques (carburateur, delco, pompe, injecteur...) susceptibles de tolérances de réalisation et, pour certains, d'usure. Ces équipements sont très insuffisamment asservis à des informations qui les adapteraient aux conditions réelles d'emploi : température et pression du milieu extérieur, état du moteur (1) (traduit par des informations sur des températures, des pressions, des compositions chimiques...) ; il n'est même pas toujours possible d'assurer une rigoureuse uniformité entre les divers cylindres. Ceci entraîne souvent un excès d'hydrocarbures et une déformation du cycle thermodynamique par rapport à l'optimum.

Un léger recours à l'électronique est déjà entré dans les mœurs : tout autant pour n'être pas devancé par la concurrence étrangère que pour réaliser une effective optimisation de l'emploi varié des moteurs (2), une inflexion fondamentale vers un recours massif à l'électronique s'impose aujourd'hui.

C'est une des actions-clés à retenir.

La préparation finale du mélange et la transformation de l'énergie du carburant par combustion dans le cadre des géométries actuelles a suscité des travaux importants et nombreux. L'intérêt d'un taux de compression élevé, l'adéquation des carburants dans les formes actuelles sont familiers : un consensus s'est établi sur un léger avantage du super en fait d'économies d'énergie.

Des travaux, d'origine assez ancienne pour certains, montrent clairement qu'il y a beaucoup à faire encore avec l'allumage commandé, par exemple sur :

- les modalités d'élaboration du mélange : carburation, injection directe ou indirecte, phase gazeuse, réchauffage...
- la dynamique du mouvement discontinu des gaz à l'admission et à l'échappement (3) ; régie par la loi géométrique de la distribution et les formes très complexes des divers volumes en cause, elle détermine le taux de remplissage, en conjugaison avec le réglage de l'admission, la richesse, la turbulence, l'homogénéité du mélange, la rémanence de certains gaz brûlés, l'énergie perdue à l'échappement, le bruit...
- l'évolution de la forme des volumes au cours du cycle : aujourd'hui accessible à l'expérimentation directe, le mécanisme de la combustion peut évoluer vers une plus grande rapidité, dont l'incidence sur le cycle est certaine.

Du filtre à air au pot d'échappement, la gamme de l'évolution est loin d'avoir été complètement explorée : mélanges pauvres et peut-être hétérogènes

---

(1) Par exemple, période de rodage ou usure déjà sensible.

(2) Par exemple, en s'asservissant au régime, à la richesse, au remplissage, à la température de l'air, de l'eau et même à des facteurs répercutant des fonctionnements transitoires (mouvement du papillon).

(3) Ce dernier domaine a fait l'objet de moins de recherche que l'admission.

nes (1), taux de compression très relevés (vers 13-14 pensent certains) sans doute avec une teneur en plomb des essences réduite, combustion accélérée par les formes et la turbulence... sont des espoirs non chimériques.

L'énergie récupérée en tête du piston commence à être justiciable de mesures directes ; ceci facilitera énormément l'analyse, puis la réduction, des pertes qui l'affectent :

- à l'amont : pompage, pertes directes de chaleur par les parois, énergie potentielle des imbrûlés, énergie rémanente des gaz d'échappement,
- à l'aval : frottements internes, énergie absorbée par les auxiliaires, récupération de l'énergie des gaz d'échappement.

Le niveau de ces pertes et la loi de leur variation sont très variables :

- certaines sont peu dépendantes de la charge, voire même varient en sens opposé
- d'autres varient très vite avec le régime (2).

C'est ce qui dessine la carte des courbes d'isoconsommation.

Si ces diverses pertes sont bien connues des motoristes, il en est quelques-unes qui n'ont suscité qu'une attention limitée ; un rapide commentaire ne tente qu'essayer certaines des actions possibles :

- les pertes par pompage sont spécifiques du moteur à allumage commandé ; elles croissent en valeur absolue, quand la charge diminue, puisqu'elles résultent du laminage de l'air admis. Les voies de recherche pour les réduire sont diverses : loi de distribution variable, diminution de la densité des gaz admis (par réchauffage) ou de leur richesse (homogène ou variable).
- les pertes directes de chaleur (qu'il ne faut pas confondre avec la chaleur provenant des pertes mécaniques) résultent de l'écart des températures entre les gaz travaillant et les parois : cela intéresse par priorité culasse et tête de piston, en déterminant leur régime de température, et ce phénomène est d'autant plus important que le moteur n'a pas atteint sa température d'équilibre optimale : ce phénomène est sensible à l'effet d'échelle et suggère d'éviter les petites cylindrées unitaires. La voie de la solution est d'une part affaire de matériaux (intérêt certain du bloc en alliage léger) et d'état de surface, mais aussi d'aérodynamisme interne (3) en régime semi-permanent ; c'est d'autre part justiciable des aménagements évoqués ci-après pour le départ à froid.
- les imbrûlés, sont l'écho du dosage initial et de tout le déroulement thermodynamique : des essais ont déjà fait état de bouclage, par l'électronique, entre la composition chimique des gaz à l'échappement et le dosage à l'admission.
- les frottements internes varient assez peu avec la charge et croissent avec le régime. Pour en situer très sommairement le niveau, ils sont, dans un moteur moyen à allumage commandé, équivalents à une pression moyenne de l'ordre de 1, la pression moyenne à admission maximale étant de l'ordre de 10 et variant de 3 à 6 en régime stabilisé de 90 à 120 km/h ; pour environ la moitié, ils résultent des frottements sur les parois des cylindres. Les facteurs en sont multiples : nature des matériaux, dimensionnement et déformations des pièces en contact mobile, lubrifiant, niveau des contraintes, géométrie du système bielle-manivelle... La viscosité du lubrifiant varie beaucoup avec la température et certains frottements croissent avec le carré de la vitesse de rotation ; la marge de progrès prévisible est limitée. L'exemple de la compétition montre cependant que les orientations sont nombreuses : nature du lubrifiant, dimension et nature des segments, précision des jeux aux paliers..., sans oublier, ici encore, l'effet généralement nuisible des périodes où la température du moteur — au moins du lubrifiant — est trop basse.

---

(1) Sans doute avec un rigoureux contrôle de la temporisation de l'allumage.

(2) C'est le cas des frottements, qui sont par ailleurs liés aux taux de travail des éléments mécaniques : c'est ce qui explique l'infériorité du diesel en rendement mécanique, à haut régime.

(3) L'idée a été émise de tenter d'éloigner des parois les gaz les plus chauds, durant la combustion.

- certains auxiliaires n'exigent que des puissances très faibles ; alimentation, allumage, circulation d'eau, lubrification ; il n'est pas interdit de leur apporter un soin accru. Mais deux sont des gaspilleurs d'énergie : le générateur électrique a souvent, même à pleine charge, un rendement inférieur à 0,5 et, surtout, le ventilateur a un très mauvais rendement : sa forme étant sommaire, son intégration dans un véritable circuit d'air absente et sa vitesse souvent liée au seul régime moteur. Le rendement de l'alternateur (et celui de la batterie) est d'un intérêt d'autant plus grand qu'il y a des chances que se développent les aides à la conduite, notamment dans les échos à la signalisation née de la gestion de l'infrastructure et dans un meilleur emploi économique de la voiture.
- l'énergie perdue à l'échappement est difficilement récupérable, sauf dans le cas — très partiel — de l'animation d'un turbo-compresseur ; son niveau résulte d'un complexe compromis avec les pertes thermiques, la rémanence de gaz brûlés... : il est aussi lié à la réglementation du bruit.

Les réflexions ci-dessus valaient en régimes stabilisés ou en fonctionnement assimilable ; une meilleure connaissance des régimes transitoires a déjà été souhaitée, ainsi qu'une attention profonde à l'équilibre thermique :

- il a déjà été signalé que, bien que mal connus, les parcours unitaires d'un grand nombre d'usagers étaient trop courts pour que le bloc mécanique atteigne sa température d'équilibre,
- la quasi totalité des voitures est démunie de dispositifs assurant à cette température d'équilibre une valeur optimale pour le lubrifiant.

Les départs et fonctionnements à froid, puis à température basse sont cause d'une surconsommation résultant de :

- viscosité du lubrifiant et dimension des coussins d'huile,
- température des parois du volume de travail,
- préparation physique du mélange (1).

La perte due au seul départ et à la mise en température est mal connue ; les essais sur cycles du type ECE 15 donnent des écarts de l'ordre de 40 grammes entre départ à froid et départ à chaud : sur un départ réel, en particulier compte tenu du chauffage avant départ et de l'usage du starter, la perte peut être deux ou trois fois supérieure. Si le parcours total du parc est aujourd'hui de 200 milliards de kilomètres (demain 300) et le parcours unitaire moyen de l'ordre de 10, cela fait 20 milliards de départs annuels : si la perte à chaque départ atteignait 100 grammes, la perte annuelle s'élèverait à 500 000 tonnes avec seulement 25 % de départs à froid.

Il n'y a aucune information disponible sur le coût du fonctionnement à température d'équilibre, lorsque cette dernière est trop basse : il ne serait pas étonnant qu'il dépassât notablement celui des départs à froid en mauvaise saison.

La mise en température est généralement accélérée par l'organisation du circuit d'eau et il a déjà été fait usage d'écrans sur le circuit d'air de refroidissement et d'une organisation spécifique de la circulation d'huile ; le soin très limité accordé, jusqu'ici, à ce thème laisse une large initiative aux chercheurs : corrélativement, une optimisation des réglages (carburant, allumage, peut-être distribution) en fonction de la température mérite attention.

Pour le moteur diesel, les considérations sur les pertes mécaniques et thermiques sont voisines. Il en est tout autrement pour la carburant : le taux de compression du diesel est déterminé en tenant compte du départ à froid et divers arguments — notamment la réduction du bruit, des pertes mécaniques — seraient favorables à un asservissement du taux aux diverses données thermiques. Ceci n'est certes pas simple : mais le diesel rapide des voitures particulières appelle encore une profonde évolution. Il n'organise actuellement sa combustion qu'avec le recours à une chambre auxiliaire, mais de nombreuses raisons théoriques militent vers la combustion directe en chambre ouverte, pour éviter les complications et les pertes qui en résultent.

(1) Sans parler de l'enrichissement permanent qui peut être prévu pour faciliter les départs à froid.

## b. Novations

La remarque a déjà été faite d'un certain arbitraire pour tracer une frontière entre améliorations et novations : par exemple si, comme nécessaire, un effort massif est fait vers une meilleure maîtrise de l'aérodynamique interne et de la combustion ou vers un recours massif à l'électronique.

Nombre de réflexions formulées à propos des améliorations sont aisément transposables ici.

On peut sans doute appeler novation le recours à de nouvelles variables ; cela peut concerner :

### — la géométrie

L'addition d'une préchambre, avec tous ses accessoires possibles, au moteur à allumage commandé ou l'injection directe en moteur diesel, déjà citées, sont liées au traitement du mélange et à la combustion examinée ci-dessous.

Ne seraient pas sans effet d'autres modifications de la géométrie, telles que :

- taux de compression variable,
- limiteur de pression,
- loi de variation du volume de travail différente de celle imposée par la liaison bielle-manivelle (moteur rotatif, moteur à barillet...),
- combustion en deux étages, l'un brûlant incomplètement un mélange trop riche, l'autre achevant la combustion d'un mélange appauvri,
- détente prolongée,
- distribution variable...

Ces possibilités, non limitatives, montrent combien l'imagination des chercheurs a déjà été active : pour certaines solutions la complication technologique est a priori un obstacle important, mais d'autres ont déjà suscité des approches assez attractives.

### — le mélange et sa combustion

Les moteurs à charge stratifiée ont introduit l'utilisation d'une hétérogénéité voulue du mélange avant combustion. De multiples suggestions ont été formulées :

- intervention de plusieurs carburants ou additifs ; l'alimentation mixte, en air chaud aux charges partielles, en air froid à pleine charge mentionnée en III.1.a est en quelque sorte une approche.
- réduction des pertes thermiques par l'organisation du phénomène de combustion : l'hétérogénéité de gaz étant utilisée pour éloigner des parois les gaz les plus chauds.
- fonctionnement en chambre ouverte, tant pour la stratification, qui peut être une voie vers les mélanges pauvres, que pour le petit diesel rapide.

### — la pression d'alimentation

Le développement du turbo-compresseur dans le diesel a été spectaculaire : outre une légère récupération de l'énergie des gaz d'échappement, il réalise une minimisation relative de nombreuses pertes, par comparaison avec l'augmentation de la pression moyenne effective du travail. Un asservissement de son fonctionnement à la puissance appelée a des chances d'être un facteur notable d'étalement du réseau de courbes d'isoconsommation.

### — une révision du schéma des cycles

L'adoption de l'injection sur le deux temps a déjà fait l'objet de longs et décisifs travaux : ce n'est donc pas un thème nouveau de recherche, mais l'illustration de la possibilité d'une novation, par association de deux techniques connues.

Pour l'appoint d'un allumage commandé au diesel, le terrain n'est pas vierge et cette technique est aussi une illustration non limitative des novations possibles, permettant, par exemple, des structures mécaniques plus légères, une certaine souplesse dans l'utilisation de nouveaux carburants.

## 2. Transmission

Le paragraphe précédent dispense de tout commentaire additionnel pour illustrer les difficultés à conduire économiquement d'un usager, qui ignore les diagrammes D et E ; du moins, même si les notices sur l'usage de son véhicule abordaient ce thème avec plus de détails, tant que son tableau de bord ne lui offrira pas un indicateur de consommation instantanée... qu'il consulte effectivement !

Les courbes des tableaux D et E rappellent la conclusion bien connue : une cinquième vitesse surmultipliée (qui élèverait la courbe d'utilisation du véhicule de référence, base de ce tableau, au voisinage de celle relative à la pente de 5 %) réduit nettement la consommation kilométrique..., mais aussi l'aptitude aux reprises.

Sans même se référer à des statistiques détaillées sur le comportement réel des conducteurs, ces courbes autorisent à penser qu'une boîte automatique peut faire un meilleur choix qu'eux. Ce qui peut la rendre économique dans des cas où son rendement propre est inférieur à celui d'une boîte mécanique classique : a fortiori, en sera-t-il ainsi lorsque seront fiables des boîtes automatiques à très haut rendement (1).

On conçoit aisément qu'une boîte automatique à variation continue du rapport de démultiplication offrirait une perspective encore plus attrayante d'économie.

Avec, aussi, une rectification importante aux espoirs ci-dessus esquissés : la diminution recherchée des écarts de consommation spécifique réduira l'intérêt de l'automatisme (et de la continuité).

Cette recherche mérite elle-même de multiples commentaires :

Le très ancien problème de la récupération de l'énergie dissipée lors du freinage reste actuel : a priori sa technologie est encore peu attrayante.

## 3. Synthèse

Avant tout une vérité première : les thèmes traités ci-avant sont, en général, bien connus des spécialistes et la conclusion ne saurait être « il n'y a qu'à... » ; fiabilité industrielle, possibilité économique restent les deux clés de l'évolution.

Le présent chapitre suggère quelques remarques :

- il permet d'apprécier les interférences à craindre des diverses contraintes : économie et nuisances ; de confirmer l'impérieuse nécessité d'en assurer la coordination et la hiérarchie.
- il souligne l'impossibilité de jugements définitifs entre les moteurs, diesel et allumage commandé : le premier étant mieux placé aux charges partielles et moins bien en rendement mécanique, aujourd'hui.

---

(1) Il y a déjà eu des boîtes équipées de coupleurs à poudre, dénuées de glissement en service courant.

- un volume considérable de recherche est souhaitable, mais les bénéfices potentiels et les aléas en sont importants : dans la mesure où le financement en dépasserait — ce qui apparaît certain — l'aptitude des gestions industrielles actuelles, l'action nationale volontariste est contrainte d'assurer le complément.
- elle doit être orientée, suivie, exploitée parce que très technique, très complexe.
- elle doit s'étendre vers l'« amont », de l'industrie automobile, matériaux et équipements : ceci est particulièrement clair, tandis que se poursuivent de très profonds remaniements des structures industrielles. Sans en faire le pôle, il est certain qu'une accentuation massive du recours à l'électronique sera décisive.
- elle doit mobiliser tous les moyens, non seulement des firmes industrielles de l'automobile, mais des structures publiques, universitaires, indépendantes... : dans une concertation qui sera délicate.

Peut-on oser clore ce chapitre par une estimation ?

Il est raisonnable de mobiliser un effort de recherche en se fixant pour objectif une réduction de 20 % de la consommation kilométrique.

Il appartiendra à la concertation avec l'industrie d'affiner le programme et de l'estimer : il ne serait pas anormal qu'il faille un appoint à la recherche d'au moins 50 millions par an, pendant au moins cinq ans.

#### IV. Action à entreprendre

Dans notre conjoncture évolutive, ce n'est pas le moindre problème de notre industrie que de concevoir aujourd'hui la voiture qui se vendra en 1985-1990 !

Malgré une surprenante prolongation du gaspillage depuis fin 1973, certains, dont nous sommes, font le pari qu'en 1985 l'Américain moyen sera totalement converti aux « compactes » : on devine le poids qu'aura, dans dix ans, la concurrence américaine et japonaise vis-à-vis de la « petite » voiture européenne, aujourd'hui en faveur.

Mais, aujourd'hui, l'acheteur réagit encore à la conjoncture d'hier : il faut donc se féliciter que la mission décidée en août dernier par M. le Ministre de l'Industrie et de la Recherche ait déjà fortement infléchi l'incitation de cette conjoncture à l'économie d'énergie.

La complexité des facteurs techniques, dont la présente annexe a amorcé une analyse, explique que, sans chercher à affiner en vain les prévisions du Conseil de planification de début 1975, le rapport de mission a préféré fixer des objectifs globaux, réalistes mais ambitieux, aux deux actions évoquées dans la présente annexe, soit d'améliorer la consommation kilométrique moyenne des voitures produites, par comparaison avec la moyenne des productions 1976, de :

- 20 % par des améliorations, dont certaines prendront effet très vite, dont l'essentiel devrait être acquis dès avant 1985.
- 20 % par des novations dont certaines pourront commencer à être industrialisées avant 1985.

Pour atteindre ces objectifs, une action volontariste concertée entre les pouvoirs publics et l'industrie peut être menée dans le cadre de contrats de programme négociés avec chacun des constructeurs et répondant à quelques principes généraux exigeant :

- bien que des contrats distincts soient passés avec les divers constructeurs, le développement d'actions communes entre eux, soit au niveau des définitions, mesures, essais... soit pour certaines recherches.

- l'association intime, à l'ensemble de l'action, des intervenants en amont de l'industrie : fournisseurs de matériaux et d'équipements, mais aussi enseignants, mass media...
- une initiative nationale vers une concertation européenne, si possible internationale, en matière réglementaire et fiscale, ainsi qu'il a été fait, par exemple, dans le domaine de la sécurité, de la pollution... : grâce à une préparation préalable minutieuse par dialogue avec l'industrie.
- un suivi des contrats de programme par une concertation permettant d'en ajuster les objectifs en fonction de la conjoncture et des résultats obtenus : recherche, incitation, réglementation...

Ces contrats de programme auront un caractère exceptionnel : les pouvoirs publics intervenant dans le suivi des réalisations d'une grande industrie, essentiellement privée. La négociation en arrêtera les chapitres, en suggérant certainement d'autres thèmes que ceux évoqués ci-après.

Il ne sera pas fait retour ici sur les sujets évoqués dans l'annexe 3 : l'industrie souhaite la concertation et a un besoin impératif de continuité en matière réglementaire et fiscale ; les contrats devront traiter ces thèmes.

Le présent document a tenté, non pas de rédiger les clauses des contrats, encore moins d'en amorcer la négociation ; il se limite à des développements techniques dont la négociation définira ce qu'elle peut retenir et qui relèvent pour l'essentiel de trois rubriques :

- suivi de l'évolution technique des voitures,
- actions spécifiques de recherche,
- actions diverses complémentaires.

## 1. Suivi de l'évolution technique

Ce suivi, par dialogue entre pouvoirs publics et industrie, mérite un double effort :

- de définitions, de méthodes, de mesures, d'essais,
- de concertation, d'information, de jugement.

Comme il l'a été souhaité dans l'annexe 1 pour tout ce qui concerne l'usage de l'automobile, la circulation, le trafic, il apparaît évident qu'un langage unique, clair, est indispensable en fait d'appel de puissance ou de dépense d'énergie ; le présent document a relevé au passage certaines lacunes, notamment de mesure :

- résistance à l'avancement, dont il ne saurait être parlé sans évoquer la portance et la poussée latérale,
  - résistance de roulement,
  - utilisation des auxiliaires,
  - variations des conditions d'emploi du moteur,
  - essais de consommation...
- afin, par exemple, d'être en mesure :
- à terme proche, de moduler la vignette dans le sens des décisions de principe prises,
  - ultérieurement de préparer, suivre et apprécier l'évolution technique voulue ; probablement par examen de multiples aspects plutôt que par une « note » globale (1).

---

(1) La difficulté d'une « note » d'économie a été développée ci-avant.

Le secret nécessaire à l'élaboration des nouveaux modèles ne paraît pas un obstacle insurmontable à l'orientation d'une évolution :

- grâce aux définitions et méthodes retenues, un dialogue avec chaque constructeur peut préparer un calendrier probable des progrès, par modèle,
- la mesure des différents facteurs de l'appel de puissance et des modalités de réponse du groupe motopropulseur fournira des résultats indiscutés,
- les mesures d'incitation diverses, l'application des décisions réglementaires et fiscales en résulteront.

Ce processus peut s'accommoder de la diversité des marques et des modèles, de la continuité et de la complexité de l'évolution commerciale et industrielle.

Sans doute en harmonie avec les mesures d'incitation projetées pour la vignette, mais en enregistrant la probable nécessité d'une incitation spécifique et la probable difficulté de la négociation en raison des incidences commerciales, une intéressante suggestion a été formulée par M. GRÉGOIRE, de définir des seuils au-delà desquels les voitures recevraient une appellation spéciale, par exemple :

- E : voiture économique,
  - F : voiture du futur,
- qui mériteraient des faveurs spécifiques.

Ce mécanisme de concertation ne peut qu'être extrêmement précieux pour déterminer la coordination et la hiérarchisation des contraintes techniques imposées à l'automobile ; pour animer de façon réaliste les discussions que le contexte politique a toutes chances de susciter au plan international.

L'échec d'une concertation telle que proposée ne saurait qu'être dommageable : le désaccord, comme l'impréparation, ne pouvant que préparer l'arbitraire des contraintes qui seraient alors nécessaires.

## 2. Recherche

L'importance des objectifs et la nature très complexe des phénomènes, riches d'interférences comme a tenté de le montrer la présente annexe, nous imposent une triple exigence au départ :

- définition détaillée et précise des thèmes, dans le cadre de priorités choisies, puis ajustement de ceux-ci au fur et à mesure du suivi,
- difficile sélection (éventuellement réorientation) des propositions,
- organisation de groupements, coordination d'actions internes à l'industrie automobile ou vers l'amont, l'I.F.P., les Ecoles, l'Université, les firmes indépendantes.

Dans le cadre de l'évolution technique générale, le suivi propre à la recherche s'annonce comme exigeant une compétence, des moyens techniques et matériels dont il faut être assuré que les services administratifs en disposeront : ainsi le mécanisme actuel des A.T.P., notamment le fonctionnement des jurys semble trop léger pour être étendu sans précaution au volume de la recherche nécessaire.

S'il n'appartient pas au présent document d'émettre un avis sur la constitution éventuelle d'une structure administrative « ad hoc » nouvelle, ni sur le rôle souhaitable pour tel ou tel service existant, il apparaît possible d'émettre deux suggestions :

- ainsi qu'il a été dit par ailleurs : simplifier l'articulation des structures ayant à dialoguer avec l'industrie afin de limiter, de part et d'autre, le nombre des interlocuteurs ; en clair, un chef de file doit animer l'élaboration puis l'exécution des contrats de programme.
- constituer auprès de ce service un comité — ou conseil ou groupe de travail — bipartite (administration, industrie), léger mais assurant la disponibilité



des compétences techniques nationales : il faut accepter d'y voir des personnalités appartenant à des firmes bénéficiant d'une aide à la recherche. Ce comité devrait recevoir certaines délégations de décisions, dans le cadre de directives générales.

Pratiquement imposé par l'importance de l'action « recherche », le « comité » pourrait — devrait — jouer un rôle technique dans l'ensemble de la concertation.

### 3. Actions diverses

Les annexes 1 et 3 font expressément état d'une double nécessité, à laquelle la concertation peut répondre :

- améliorer les informations disponibles relatives à l'utilisation des véhicules ; ce domaine relève du ministère de l'Équipement. La concertation ne peut que développer et rendre plus efficaces toutes les actions relatives à la conception de l'infrastructure et à sa gestion ; il a déjà été souligné qu'une amélioration de la fluidité du trafic, essentiellement en milieu urbain et périurbain (1), était génératrice d'économies très substantielles bien qu'encore inchiffrées.
- comme indiqué ci-dessus, organiser le dialogue administration-industrie alors que la conjoncture a fortement compliqué les structures administratives pour répondre à des problèmes actuels : nuisances, économie de matières, énergies nouvelles... : ceci rejoint les remarques en IV.2 ci-avant.

A l'occasion de la négociation des contrats, il apparaîtra sans doute nécessaire d'y inclure certaines extensions, plus ou moins étroitement liées à des sujets tels que :

- modification de structures industrielles et implantation des établissements,
- contexte économique : ainsi, le choix et l'économie des matières premières,
- consistance et équipement des flottes captives appartenant à l'État ou à des structures de caractère public : par exemple pour l'utilisation de certains carburants (G.P.L., produits de synthèse...).

En première étape, la mission a exclu l'enseignement et l'amélioration de la conduite, l'entretien et la réparation. Ces sujets ont déjà suscité, copieusement, réflexion et travaux ; le rôle possible des constructeurs est d'évidence éminent :

- organisation du poste de conduite (2), où les aides seront multipliées ; remise à l'utilisateur d'une documentation et de conseils plus étendus qu'actuellement, notamment vers une conduite économique. Plus généralement, action sur et par les mass media ;
- conception et mise en place des constituants afin de favoriser les opérations de vérification, d'essais et de remplacement ;
- équipement des concessionnaires en matériels et formation de leur personnel (3).

Peut-être sera-t-il souhaité qu'une certaine référence à ces actions figure aux contrats.

La mission s'est également abstenue d'aborder un sujet essentiel et directement lié à la conception, mais qui mériterait une mission spécifique : l'enseignement automobile. Les commentaires recueillis au cours de la mission, notamment

---

(1) Mais le tracé des autoroutes n'y échappe pas : choix des pentes, voies spéciales pour « véhicules lents »...

(2) Avec organisation spéciale des voitures-écoles.

(3) Jusqu'ici les actions de formation permanente restent extrêmement modestes.

sur l'aérodynamique interne des moteurs, ont plusieurs fois souligné l'importance de la tâche à accomplir (1), même si des organismes comme le C.N.A.M. et l'E.N.S.P.M. ont déjà un annuaire très riche de brillants anciens élèves.

Ce dernier thème apparaît comme extrêmement important : sans être, sans doute, assez mûr pour justifier une mention dans les contrats. Il est souhaité que ce thème soit repris ultérieurement.

## V. Conclusion

A la différence des annexes 1 et 3, il semble nécessaire d'ajouter à celle-ci, déjà plus longue, une conclusion.

Dans son contexte commercial international, avec la lourdeur d'une très grande industrie, la voiture évolue : cette évolution technique ne peut éviter aujourd'hui une brutale inflexion politique et les commentaires précédents ont souligné la complication des problèmes et le volume considérable de travail que ceci représente.

Même en renonçant à l'illusion d'une optimisation trop ambitieuse pour être concrète — du puits de pétrole à la consommation moyenne — on peut définir une orientation technique réaliste et demain, l'économie de la voiture française se vendra, avec le confort, l'élégance et la tenue de route qui se vendent déjà.

Il ne suffit pas que les pouvoirs publics prennent leur responsabilité — déjà nécessaire — dans l'activation de la recherche ; la volonté politique affirmée doit rénover la structure de tutelle d'une très grande industrie nationale.

Cette dernière, acceptant la concertation et l'effort qu'elle impose doit infuser à tous ses rouages la conviction de la nécessité de l'action à entreprendre, la foi dans son succès.

---

(1) Certaines suggestions ont déjà été formulées, s'appuyant sur le potentiel humain de la Société des Ingénieurs de l'Automobile (S.I.A.) et sur les moyens matériels de l'U.T.A.C.

TABLEAU A

EXPRESSION ANALYTIQUE DE L'APPEL DE PUISSANCE

La puissance à développer est égale à :

$$\begin{aligned}
 - P &= \frac{1}{2650} (F_r + F_a + F_g + F_i) V \\
 - F_r &= R \times M \dots\dots\dots \text{résistance au roulement} \\
 - F_a &= \lambda \rho S C_x V^2 \dots\dots\dots \text{résistance aérodynamique} \\
 - F_g &= M g \sin \alpha \dots\dots\dots \text{résistance de la pesanteur} \\
 - F_i &= (M + E) \gamma \dots\dots\dots \text{forces d'inertie} \\
 - E &= E_1 K^2 + E_2
 \end{aligned}$$

où

- P = en chevaux-vapeur
- F = en newtons
- M = masse exprimée en kg
- V = vitesse exprimée en km/h
- g = accélération de la pesanteur exprimée en m/s<sup>2</sup>
- λ = coefficient (= 0,04)
- ρ = masse volumique de l'air (1,225 kg/m<sup>3</sup> à 15 °C ; 1 013 mbar)
- S = maître coupe du véhicule en m<sup>2</sup>
- C<sub>x</sub> = coefficient aérodynamique du véhicule (traînée)
- α = angle de la pente de la route
- E(\*) = équivalent masse des moments d'inertie de rotation exprimé en kg
- γ = accélération du véhicule exprimée en m/s<sup>2</sup>
- E<sub>1</sub> = équivalent masse des pièces en rotation du moteur (vilebrequin + volant + embrayage)
- K = rapport de transmission
- E<sub>2</sub> = équivalent masse des roues

Dans l'application détaillée dans les tableaux B, C, D, E, on a retenu pour caractéristiques du véhicule des valeurs actuelles en milieu de gamme.

- M = 1 100 kg
- SC<sub>x</sub> = 0,8
- R = 0,11 + (5 × 10<sup>-7</sup>) V<sup>2</sup>g.

et on a choisi, en fonction de la vitesse, de la pente et de la valeur de l'accélération les rapports de boîte ci-après :

	Route plate	Pente 2 %	Pente 5 %	Pente 10 %	Pente - 2 %
m/s2	30 60 90 120	30 60 90 120	30 60 90 120	30 60 90 120	30 60 90 120
0	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4
0,5	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4
2	2 3 3 3	2 3 3 3	2 3 3 3	2 3 3 3	2 3 3 3

(\*) E =  $\frac{16}{100} M$  pour le 2<sup>e</sup> support de boîte,  $\frac{9}{100}$  pour le 3<sup>e</sup>,  $\frac{6}{100}$  pour le 4<sup>e</sup>.

TABLEAU B

## APPEL DE PUISSANCE

	ROUTE PLATE								PENTE 2 %								PENTE 5 %								ACCÉLÉ- RATION
	30 km/h		60 km/h		90 km/h		120 km/h		30 km/h		60 km/h		90 km/h		120 km/h		30 km/h		60 km/h		90 km/h		120 km/h		m/s/s
	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	Pch	%	
Aérodynamique	0,4	22	3,0	48	10,2	65	24,4	74	0,4	9	3,0	27	10,2	44	24,4	57	0,4	16	3,0	16	10,2	30	24,4	42	0
Roulement ...	1,4	78	3,2	52	5,4	35	8,7	26	1,4	33	3,2	29	5,4	24	8,7	20	1,4	18	3,2	18	5,4	16	8,7	16	
Pesanteur ....									2,5	58	4,9	44	7,3	32	8	23	6,1	66	12,2	66	18,3	54	24,4	42	
Inertie .....																									
P Totale .....	1,8	100	6,2	100	15,6	100	33,1	100	4,3	100	11,1	100	22,9	100	42,9	100	7,9	100	18,4	100	33,9	100	57,5	100	
Aérodynamique	0,4	8	3,0	24	10,2	40	24,4	53	0,4	5	3,0	17	10,2	31	24,4	44	0,4	4	8,0	12	10,2	23	24,4	35	0,25
Roulement ...	1,4	26	3,2	25	5,4	21	8,7	19	1,4	18	3,2	18	5,4	17	8,7	15	1,4	12	3,2	13	5,4	12	8,7	12	
Pesanteur ....									2,5	32	4,9	28	7,3	22	9,8	18	6,1	53	12,2	49	18,3	42	24,4	35	
Inertie .....	3,5	66	6,5	51	9,8	39	13,1	28	3,5	45	6,5	37	9,8	30	13,1	23	3,5	31	6,5	26	9,8	23	13,1	18	
P Totale .....	5,3	100	12,7	100	25,4	100	46,2	100	7,8	100	17,6	100	32,7	100	56,0	100	11,4	100	24,9	100	43,7	100	70,6	100	
Aérodynamique	0,4	5	3,0	16	10,2	29	24,4	41	0,4	4	3,0	12	10,2	24	24,4	35	0,4	3	3,0	10	10,2	19	24,4	29	0,5
Roulement ...	1,4	16	3,2	17	5,4	15	8,7	15	1,4	12	3,2	13	5,4	13	8,7	13	1,4	9	3,2	10	5,4	10	8,7	11	
Pesanteur ....									2,5	22	4,9	21	7,3	17	9,8	14	6,1	41	12,2	39	18,3	34	24,4	29	
Inertie .....	7,0	79	13,0	67	19,6	56	26,2	44	7,0	62	13,0	54	19,6	46	26,2	38	7,0	47	13,0	41	19,6	37	26,2	31	
P Totale .....	8,8	100	19,2	100	35,2	100	59,3	100	11,3	100	24,1	100	42,5	100	69,1	100	14,9	100	31,4	100	53,5	100	83,7	100	

TABLEAU C

EVOLUTION DU POIDS EN ORDRE DE MARCHE  
DES VOITURES PARTICULIERES  
(kg)

## CITROEN

Années Modèles	1959	1961	1963	1964	1967	1968	1970	1971	1976
2 CV	505	510	525	550	560	560	560	560	560
ID 19	1 150	1 170	1 170	1 205	1 245	1 265	1 265	1 280	
CX 2000									1 265

## PEUGEOT

403 : tous modèles 1 055 kg

404 : 1 040 à 1 070 kg

504 : jusqu'en 1972 : 1 145 kg

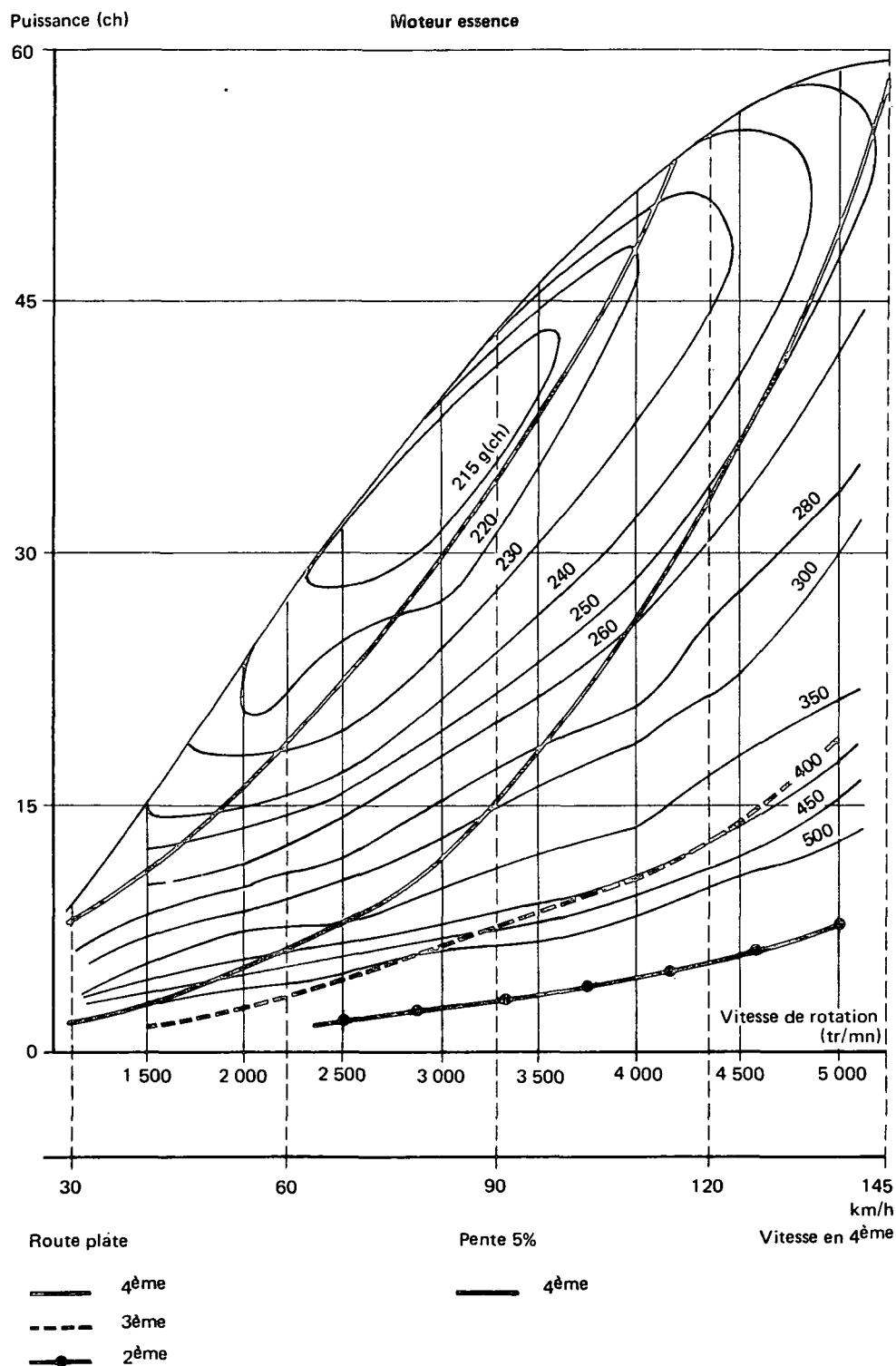
en 1963 : 1 165 kg

depuis 1975 : 1 230 kg

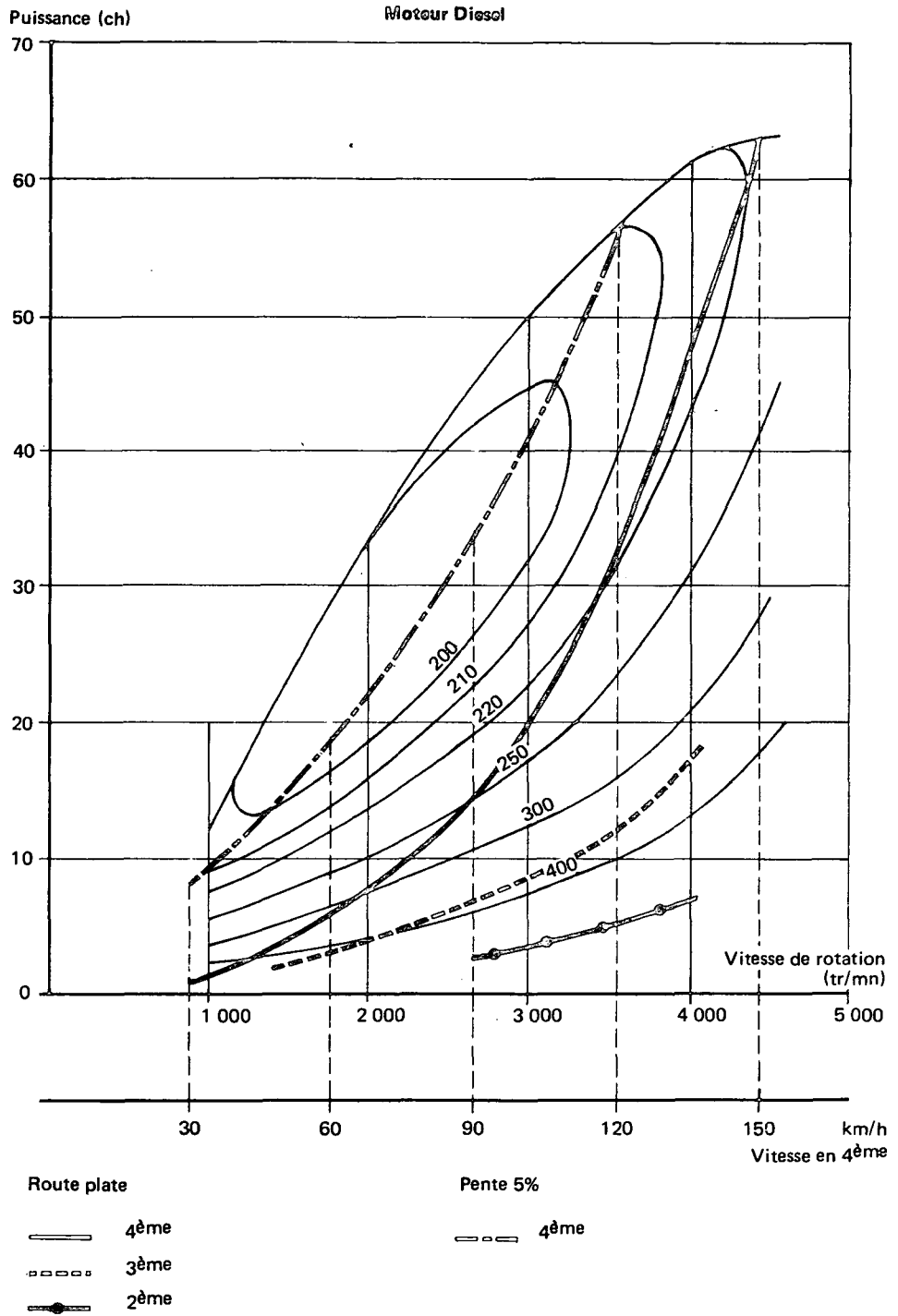
## RENAULT

Années Modèles	1950	1956	1961	1962	1963	1966	1969	1970	1972	1976
4 CV .....	500	500	500							
Dauphine ...		630	650	650	650	650				
R 8 .....				725	755	755	755	755		
R 5 .....									730	730
R 12 .....							880	900	900	900

TABLEAU : D  
COURBES D'UTILISATION



**TABLEAU E**  
**COURBES D'UTILISATION**







## **LES SERVICES ADMINISTRATIFS CONCERNÉS PAR LES ÉCONOMIES DE CARBURANTS**

### **I. Introduction**

Le rôle éminent joué dans notre vie par le transport automobile a engendré une complexité et une acuité croissantes de multiples problèmes, entraînant logiquement l'intervention de nombreuses administrations, nationales et internationales.

Ainsi, le groupe motopropulseur a longtemps progressé dans un contexte contraignant, prenant pour référence la cylindrée ; il a connu des réglementations sur :

- le niveau sonore en mouvement, dès 1957,
- les émissions électromagnétiques du système d'allumage,
- les rejets d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures.

Ainsi, tandis qu'une nouvelle vignette est élaborée, en France, en vue de faciliter, d'inciter l'optimisation du groupe moto-propulseur vers l'économie d'énergie, une réglementation de la consommation a été édictée aux U.S.A., qui n'apparaît pas transposable à l'Europe, et la Communauté Européenne révisé ses exigences en fait de nuisances.

Ceci explique la multiplicité des contacts qui ont été nécessaires, le nombre de documents d'origines variées qui ont été consultés au cours de la mission : le tableau joint énumère les administrations nationales concernées. Ce tableau aurait été bien plus complexe et bien plus long si, au-delà de la conception des voitures particulières, la mission avait abordé :

- d'une part, les poids lourds,
- d'autre part, les « nouvelles » filières motrices,
- enfin, le mode de conduite, l'entretien...

Il n'a pas été jugé nécessaire d'alourdir la présentation du tableau par le rappel de la nature, technique, économique ou réglementaire, des interventions possibles, ni par l'analyse des divers domaines de la conception auxquelles ces structures sont susceptibles de s'intéresser.

Cette complexité administrative est aussi à l'origine du souhait formulé par le document annexe n° 1, que les informations sur la consommation soient ordonnées, affinées, précisées.

## II. Structure nationale

Dans le récent passé, la conjoncture a donc suggéré de surimposer en quelque sorte à l'organigramme administratif traditionnel plusieurs structures spécifiquement responsables de problèmes nouveaux ; ainsi, la mission qui nous a été confiée est directement liée aux préoccupations de l'Agence pour les économies d'énergie et son déroulement a nécessairement comporté des contacts avec des services tels que la Délégation aux économies des matières premières ou la Direction de la prévention des pollutions et nuisances.

Semblable complication, difficilement évitable, a naturellement suggéré aussi l'organisation progressive de coordination : par exemple en confirmant à la Direction des routes et de la circulation routière, la mission essentielle pour tous les aspects réglementaires, y compris représentation du point de vue national auprès des instances internationales.

La concertation entre les pouvoirs publics et l'industrie peut être fort positive en aidant l'administration à :

- organiser la synthèse et le classement hiérarchique des diverses contraintes que l'intérêt général a dû imposer progressivement à l'automobile : sécurité, nuisances, économie...
- consacrer une activité notable, en disposant de la technicité adaptée, à l'établissement et au suivi de contrats de programme à passer avec chaque constructeur.
- donner aux mesures fiscales et réglementaires l'efficacité maximale, compte tenu des données techniques, d'une part, des contraintes d'un marché international, d'autre part : ceci dans le cadre d'une concertation européenne où la qualité des justifications techniques devrait avoir un poids prépondérant.

Les contacts avec l'industrie, au cours de la mission, ont clairement fait ressortir quelques besoins fondamentaux :

- la conception de l'automobile est une ; le bien ressentir est une donnée essentielle pour toute action réglementaire ou incitation d'économie ; une voiture est un ensemble, au sens « composition » plutôt que « réunion » et les compromis doivent être arbitrés ; entre poids et sécurité, entre pollution et économie... par exemple.
- le dialogue pouvoirs publics-industrie ne sera efficace que s'il est simple, direct : des deux côtés un effort est indispensable. Il faut limiter le nombre des interlocuteurs et rendre claire la limite de leurs responsabilités : plutôt qu'à un nouvel interlocuteur, la recherche d'économie par contrat du programme doit être confiée à un service déjà familier du dialogue avec l'industrie.

Le rôle moteur, initiateur qu'a eu notre pays, par exemple à Bruxelles, doit nous rendre particulièrement attentifs et vigilants.

## III. Structures internationales

Il n'a pas été dressé de tableau, les contacts ou informations ayant eu un caractère fragmentaire : quelques indications apparaissent cependant indispensables.

## 1. Communauté économique européenne (Bruxelles)

Les neuf signataires du traité de Rome participent à l'activité de diverses commissions de la Communauté, dont le domaine s'intéresse pour partie à l'automobile ; ainsi :

- énergie et recherche ;
- marché intérieur : qui veille à l'abolition des entraves techniques aux échanges ;
- politique régionale, aménagement du territoire et transports, qui s'intéresse, par exemple, au contrôle technique des véhicules, aux conditions de travail dans l'industrie ;
- environnement, santé publique et protection des consommateurs ;
- utilisation rationnelle de l'énergie : son sous-groupe C (véhicules routiers) est très actif et a, par exemple, été à l'origine d'une recommandation du Conseil des Communautés Européennes (6-4-1976) sur certains aspects de l'organisation des déplacements (1) ; ses travaux de fin 1975 (2) et certains rapports de 1976 évoquent directement la conception des véhicules ainsi que la définition d'essais normalisés de consommation.

## 2. États-Unis

L'exemple américain est souvent cité.

Sous l'égide du Sénateur Magnuson, le Congrès a adopté en décembre 1975 au sein de « l'Energy policy and conservation act », par une règle qui fixe à 21 miles par gallon (3) en 1980, et à 28 miles par gallon (4) en 1985, la performance minimale que chaque constructeur doit obtenir par la moyenne des consommations, sur un cycle américain bien défini de l'ensemble de sa gamme de modèles. Il est tenu compte pour ce calcul de la répartition des ventes de chacun des modèles au sein de la gamme. Les Américains en espèrent 40 % de la réduction de la consommation globale.

L'inapplicabilité d'un tel essai en Europe a déjà été commentée ; il y est revenu ci-après.

La sécurité fournit une leçon similaire.

Dès 1968, les U.S.A. ont présenté leur programme E.S.V., essentiellement basé au départ sur des considérations de sécurité et ayant depuis 1973 une orientation plus générale. Ils ont invité bilatéralement les gouvernements européens à y participer, et ceux-ci en l'acceptant ont créé le « Club de Londres » afin de se concerter. Ces deux instances n'ont pas nourri les espoirs que leurs démarrages suscitaient et leur fonctionnement s'est ralenti.

---

(1) Favoriser le taux d'occupation des véhicules, la fluidité du trafic...

(2) Une certaine publicité a été donnée au très volumineux rapport du sous-groupe C, de fin 1975, où la conception des véhicules est largement évoquée.

(3) 11, 2 litres/100 km.

(4) 8,4 litres/100 km.

### 3. O.N.U. - Commission Économique pour l'Europe (Genève)

La E.C.E. de Genève, Comité des transports intérieurs, dans son groupe d'experts de la construction des véhicules, ne travaille que dans le domaine réglementaire : le W.P. 29 avec son groupe de travail permanent à Genève définit les orientations pour de nouveaux règlements ; lorsqu'il reçoit des propositions d'États membres ayant signé l'accord de 1958 (1) il les soumet à tous les membres pour accord. Après discussion, il suffit que deux pays soutiennent le projet pour qu'il soit retenu et officiellement présenté à l'O.N.U. (2).

En ce qui concerne les économies d'énergie, la méthode française de mesure d'une consommation conventionnelle est actuellement à l'état de projet. Il semble qu'elle intéresse le Royaume-Uni. Par ailleurs, l'Italie est sensibilisée à ces problèmes (tarification des carburants). La République Fédérale d'Allemagne reste neutre et réservée.

Récemment U.N.E.P. (United Nations Environment Programm) a déployé une intense activité en organisant un séminaire international sur le moteur : les travaux n'ont pas, de loin, répondu à l'ambition des organisateurs. Mais il ne faut pas négliger les résonances possibles, en raison, par exemple, de la participation active des pays en voie de développement.

Si l'on note, en outre, la multiplication des congrès, conventions, séminaires..., tous internationaux, d'organisations publiques et privées, parlant au nom de l'énergie, de l'environnement ou de l'avenir de la planète, on n'a pas, pour autant, clos le chapitre : « Qui s'occupe de la conception et de la fabrication des automobiles ? ».

## IV. Action concertée

L'action des pouvoirs publics vers l'industrie est déjà considérable, largement concertée, et peut aisément se fixer comme objectif l'économie.

Sans détailler ici ses multiples aspects possibles, directs ou indirects, vers l'utilisateur, vers l'infrastructure, vers les structures industrielles..., on doit rappeler que la position française à Bruxelles a été plusieurs fois exemplaire et motrice : par exemple, dans le domaine de la sécurité et de la pollution, précisément parce qu'elle résultait d'une concertation avec l'industrie.

Les échanges de vue sur l'économie sont déjà actifs au plan international.

### 1. Réglementation

Les remarques annoncées ci-avant sur la réglementation américaine en fait d'économies de consommation sont :

- 1° En France, et plus encore en Europe, les constructeurs offrent des gammes assez différentes ; leur imposer une même consommation moyenne des gammes est de ce fait irréaliste.

---

(1) Concernant l'adoption de conditions uniformes d'homologation et la reconnaissance réciproque de l'homologation des équipements et pièces de véhicules à moteur.

(2) Il n'est alors appliqué, le cas échéant, que dans les seuls pays l'ayant accepté.

- 2° Le niveau de consommation moyenne sur cycle visé par les U.S.A. pour 1985 est la valeur moyenne actuelle de la consommation française, dont A.E.E. estime qu'elle diminuera d'au moins 10 % d'ici à 1985. Même si ce ne sont pas les mêmes unités de mesure, ces ordres de grandeur illustrent le très grand écart, bien connu, entre les conceptions techniques actuelles américaine et française.
- 3° Cette réglementation n'en est pas tout à fait une, puisque si elle n'est pas respectée, la sanction n'est qu'une amende et non une interdiction absolue de circuler.
- 4° Une réglementation au poids a aussi été annoncée, c'est-à-dire la limitation d'un « moyen » plutôt que la fixation d'un « objectif » :
- on ne voit pas pourquoi retenir ce moyen, le poids, plutôt que la finesse aérodynamique ou l'encombrement au sol (1) ;
  - une réglementation de cette nature (comme celle des miles/gallon) ne tient toujours pas compte du facteur déterminant qu'est l'aptitude du véhicule à transporter.

Tant qu'une restriction autoritaire de gamme ou de caractéristiques générales de performance n'est pas envisagée, il paraît logique et efficace de faire évoluer tous les modèles vers des conceptions aussi économiques que possible ; il appartiendra au contexte dans lequel seront placés les usagers d'orienter ceux-ci vers une consommation globale aussi basse que possible.

Si les essais officiels actuels fournissent des informations claires à l'usage, elles lui laissent heureusement une totale liberté dans le choix de sa voiture, en fonction de l'usage auquel il la destine. L'absence de référence à une caractéristique telle que l'habitabilité a pour conséquence, déjà signalée, d'accorder, par toute combinaison de ces seuls essais, une « bonne » note à une voiture sportive, légère et une « mauvaise » à un taxi.

La concertation souhaitée avec l'industrie peut certainement :

- confirmer ou affiner ces essais,
- les compléter par des termes capables de mettre en relief la capacité de transport.

Il restera toujours à encourager l'utilisateur à bien utiliser cette capacité de transport.

## 2. Fiscalité

Toutes les formes ont une incidence technique ; il en est de même pour toutes les prestations tarifées, péages, assurance... Une même remarque est d'application générale : seule une variation continue évite de suggérer des distorsions ; elle peut aussi faciliter des décalages, en bonification ou pénalisation.

### a. Vignette

L'adoption de la cylindrée pour référence a suscité les progrès de puissance unitaire ; mais les moteurs rapides qu'elle a encouragés ont des défauts : bruit, mauvais rendement aux faibles régimes. Restent à son actif quelques réussites en petite cylindrée, par exemple la 2 CV, dont le style de conduite original, coulé, est économique.

La puissance maximale, adoptée pour référence, accorde un degré de liberté nouveau, particulièrement intéressant pour les cylindrées moyennes et fortes ; des moteurs, très performants, un peu ralentis.

(1) Qui, à bien des égards, est plus intéressant que le poids.

Aujourd'hui, les deux groupes français affirment un désaccord ; on peut se demander si la concertation, non par simple facilité du compromis, mais par écho à la complexité du problème, ne conduirait pas à recommander de conserver les deux références ; en appliquant la plus favorable à chaque cas. Ceci conserverait la cylindrée pour les très petits moteurs, sans se priver de la liberté accordée par la formule à la puissance.

#### **b. Carburants**

Le même type de moteur, à allumage commandé, utilise l'essence ordinaire ou le super. Dans l'état actuel de la technologie, le bilan énergétique moteur + raffinerie est apprécié comme accordant une légère faveur au super : il ne serait donc pas souhaitable que la tarification fiscale incitât à l'usage de l'essence ordinaire.

Le petit moteur diesel, pour lequel le gazole est adapté, a aujourd'hui un bon rendement aux charges partielles, comparé au moteur à allumage commandé : mais, en général, un rendement un peu inférieur à pleine charge. Les deux moteurs évoluent et — sauf découverte — semblent devoir se rapprocher ; si chacun a ses vertus propres, il n'apparaît pas, au nom de l'économie d'énergie, de raison massive d'une dieselisation sans discernement.

La situation est différente pour les moteurs de forte puissance utilisés pour le transport routier : actuellement le diesel est plus économique.

Les masses fiscales en cause exigent de plus en plus nettement de dissocier les domaines du transport routier et de la voiture particulière. Pour cette dernière, la concertation avec l'industrie devrait pouvoir maintenir au petit diesel son domaine d'emploi (usage massif, spécialement urbain et péri-urbain) sans aggraver, ni même maintenir, l'écart actuel entre les prix des carburants, qui crée une distorsion artificielle, sous l'angle de l'économie.

La concertation ne peut qu'insister sur la nécessité vitale d'une politique à long terme, continue : les aléas probables de la conjoncture pétrolière ne font qu'en accentuer le prix.

**TABLEAU DES PRINCIPAUX SERVICES ET ORGANISMES NATIONAUX  
CONTRACTES OU DONT LES TRAVAUX ONT ETE EXAMINES**

**I. Relevant du Premier Ministre**

*Commissariat Général au Plan*  
*Commission de l'Energie*  
*Comité interministériel de la Sécurité Routière*

**II. Relevant du ministère de l'Industrie et de la Recherche**

*Commission consultative pour la recherche et le développement en matière  
d'énergie (C.C.R.D.E.)*  
*Délégation générale à l'Energie (D.G.E.)*  
*Direction des carburants (D.I.C.A.)*  
*Institut Français du Pétrole (I.F.P.)*  
*Agence pour les économies d'énergie (A.E.E.)*  
*Comité consultatif pour l'utilisation de l'énergie (C.C.U.E.)*  
*Direction générale de l'Industrie (D.G.I.)*  
*Direction des industries métallurgiques, mécaniques et électriques  
(D.I.M.M.E.)*  
*Délégation générale à la recherche scientifique et technique (D.G.R.S.T.)*  
*Délégation à la recherche industrielle et à la technologie (D.R.I.T.)*  
*Association nationale pour la valorisation de la recherche (A.N.V.A.R.)*  
*Délégation aux économies de matières premières*  
*Direction des Mines*  
*Service de la qualification des produits industriels*  
*Commissariat à la normalisation*  
*Association Française de Normalisation (A.F.N.O.R.)*

**III. Relevant du ministère des Finances et des Affaires économiques (1)**

*Direction Générale des Impôts*  
*Direction Générale des Domaines et des Droits Indirects*  
*Direction Générale de l'N.S.E.E.*  
*Commission des comptes des Transports de la Nation*

**IV. Relevant du ministère de l'Équipement et du Secrétariat d'État aux  
Transports**

*Conseil Général des Ponts et Chaussées*  
*Conseil Supérieur des Transports*  
*Service des Affaires Economiques Internationales (S.A.E.I.)*  
*Direction des routes et de la circulation routière (D.R.C.R.)*  
*Institut de recherches du transport (I.R.T.)*  
*◦ Centre d'évaluation de recherches de nuisances (C.E.R.N.)*  
*◦ Groupe Pollution*  
*Organisme national de la Sécurité Routière (O.N.S.E.R.)*  
*Union Technique de l'Automobile et du Cycle (U.T.A.C.)*

---

(1) Aucun contact n'avait été pris, mais une action concertée peut avoir à concerner la Direction Générale de la Concurrence et des Prix.

*Direction des Transports Terrestres*

Groupe interministériel pour l'Economie des Transports (1)  
Centre de Productivité des Transports (C.P.T.)

**V. Relevant du ministère de la Qualité de la Vie**

Direction de la prévention des pollutions et nuisances (D.P.P.N.)  
Groupe interministériel pour les véhicules électriques (G.I.V.E.)

**VI. Relevant du ministère de l'Education**

- Université Pierre et Marie Curie - Paris 6°  
U.E.R. 49 (Département Mécanique)
- Conservatoire National des Arts et Métiers  
Chaire de moteurs à combustion interne
- Ecole Centrale de Lyon  
Service des Machines Thermiques

---

(1) En liaison avec le ministère de l'Economie et des Finances.