

J. A. GRÉGOIRE

**L'INGÉNIEUR
DE
L'AUTOMOBILE**



INTRODUCTION

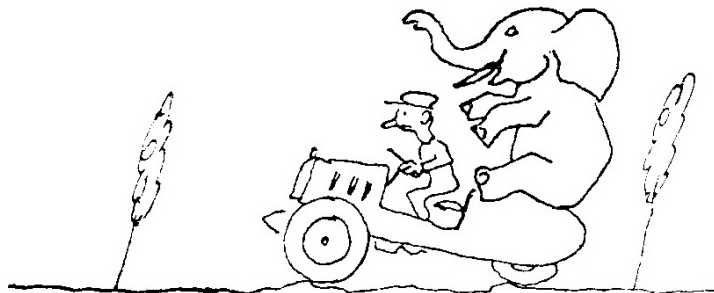
DE CH. FAROUX

ILLUSTRATIONS DE

J. SENNEP ET P. COLLOT

**ÉDITIONS TIRANTY
PARIS**

LA SUSPENSION A FLEXIBILITE VARIABLE



Au milieu de l'année 1943, la mise au point du prototype de la petite voiture aluminium française Grégoire s'achevait. Toutefois je n'estimai pas la ~~suppression~~, telle qu'elle était réalisée, satisfaisante.

SUSPENSION

Je citerai quelques lignes écrites à ce sujet à cette époque :

« Le problème de la suspension d'une voiture très légère est extrêmement délicat. La charge sur l'essieu arrière passe de 150 kg. à la position à vide, à 450 kg. à la position du débattement maximum, soit du simple au triple !

« Si l'on prévoit une suspension douce, c'est-à-dire avec grande flexibilité, on a un bon confort à vide, mais le débattement étant forcément limité, les roues viennent frotter sous les ailes lorsqu'on charge au maximum. De plus, la tenue de route est mauvaise.

« Si l'on prévoit, au contraire, une suspension plus dure, c'est-à-dire avec une flexibilité plus faible, on roule dans de bonnes conditions à pleine charge, la tenue de route est excellente, mais tout le confort disparaît à vide ou à petite allure.

« On conclut donc, une fois de plus, qu'il est indispensable, pour une suspension, d'être à flexibilité variable, cette flexibilité diminuant aussi régulièrement que possible avec la charge ou, ce qui revient au même, avec l'importance du débattement. Cette conclusion est générale. Elle s'applique avec la même rigueur à la voiture légère et au poids lourd.

« Les ingénieurs recherchent, depuis la naissance de l'automobile, cette suspension à flexibilité variable comme la pierre philosophale, sans plus de succès d'ailleurs.

« On a bien proposé et utilisé différentes solutions. Une assez simple consiste à faire intervenir des ressorts additionnels lorsque la flèche augmente. Mais, outre que la flexibilité ne varie que par paliers et non de façon continue, il y a des difficultés pour faire travailler avec silence et douceur ces nouveaux ressorts. D'autres systèmes, plus compliqués, ont été imaginés et essayés ; mais, jusqu'à ce jour, aucune solution vraiment satisfaisante n'a été trouvée puisque les constructeurs continuent à

employer actuellement, malgré tous leurs inconvénients, les suspensions à flexibilité constante. »

La suspension du prototype A.F.G. était d'un type qui, sans être classique, ne conférait aux roues qu'une flexibilité constante.

Or, lorsque les charges passent de 150 à 450 kg., avec un débattement normal pour une petite voiture, il faut, afin d'obtenir un véritable confort, rechercher un système à flexibilité variable.

La solution imaginée, consistait à utiliser un ressort hélicoïdal, incliné par rapport au bras de suspension et travaillant en traction.

Adopter le principe et en réaliser une application sur cette voiture ne demanda que quelques semaines. La fabrication des pièces spéciales, leur montage et les essais sur route furent effectués avant la fin de l'année.

Les résultats étaient concluants.

Mais on avait constaté, immédiatement, par une première mise en place, que les points d'attache du ressort avaient une importance capitale. Or il ne ressortait de ces tâtonnements aucune loi indiquant comment il fallait disposer ces points pour obtenir les variations de flexibilité qu'on recherchait. Il semblait même que les variations de flexibilité n'étaient pas conformes aux prévisions qu'on aurait pu faire.

La mathématique à la rescousse. — Il fallait donc projeter sur ce problème la lumière mathématique. Les données étaient simples. On pouvait supposer obtenir très rapidement une solution complète. Or, ces travaux commencés, comme on le voit, en 1943, n'aboutirent à un résultat vraiment complet et totalement satisfaisant qu'en 1948.

Ceci confirmait une maxime qu'aimait à prononcer un de mes professeurs de mathématique à Stanislas, que nous appelions avec une taquinerie affectueuse « Le Maître » avec un grand M majuscule : « La complexité d'un problème de Mécanique n'a souvent aucune relation avec la simplicité de son énoncé ».

Ceci confirmait, également, que le travail de l'ingénieur est un long travail de patience et que, pour atteindre son but, il doit être constamment armé de philosophie. Une victoire sur la mécanique demande de nombreux mois de contrôle assidu avant de pouvoir être considérée comme définitivement valable.

Mettre le système en équation représentait une difficulté minime. Voici, toutefois, à titre de curiosité, la formule déjà complexe de la flexibilité :

$$F = \frac{fd^2}{rl} \frac{1}{\cos \alpha - \frac{a_0(l - r \cos \alpha)}{(r^2 + l^2 - 2rl \cos \alpha)^{2/3}} (l \cos \alpha - r)}$$

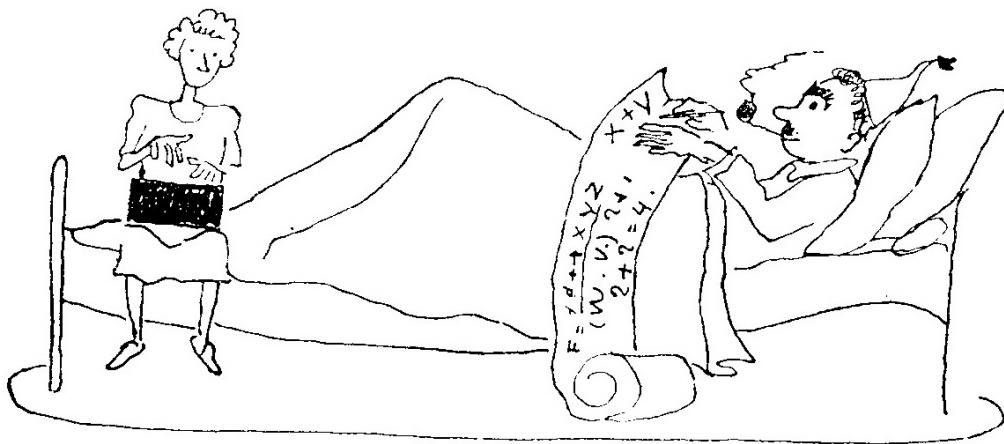
F, représente la flexibilité à la roue,
 f, la flexibilité propre du ressort,
 d, la longueur du bras,
 r, la distance du point d'attache fixe du ressort au centre de pivotement,
 α l'angle du bras.

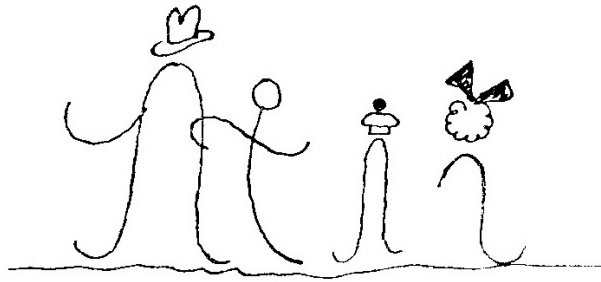
Il s'agissait de savoir comment placer le ressort, ou en termes mathématiques, comment déterminer les paramètres. En utilisant le calcul, on devait donc dériver la fonction indiquée plus haut par rapport à ces paramètres. Mais cette dérivée longue de trois lignes, permettait difficilement d'obtenir la clarté qu'on recherchait.

Avant de relater la suite des événements, la vérité (et la modestie)m'obligent à dire que j'avais remis, pour examen critique, l'exposé de mes travaux à mon ami Pierre Ricard, Major de ma promotion à l'X et dirigeant du Patronat Français. Ricard calme ses insomnies en lisant ou en faisant de la haute mathématique avec le plaisir et la facilité qu'éprouve le commun des mortels à parcourir des romans policiers. En étudiant mes calculs, au cours d'une nuit mathématique, il avait constaté que l'écriture se simplifiait notablement si, au lieu de prendre comme fonction la flexibilité, on choisissait

l'inverse, $\frac{1}{F}$ c'est-à-dire la rigidité.

Son conseil arrivait trop tard car j'étais arrivé par une autre méthode au résultat cherché.





Cette méthode consistait à déterminer graphiquement par points, les courbes de variation de flexibilité de 0 à 360° en faisant varier un seul paramètre à la fois. L'examen des familles de courbe devait permettre de déceler l'influence de paramètre.

Ce travail était considérable.

Il m'a fallu tout le dévouement de mon fidèle collaborateur Charles Rivoilier pour le mener à bonne fin.

Mais un obstacle imprévu devait se dresser devant nous. Les paramètres ont une influence les uns sur les autres. Après avoir constaté, au bout de quelques mois de recherches, ce phénomène, il fallut trouver un artifice pour neutraliser cette influence.

Les familles des courbes étant enfin obtenues de façon satisfaisante, j'essayais d'en expliquer les résultats et d'en tirer des règles d'utilisation. Là encore, les solutions ne sautaient pas aux yeux. Il fallait par exemple essayer de comprendre ce que signifiait la notion de flexibilité négative ce qui n'est pas une tâche aisée.

A fin de 1946, j'ai pu résumer ces travaux dans une brochure intitulée :

« Etude d'une liaison mécanique à flexibilité variable » (1)

La sanction de la pratique. — Mais il s'agissait maintenant de rapporter à la pratique tous ces résultats théoriques.

Une première application se présentait : celle de la suspension de la voiture Grégoire deux litres.

Quatre roues indépendantes, munies chacune d'une suspension à flexibilité variable avec une stabilisation calculée des essieux, formèrent ce que j'ai appelé, en 1947, la Suspension Intégrale.

Cette suspension intégrale qui conjugue une grande flexibilité avec une tenue de route remarquable, a donné des résultats qui ont étonné tous les techniciens ayant essayé ce prototype.

(1) Ce travail a valu, en 1947, à son auteur, le prix Monthyon de mécanique décerné par l'Académie des Sciences. (Note de l'Editeur.)

Si, comme je le pensais, cette solution apportait à l'Automobile un progrès indiscutable, il était indispensable de faire confirmer ces résultats par des applications sur un certain nombre de véhicules divers.

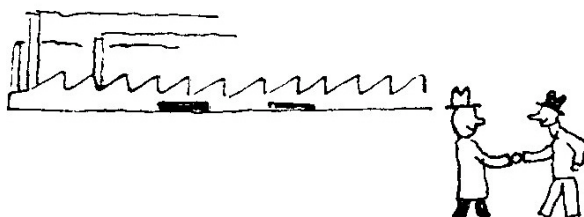
**

A fin 1947, après avoir mûrement réfléchi, j'ai été voir M. Lefauchaux, Président de la Régie Renault, que je connaissais à peine mais qui m'inspirait de la sympathie. J'ai pu juger, par la suite, de ses très hautes qualités et je me flatte, maintenant, de le compter parmi mes amis.

Je tins à M. Lefauchaux ce langage :

« Personne ne nie l'intérêt du principe de la suspension à flexibilité variable. J'ai étudié théoriquement et essayé sur quelques prototypes un système de ce genre. Les résultats me paraissent concluants. Mais je serais heureux, en faisant quelques nouvelles adaptations, en particulier sur des poids lourds, de confirmer ces résultats. Voulez-vous m'aider à réaliser ce programme ? »

M. Lefauchaux m'a répondu instantanément :



« Je suis tout à fait d'accord. Les services techniques de Renault sont à votre disposition. Je vous propose de commencer par l'équipement du camion 1.000 kg. »

Malgré cet acquiescement si spontané, je courais certains dangers. Il est bien certain, en effet, que l'adaptation d'une nouvelle technique ne se réalise jamais sans tâtonnements, essais et mises au point. Des témoins, manquant de bienveillance, peuvent condamner le système le plus excellent sur un premier essai.

J'ai heureusement trouvé en Fernand Picard, Chef des Etudes de Renault, un esprit de la même qualité que celui de son Président.

Et après une année de travail, j'ai pu équiper avec succès le 1.000 kg. et le nouveau car Renault. De nouvelles adaptations sont en cours. Toutes confirment les remarquables résultats que j'avais obtenus dès le début.

En profitant de cette expérience, il m'a été possible avec le fidèle Rivolier, d'étudier et de réaliser des adaptations sur Citroën, Berliet et Ford. Partout, après les inévitables mises au point, la flexibilité variable a gagné la partie. Les très nombreuses Citroën qui roulent avec ce système en donnent une éclatante confirmation.

Tu gagneras ton pain... — Si je me suis appesanti quelque peu sur cette étude et sur sa laborieuse mise au point de cinq ans, ce n'est pas pour en exalter les résultats, mais bien pour en tirer un enseignement.

La réussite-éclair dans le domaine de l'automobile comme dans tout autre domaine d'ailleurs est l'exception. Est-ce là une conséquence du péché originel ? Est-ce tout simplement parce que l'homme a toujours des espoirs excessifs et tend ses filets trop haut, selon le mot de Stendhal ? Il ne m'appartient pas de scruter les versets de la Genèse et encore moins les replis du cœur humain. Je dirai simplement au chercheur qui se croit entraîné par une vocation irrésistible vers l'automobile que le travail, la patience et l'effort seront son lot principal. J'ajouterai toutefois qu'il arrive souvent que ce travail, cette patience et cet effort « paient ».

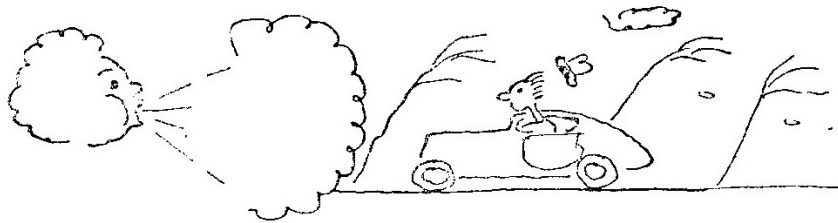
Mais j'en arrive maintenant au second exemple annoncé plus haut.



LA VOITURE GREGOIRE DEUX LITRES

Au cours de l'été 1944, après la libération du Sud de la France, où je me trouvais, j'ai bénéficié de quelques mois de loisir. Je venais de terminer pratiquement la mise au point définitive de la petite voiture A.F. Grégoire.

Depuis longtemps, je pensais que la petite voiture ne représentait qu'une première application, la plus délicate d'ailleurs, des nouvelles solutions que le cahier des charges m'avait obligé à mettre au point. Il semblait évident qu'une utilisation judicieuse de ces nouvelles solutions sur un véhicule plus gros pouvait permettre de créer une voiture vraiment supérieure par toutes ses performances à la production normale, et échapperait du même coup à la loi de la continuité dans le progrès.



Une question capitale. — Sans être fixé sur les dimensions exactes et les caractéristiques de cette future voiture, je savais, à priori, que la question aérodynamique allait jouer considérablement, puisque cet engin devait être très rapide. J'avais donc travaillé ce problème avec M. Sédille, Directeur de la Société Rateau et remarquable spécialiste de la mécanique des fluides. Nous avons recherché les formes les plus adéquates en essayant de concilier les exigences de l'habitabilité avec des lignes de plus en plus fines. Pour cela, nous avons dessiné et fait construire des maquettes au 1/10, effectué de longs essais au tunnel, sanctionnés par de nombreuses retouches. Nous avons pu tirer, de ces travaux, un certain nombre d'enseignements et conclure qu'il était possible, tout en conservant un excellent confort intérieur et une forme élégante, de diviser approximativement le Cx des voitures existantes par deux, c'est-à-dire, à maître couple égal, de réduire de moitié la résistance de l'air.

Je possédais donc au milieu de 1944, en plus des fructueux résultats obtenus au cours des quatre années d'étude de la petite voiture A.F. Grégoire, quelques lumières sur la question aérodynamique.

C'était tout.

Or, pendant ces quelques mois de loisir forcé, j'ai pensé qu'il serait excellent, pour éclaircir ce problème de la plus

grosse voiture, d'en jeter les bases sur le papier et si possible de tracer, en quelques lignes, une ou deux solutions. Le fait de traduire, en phrases obligatoirement précises, des idées, quelquefois vagues, est un moyen infallible de clarifier une question. On pousse ainsi l'esprit dans ses derniers retranchements.

Or un problème parfaitement posé est un problème presque résolu à condition, naturellement, qu'il soit soluble.

Cette méthode présentait un autre avantage. Elle me permettait, en confiant cet exposé à quelques personnes, de leur expliquer exactement mes projets et d'obtenir leurs encouragements, leur adhésion et peut-être de constructives critiques. Je désirais, tout d'abord, soumettre ces idées à mes amis de l'Aluminium Français qui, je dois le reconnaître, furent immédiatement remplis d'enthousiasme. Je voulais également consulter mon excellent ami, P.-M. Pons, Directeur adjoint des Industries Mécaniques et Electriques au Ministère de la Production Industrielle. Nous allions vivre, ne l'oublions pas, pendant quelques années, dans un régime de dirigisme libéral ou, si l'on préfère, de libéralisme dirigé. Il était, par conséquent, préférable avant d'entreprendre quelque œuvre d'importance, d'obtenir les bénédictions officielles. Pons me donna immédiatement son plein accord et de vifs encouragements personnels qui, venant d'un Ingénieur qualifié comme lui, m'encouragèrent à persévérer.

Retour en arrière. — J'ai retrouvé ce texte que j'avais intitulé :

Les voitures L et M

et qu'on lira plus loin. J'en ai scrupuleusement respecté tout les termes en me contentant d'ajouter quelques rares et brèves notes. La suite des événements lui confère un certain intérêt et on verra que si certaines prévisions ne se sont pas entièrement réalisées, d'autres qui paraissaient assez romantiques ont été atteintes et même dépassées.

LES VOITURES L ET M



AVANT-PROPOS

Pendant de pénibles périodes, telles que celle que nous traversons, il est bien rare qu'il ne mûrisse pas quelques fruits sur l'arbre du progrès. La tourmente passée, le véritable philosophe doit retenir ces enseignements précieux en oubliant la douleur dans laquelle ils sont nés.

1940-1944 se sont écoulées sous le signe du manque de matière première. Comme l'homme qui manque d'air s'aperçoit qu'il respire, l'industriel raisonnable s'est aperçu qu'il usait de la matière première d'une façon souvent désordonnée et abusive. Il a pensé, alors, à l'avenir et, suivant une judicieuse inspiration, il a mis tout son effort technique dans la recherche de l'économie raisonnée et définitive de matière.

Allègement et Economie de matière ne sont pas, comme on pourrait le penser superficiellement des synonymes. L'emploi inconsidéré de matériaux légers et chers peut, sans économie de matière, augmenter le prix de revient d'un objet. Mais l'allègement raisonnable et l'économie de matière sont des faits parallèles. Il ne faut pas oublier le principe « de cascade » de l'allègement et ses conséquences souvent imprévues. Empruntons un exemple à l'industrie automobile. Les pneus ont une grosseur proportionnelle aux poids des véhicules qu'ils portent. Si on arrive, en conservant la même capacité de transport, à diminuer d'un tiers le poids de la totalité du matériel fabriqué, on peut admettre qu'on économisera un tiers des besoins en caoutchouc de l'industrie pneumatique. Or, les pays producteurs d'hévéa resteront des champs de bataille bien longtemps après que la paix sera revenue en Europe et le problème du caoutchouc se posera après guerre même lorsque la crise mondiale sera dénouée. Cette diminution des importations de caoutchouc en France ne manquera pas d'aider au rétablissement d'une balance commerciale mieux équilibrée.

L'industrie automobile française aura dû profiter, plus que beaucoup d'autres, de cette période d'arrêt 1940-1944. Les fabrications se sont réduites à celles de quelques modèles bien déterminés, destinés, pour la plupart, aux occupants. Les bureaux d'études n'étant plus harcelés par les constants problèmes de la fabrication, par les réclamations des clients et n'ayant pas à préparer hâtivement le modèle modifié du prochain Salon, se sont trouvés pendant des années avec un esprit calme devant des calques vierges. L'avenir nous apprendra si cette extraordinaire conjoncture aura été mise à profit.

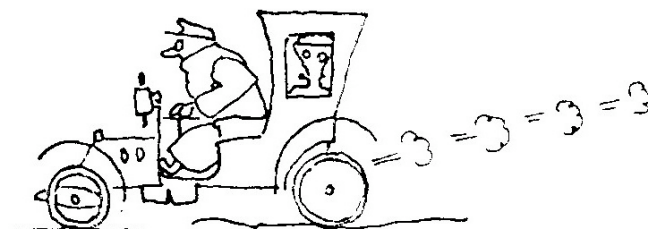
Certains ont travaillé. Ils n'auront pas manqué de constater pendant cette période si propice à la méditation et aux recherches que l'industrie automobile utilisait mal la matière première et, par suite, utilisait mal le carburant. On usait trop de matières premières parce que les voitures étaient trop lourdes, on utilisait trop de carburant parce que les voitures étaient trop lourdes et qu'elles avaient un mauvais coefficient de pénétration dans l'air.

Il a donc fallu s'attaquer aux problèmes de l'allègement et de l'aérodynamique, non de façon étroite et sporadique, comme on avait coutume de le faire jusqu'ici, mais en prenant la question par la base et dans son ensemble.

Des études complètes ont été exécutées sous le signe constant de la légèreté, d'abord, de l'aérodynamique, ensuite. Des prototypes ont été construits, essayés, mis au point.

Comme on constate le mouvement en marchant, on a constaté en roulant avec ces nouvelles réalisations, qu'on « gâchait » avant guerre 30 à 40 % de matière première et 30 à 40 % de carburant.

Souhaitons que l'industrie automobile française tienne compte de ces résultats connus, contrôlés, officiels, et que, renseignée la première, elle en tire la première, avant la concurrence étrangère, les précieux enseignements industriels.



L'ALLEGEMENT DE L'AUTOMOBILE

Soutenir la cause de l'allègement en automobile, est un poncif qu'il est inutile de reprendre. Les chiffres sont là, d'ailleurs.

Il est curieux, à un point de vue plus général, de constater une évolution dans l'esprit des gens depuis le début du siècle. A cette époque on opposait l'article lourd, inusable, sérieux, à l'article « léger » de qualité et de prix inférieurs.

La notion de lourdeur impliquait celle de solidité, de durée à l'usage. En un mot, le poids était le critérium de la qualité.

Depuis quelques lustres, l'aviation a montré qu'on pouvait construire très léger et très solide à la fois. Ce fait a frappé les esprits. Dans beaucoup d'objets usuels, la légèreté est devenue un luxe. Les pesantes valises en cuir massif sont devenues des bagages en parchemin. De légers vélos ont remplacé les denses machines de nos pères.

La légèreté s'est affirmée comme une qualité aristocratique de la mécanique.

Il y a deux façons d'alléger en automobile :

— Employer de nouveaux procédés de fabrication,

— alléger tous les organes.

L'emploi de nouveaux procédés de fabrication peut permettre des économies massives de poids. Le système de la carcasse Alpa, par exemple, a allégé une voiture comme l'Amilcar Compound d'une centaine de kilogs.

.. Mais ces nouveaux procédés sont rares. On doit donc s'attaquer au poids particulier de tous les organes. Et c'est à ce moment qu'on voit les difficultés que pouvait rencontrer le constructeur lorsqu'il voulait diminuer le poids de ses voitures. Il pouvait agir sur la partie mécanique et la carrosserie, qui étaient fabriquées dans ses usines. Mais les roues, les pneus, les freins, l'embrayage, l'équipement électrique, les accumulateurs, etc., etc., étaient standardisés et fabriqués en série à l'extérieur. Si on totalise le poids des accessoires du commerce, on arrive à une fraction comprise entre le quart et le tiers du poids total. L'ingénieur se trouvait donc ligoté par tous ces organes existants et que leur fabricant n'acceptait de modifier qu'avec beaucoup de réticence.

On a dû, au cours de ces nouvelles études, revenir à l'époque héroïque de l'automobile où aucun accessoire n'existait. Le constructeur devait lui-même étudier et fabriquer jusqu'à son carburateur et ses bougies. Pour être juste, nous devons reconnaître que beaucoup de fabricants d'accessoires ont vu tout l'intérêt de ces études, y ont très utilement collaboré et ont profité intelligemment de cette période 1940-1944.

Une étude absolument complète a été réalisée et les prototypes correspondants ont été construits, essayés et mis au point. Les deux sources d'allègement ont été utilisées. On a admis des principes nouveaux tels que ceux de la carcasse Alpa, des bras d'essieux coulés, etc., et on a recherché l'allègement systématique de tous les organes dits « du commerce ».

C'était, on le conçoit, un énorme travail car, non seulement on bâtissait sur des principes nouveaux avec toutes les précautions et les calculs que la prudence imposait, mais on devait encore, avec ou sans l'aide des spécialistes, étudier l'allègement de tous les accessoires. Les freins, l'embrayage, l'équipement électrique, les accumulateurs, le volant, les sièges, les roues, etc., tous ces organes devaient, au lieu d'être choisis dans un catalogue, faire l'objet d'une étude particulière, d'une construction spéciale et d'essais sérieux avant d'être montés sur le prototype.

Ce labeur de bénédictin, souvent rebutant et fastidieux, a permis d'arriver au résultat désiré. Il a surtout été une merveilleuse gymnastique technique pour les ingénieurs, qui s'étaient soumis à cette rude discipline. Il leur a permis de constater enfin que c'est le constructeur de l'automobile qui doit impérativement diriger les constructeurs des organes et non l'inverse, comme c'était bien souvent la règle.

On pouvait choisir entre les problèmes de la petite, de la moyenne ou de la grosse voiture.

On a commencé par l'étude de la petite voiture — 4 places, pouvant réaliser à pleine charge une vitesse moyenne de 70 km heure sur parcours moyen avec une consommation de moins de cinq litres. On souhaitait ne pas dépasser 400 kilogs.

Ce problème est le moins spectaculaire et le plus ardu.

Une petite 4 places fabriquée avec une bonne technique classique et donnant les performances désirées aurait pesé 650 kgs et consommé 7 l. 1/2 aux 100 km. Les pourcentages d'amélioration qu'on désirait et qu'on a obtenus sont énormes mais les différences, en chiffres, sont beaucoup moins frappantes que sur une voiture plus importante.

Le problème de la petite voiture est plus grand que celui de la moyenne ou grosse voiture. Il y a, en effet, des éléments incompressibles qui sont le gabarit et le confort des passagers. Le gabarit oblige à des sièges et un habitacle presque aussi important que dans les moyennes ou grosses voitures. Le confort interdit de supprimer les organes tels que le démarreur et il en résulte que l'équipement électrique d'une petite voiture est pratiquement aussi lourd que celui d'une voiture plus grosse.

Malgré ces difficultés, le problème posé fut résolu avec un plein succès.

On construisit une vraie 4 places pesant moins de 400 kgs pouvant à pleine charge atteindre 95 km heure et réaliser sur parcours moyen une moyenne de plus de 70 km. avec une consommation de 5 litres.

Le devis de poids, établi en début d'étude, s'élevait à 398 kgs. Le poids officiel du prototype donné par le C. O. A., au cours des essais est de 396 kgs. Cette magnifique précision n'est pas imputable au hasard et elle est toute à l'honneur de l'ingénieur responsable de ce devis.

Les problèmes de la moyenne et de la grosse voiture peuvent être résolus par la même méthode. En supposant réglée la question de l'aérodynamique, qui sera traitée plus loin, une extrapolation sévère donne les résultats suivants :

Voiture moyenne 5 places future (type actuel 11 CV Citroën, 4 places, 4 portes).

Poids 650 kg. au lieu de 1.000 à 1.250.
 Vitesse maximum 135 km./h. au lieu de 110 à 120.
 Vitesse moyenne sur parcours
 moyen 90 km./h. au lieu de 80 km./h.
 avec consommation de 3,5 litres au lieu de 12 à 14 l.

Grosse voiture 6 places future (type actuel 20 CV Hotchkiss.
 6 places, 4 portes).

Poids 850 kg. au lieu de 1.400 à 1.700.
 Vitesse maximum 150 km./h. au lieu de 135.
 Vitesse moyenne sur parcours
 moyen 100 km./h. au lieu de 90 km./h.
 avec une consommation de 11 l. 5 au lieu de 17 à 22 litres.

LE PROBLEME AERODYNAMIQUE

Le problème de l'aérodynamique se pose dès qu'on désire aller vite en conservant des consommations économiques.

Nous avons négligé volontairement ces éléments dans l'étude de la petite voiture. Une petite quatre places roulera plus souvent à 60-70 kilomètres heure qu'à 90 ou 100. Dans la gamme des allures utilisées par cette voiture, la consommation due à la résistance de l'air, sans être négligeable, est beaucoup moins importante que celle due au roulement, c'est-à-dire au poids. De plus, les formes aérodynamiques s'adaptent difficilement à une petite quatre places.

Il est probable qu'après l'éducation du goût du public par les moyennes et les grosses voitures futures, les formes des petites voitures s'amélioreront automatiquement et qu'on diminuera encore, par ce fait, les consommations obtenues.

Mais, répétons-le, compliquer, au départ, le problème de la petite voiture par des recherches aérodynamiques ne « payait » pas.

Il en est tout autrement lorsqu'il s'agit d'engins rapides. La résistance de l'air augmente comme le carré de la vitesse, c'est-à-dire que la puissance demandée au moteur croît comme le cube de la vitesse. Le client érigeant en principe, à tort d'ailleurs, que l'augmentation de la vitesse est le progrès numéro un et l'ingénieur ne pouvant utiliser des moteurs de plus en plus puissants, la question de l'amélioration aérodynamique des formes s'est posée parallèlement à celle de l'allègement.

Historiquement, à l'étranger, les Américains, depuis la Chrysler Airflow, qui n'a pas eu le succès commercial qu'elle méritait, ont amélioré leurs formes. La production américaine de 1939-1940 marchait, sans aucun doute, dans la voie du progrès aérodynamique.

En Europe, une réalisation d'Europe Centrale, la Tatra, est certainement la plus poussée et la mieux réussie. Cette voiture de forme élégante, possède probablement le coefficient de pénétration le plus faible de toute la production mondiale de série.

En France, il y eut quelques essais réalisés par M. Mauboussin,

chez Chenard et Walcker et M. Andreau, chez Peugeot. Mais deux raisons empêchèrent le succès : la première — technique — était que, si le coefficient de pénétration diminuait, le poids augmentait. Il fallait, pour atteindre les grandes vitesses désirées, augmenter la multiplication avec des voitures plus lourdes, ce qui faisait disparaître les qualités de reprise et de souplesse. Puis une deuxième, d'ordre commercial, venait du fait que le public n'était pas mûr pour accepter ces nouvelles formes.

En somme, depuis 1934, date de l'apparition de la Citroën à traction avant, dont la ligne est loin d'être démodée, on n'a fait aucun progrès dans le sens aérodynamique.

Nous ne parlons pas des ailes « aérodynamiques » des phares et lanternes « aérodynamiques » voire même des poignées « aérodynamiques » qui sont autant de crimes techniques. On s'est emparé du terme « aérodynamique » dont l'aspect scientifique a enchanté le public et on a mis à la mode une sorte de forme étirée que certains dessinateurs adroits ont généralisée et qui est devenue la forme « aérodynamique ». On oubliait simplement que l'aérodynamique est une science exacte, qu'on mesure un coefficient de pénétration avec une précision qui, sans atteindre celle d'un poids ou d'une vitesse est appréciable et qu'enfin il aurait fallu non des artistes mais des Michel-Ange pour dessiner ces nouvelles formes sans l'aide du laboratoire.

Avec l'appui technique de la Société Rateau, nous avons entrepris l'étude approfondie de l'amélioration aérodynamique des formes des automobiles. Ces recherches sont en cours. (1)

Sans rentrer dans les détails, nous pouvons énoncer, comme acquis, les résultats suivants :

— 1° Il existe un « cahier des charges » invariable pour une carrosserie automobile constitué par : l'habitabilité — l'accessibilité (moteurs-roues) — la visibilité (pare-brise et glaces latérales) et enfin la longueur de l'arrière (qui ne doit pas être exagérée).

Ceci posé, il existe une ligne aérodynamique et une seule.

Si les Services Commerciaux, croyant plaire à la clientèle, veulent ensuite bomber, grossir, gonfler, tordre, en s'écartant de cette ligne optimum, ce sera au détriment de la consommation d'essence.

Si une discussion s'élève pour savoir si une ligne est préférable à une autre, elle sera tranchée par un passage de maquette au tunnel.

Les lignes aérodynamiques, respectant habilement le « cahier des charges » sont belles et le public les acceptera très vite. Comme le profil d'une statue grecque est toujours admirable, parce qu'il correspond à une perfection anatomique, la forme d'une voiture dessinée selon la loi aérodynamique restera belle et bonne. Seuls des changements mécaniques de structure pourront, à l'avenir, les modifier.

Il y aura donc, à l'avenir, un critérium objectif de l'excellence des lignes de carrosserie. Nous serons ainsi délivrés du goût de certaines personnes que beaucoup d'assurance et une large publicité auront fait prendre au public pour le « bon goût ».

— 2° L'influence des formes arrière est nettement plus importante

(1) Ce texte a été écrit, rappelons le, en 1944 (Note de l'éditeur).

que celle des formes avant sur les qualités « aérodynamiques » d'une carrosserie. (1)

— 3° Nous avons passé comparativement au tunnel des maquettes de voitures de lignes classiques et de lignes aérodynamiques. Dans les deux cas il existe à l'arrière des « zones de retour » dans lesquelles les vitesses de l'air sont négatives. Dans le type aérodynamique, cette zone est sensiblement symétrique, par rapport au plan de symétrie de la voiture. Dans le type classique, au contraire, il existe deux zones, de part et d'autre de ce plan de symétrie, de surfaces inégales, cette disposition étant instable et pouvant s'intervertir sans causes apparentes. Alors que la maquette aérodynamique possède une grande stabilité dans le vent, la maquette classique s'est montrée, de ce fait instable et elle a même occasionné, systématiquement, d'importantes vibrations. On peut pratiquement traduire ce phénomène : la voiture de forme classique est freinée dissymétriquement par les remous arrière et le conducteur doit, en la dirigeant, la redresser constamment sur la route. La voiture de forme aérodynamique ne présente pas cette désavantageuse particularité. Elle tiendra mieux la route que la voiture de forme classique. (2)

— 4° Il ressort des premières mesures prises, qu'on peut, en utilisant des formes très acceptables, réduire approximativement le C_x dans la proportion de 75 à 38. On réduirait donc, à vitesse constante, la puissance et la consommation correspondant à la résistance de l'air, à la moitié.

Tout ce qui précède se rapporte à l'air qui reste à l'extérieur de la voiture. Qu'en est-il de l'air qui pénètre sous le capot pour traverser le radiateur et s'échapper tant bien que mal ensuite ? Si on constate que la résistance de cet air est peut-être le quart ou le cinquième de la résistance totale, il faut admettre que cette question est d'importance et ne doit, sous aucun prétexte, être négligée comme elle l'a été jusqu'ici même dans des réalisations à prétentions aérodynamiques.

Il est évidemment difficile d'effectuer des mesures comparatives. Mais en prenant les précautions voulues, en canalisant l'air d'entrée dans des conduits de formes adéquates, en plaçant convenablement le ou les radiateurs, en prévoyant enfin des canalisations convenables de sortie, on pourra certainement diminuer cette résistance de moitié. (3)

C'est là une amélioration appréciable qui viendra s'ajouter à celle qu'on obtiendra par la modification des formes extérieures.

Ces premiers résultats, extrêmement nets, nous ont confirmé toute l'importance des questions aérodynamiques dans l'établissement d'une voiture moderne rapide. Nous continuons donc à pousser ces recherches à fond avant de terminer l'étude définitive et la réalisation des prototypes de la voiture rapide L.

(1) Je suis actuellement beaucoup moins affirmatif, sur ce point qu'en 1944.

(2) L'expérience a nettement confirmé cette affirmation qui, pourtant, pouvait paraître paradoxale.

(3) Cette affirmation s'est trouvée également nettement confirmée par l'expérience comme il sera expliqué plus loin.

LA VOITURE TYPE L

Le problème de la petite voiture résolu, ceux de la moyenne et de la grosse voiture restent posés.

Nous avons été tout d'abord attirés par le problème de la grosse voiture et nous avons étudié de façon assez poussée ce véhicule que nous avons baptisé type L.

Evidemment, la voiture moyenne que nous avons appelée type M est d'une diffusion beaucoup plus large. Il paraîtrait donc plus logique de réaliser le type M avant le type L.

Mais le problème de la grosse voiture, plus lourde et plus rapide, présente certainement des difficultés plus sévères que celui de la moyenne voiture. Si l'étude du type L est réussie, on est certain de réaliser très rapidement un type intermédiaire avec une certitude de succès mathématique.

Les calculs du type L et son étude poussée présentent donc un intérêt de premier ordre pour l'étude et la réalisation du type M.

Ce type L, conçu sous le double signe de la légèreté et de l'aérodynamisme ne comprendra que des solutions maintenant classiques :

— Traction avant avec roues indépendantes à suspension à flexibilité variable.

— Roues AR indépendantes, à suspension à flexibilité variable par bras coulés en alliage léger.

— Direction à crémaillère.

— Carcasse coulée dont la fameuse rigidité sera poussée à ses extrêmes limites.

— Freinage hydraulique sur roues tambours coulés et jantes amovibles.

— Carrosserie conduite intérieure 4 portes, 6 places sur deux banquettes extrêmement confortables.

Bloc moteur.

Nous avons essayé de conserver à tout prix l'emplacement des organes de la petite voiture A. F. Grégoire, c'est-à-dire en partant de l'avant : moteur, pont et boîte. Cette disposition, inverse de la disposition classique, présente l'avantage de raccourcir considérablement le véhicule. Ainsi réalisé, le type L aurait un empattement de 2 m. 70, alors que la 11 CV légère Citroën a un empattement de 2 m. 90, que la 11 Citroën familiale a un empattement de 3 m. 10 et que toutes les grosses voitures actuelles comparables ont des empattements compris entre 3 m. et 3 m. 30.

La diminution de l'empattement procure un précieux allègement. Le moteur en porte-à-faux devant l'essieu avant augmente le poids relatif sur cet essieu, ce qui améliore la tenue de route comme l'expérience l'a prouvé.

Moteur.

Dans cette disposition, le moteur à plat et à 4 cylindres opposés est seul possible.

On envisagerait donc de perdre le bénéfice de la douceur de marche d'un six ou d'un huit cylindres pour équiper une voiture

qu'on désire aussi souple et aussi silencieuse que la meilleure voiture étrangère ?

Cette question mérite d'être discutée à fond.

Si l'on ne trouvait tous apaisements à cette objection de base, il faudrait reconsidérer le problème de la structure du type L. On n'adopterait alors ce type de moteur et cette disposition que pour la voiture moyenne qui admet, sans aucun doute, le quatre cylindres.

Considérons les points de vue du silence, de la souplesse et de la douceur du moteur à quatre cylindres opposés.

— Silence. — Le rapprochement des explosions procure un bruit plus continu et plus agréable. Si le deux cylindres fonctionne avec une explosion par tour, le quatre cylindres le fait avec deux et le huit avec quatre. Il y aura donc toujours intérêt, à ce point de vue, à augmenter le nombre de cylindres. Mais en assourdissant l'explosion à l'extrême limite — et on sait le faire — on arrivera à obtenir de très bons résultats comme l'expérience difficile du 2 cylindres AF l'a prouvé.

Quant aux bruits de distribution, de piston et de commande de soupapes, la balance penche en faveur du quatre cylindres, puisque si la distribution est la même, il y a moins de pistons et de soupapes. On connaît d'ailleurs maintenant les précautions à prendre pour obtenir des moteurs aussi silencieux que les meilleurs moteurs américains.

— Souplesse et douceur. — En augmentant le nombre d'impulsions par tour, on a tendance, évidemment, à augmenter la souplesse. Mais en calculant judicieusement le volant, on peut compenser la diminution du nombre de cylindres. La souplesse est également une question de carburation. Quoique le quatre cylindres opposés soit plus difficile à alimenter que le quatre cylindres en ligne, il est possible d'arriver à d'aussi bons résultats qu'avec certains 6 ou 8 cylindres.

Le quatre cylindres n'est pas mal placé en ce qui concerne la douceur, c'est-à-dire la suppression des vibrations. Les vibrations ont trois causes : les forces centrifuges, les forces alternatives et les torsions alternatives du vilebrequin.

— a) Forces centrifuges. — Les forces centrifuges forment à chaque groupe de manetons extrêmes, deux couples égaux et opposés qui s'annulent. Le quatre cylindres, qu'ils soient en ligne ou opposés, se place donc parfaitement sur ce point. Mais afin d'éviter des fatigues inutiles au vilebrequin et aux paliers du type L, les forces centrifuges seront équilibrées par des contrepoids.

b) Forces alternatives. — Ces forces, dues aux masses du pied de bielle et du piston en mouvement, composent des couples alternatifs pour chaque groupe de deux manetons extrêmes. Si ces couples s'annulent exactement dans un quatre cylindres en ligne, ils sont de sens opposés, mais pas de valeurs rigoureusement égales dans un quatre cylindres opposés. Ces deux couples alternatifs qui, par bonheur, restent dans un plan horizontal, se composent en un couple alternatif plus faible et situé également dans ce plan horizontal. Or, les dispositifs de suspension élastique de moteur absorbent particulièrement bien les efforts dirigés dans des plans horizontaux.

On pourrait tenter et on tentera probablement d'équilibrer sur

chaque maneton ces forces alternatives. Mais il faudra procéder avec une grande prudence, car on transformerait ces couples horizontaux en couples plus faibles mais situés dans des plans verticaux.

Il y a là un point délicat qu'on devra surveiller aussi bien à l'étude qu'aux essais.

Et les efforts ainsi dirigés sont plus désagréables et plus difficiles à maîtriser que les efforts dirigés dans le plan horizontal.

Un élément très favorable est l'expérience du 2 cylindres. Sur ce moteur, le couple alternatif n'est pas équilibré par un autre couple et il doit être entièrement absorbé par les dispositifs de suspension élastique. Les essais du moteur AF ont montré qu'avec certaines précautions, on supprimait complètement l'effet des vibrations dues au couple alternatif.

c) **Torsions alternatives du vilebrequin.** — Ces torsions du vilebrequin sont d'autant plus importantes que le vilebrequin est plus long. Or, le quatre cylindres opposés permet d'utiliser le vilebrequin le plus court. Ainsi, on pourra arriver, en calculant largement les dimensions du vilebrequin, à obtenir une pièce pratiquement indéformable.

Nous prévoyons d'ailleurs un damper de façon à éliminer les trash qui pourraient se produire.

On constate donc, en conclusion, que s'il est nécessaire de prendre dans l'étude du moteur L de très grandes précautions, on ne se trouve pas, au départ, en face d'obstacles insurmontables. Nous avouons surtout que notre confiance est basée sur l'expérience du deux cylindres A. F. Nous avons, après deux années de mise au point transformé un moteur bruyant qui pilonnait et vibrail, en un moteur souple, aussi doux et aussi silencieux, il faut le reconnaître, qu'un quatre cylindres à eau de même cylindrée. Et pourtant, le moteur AF supporte le lourd handicap d'être à refroidissement par air.

Par ailleurs, les Américains nous ont prouvé, avec le Plymouth, de Chrysler, avant la guerre, qu'on pouvait réaliser un quatre cylindres remarquablement souple et silencieux.

Enfin, l'agrément d'un moteur quelconque dépend de la puissance relative qu'on lui demande et du carburant qu'il emploie. Si on pousse un moteur, il perd sa souplesse, il devient brutal, bruyant, il pilonne.

Avec des carburants genre Esso d'avant guerre à 78 d'octane, on pouvait demander au litre de cylindrée une puissance maximum comprise entre 30 et 35 CV en conservant ces qualités d'utilisation. Puisque la cylindrée maximum d'un quatre cylindres agréable de tourisme paraît être 2 litres 500 environ, on pourrait tabler avec les carburants d'avant guerre, sur une puissance totale comprise entre 75 et 90 CV qui, comme on le verra plus loin, permettra au type L d'atteindre 140 à 150 km/heure.

Mais les renseignements qui nous sont parvenus d'Amérique nous indiquent que les carburants d'après guerre auront fait de considérables progrès et que les indices d'octane courants pourront atteindre 80 et même 90. (1) A titre documentaire, l'essence actuelle de l'Armée Américaine possède un indice d'octane de 80.

(1) Ces prévisions ne se sont pas encore, hélas, réalisées ! L'essence actuelle en France est à 65 d'octane ; elle passera seulement à 70, ce qui est encore très médiocre, à partir de 1950.

Dans ces conditions, le moteur pourra donner et même dépasser la puissance nécessaire avec une grande douceur de fonctionnement.

Une dernière possibilité, que nous laisserons de côté jusqu'à mise au point complète, est la carburation par injection qui augmente notablement, paraît-il, la souplesse et la douceur de fonctionnement.

Refroidissement par air ou par eau.

Malgré les séduisants avantages du refroidissement par air, nous avons jugé plus prudent d'employer le refroidissement par eau. Un moteur puissant oblige à l'élimination de nombreuses calories, il nécessiterait probablement une circulation d'air forcée et une turbine, toujours bruyante.

Enfin, le moteur refroidi à l'air est fatalement moins silencieux par lui-même que le moteur refroidi à l'eau.

Boîte de vitesse et différentiel.

La clientèle demande, surtout dans une grosse voiture de luxe, des changements de vitesse faciles et quasi-automatiques. Il n'existe pas, à notre connaissance, de changements de vitesse automatiques de réalisation mécanique. Par ailleurs, nous ne sommes pas partisans des variateurs de couple hydraulique dont le mauvais rendement est la pierre d'achoppement.

Le changement de vitesse absolument automatique ne serait pas souhaitable. Il donnerait une conduite standard au véhicule, qui ne conviendrait ni à tous les âges ni à toutes les circonstances. C'est ainsi qu'un jeune homme ou un homme pressé ne souhaitent pas la marche d'une automobile que désire un vieillard ou un touriste non-chalant. La seule position de l'accélérateur ne suffira jamais à établir la différence.

Puisque la mode exige qu'on sacrifie la boîte de vitesses mécanique classique qui se présente si bien dans cette disposition de bloc moteur, aussi bien au point de vue de simplicité que robustesse et légèreté, il ne reste qu'une solution : la boîte électrique Cotal.

La boîte Cotal a demandé une longue mise au point pour obtenir la sécurité de marche et de silence. Il semble qu'actuellement ces questions soient résolues.

Pour adapter le système Cotal à ce bloc moteur, il faut une boîte spéciale qui renvoie le mouvement vers l'arrière et une transmission à vis et couronne. Cet ensemble, quoique un peu lourd et compliqué, est réalisable et doit fonctionner.

Nous avons étudié en 1935 un tel ensemble pour une 14 CV Chenard à traction avant qui est sortie en petite série et a donné satisfaction.

Si on désire, par la suite, une plus grande douceur de fonctionnement dans la transmission, il sera possible de remplacer l'embrayage mécanique par un embrayage hydraulique — système fonctionnant parfaitement.

Après examen approfondi des différents aspects de la question, nous nous sommes donc arrêtés au bloc moteur disposé comme sur la voiture AF, c'est-à-dire à partir de l'avant, moteur, pont et boîte.

Le moteur sera un quatre cylindres opposés à refroidissement par

eau d'une cylindrée de 2 l. 500 environ et pouvant donner une puissance maximum de 80 à 90 CV.

Embrayage mécanique pouvant éventuellement être remplacé par un embrayage hydraulique.

Différentiel avec transmission par vis sans fin et couronne. La vis est percée pour permettre le passage de l'arbre moteur jusqu'à la boîte.

Boîte Cotal spéciale pour traction avant : la 3^e donne la prise directe et la 4^e fonctionne en surmultipliée.

Un devis assez approché nous indique un poids de 850 kgs.

PERFORMANCE DE LA VOITURE TYPE L

Nous avons donc, après mûres réflexions, déterminé les organes et l'architecture de la voiture type L. Que pouvons-nous, avec la puissance dont nous disposerons, espérer atteindre comme vitesse maximum et quelle sera la consommation ?

Nous avons vu que le poids de cette voiture sera de 850 kilogs à vide environ et que son Cx maximum sera de 0,45 environ alors que le Cx des voitures comparables d'avant guerre (et probablement de l'immédiat après guerre) est de 0,75.

On prendra une charge de 450 kgs correspondant à cinq passagers de 70 kgs et à 100 kgs d'essence et de bagages. Cette charge pourra évidemment être dépassée mais elle laisse aux occupants un grand confort et il n'est pas logique de baser des calculs sur un maximum de poids qui ne sera que rarement atteint.

Vitesse maximum.

Comme nous ne connaissons pas exactement la puissance que développera le futur moteur, nous avons calculé les puissances nécessaires pour que le type L atteigne 42 m/seconde, soit 151 km/heure et 40 m/seconde, soit 144 km/heure.

Nous additionnerons dans chaque cas la puissance nécessaire en chevaux pour vaincre la résistance de l'air, donnée par la formule :

$$P(RA) = \frac{100 C_x S V^3}{1600 \times 75 \times 0,9}$$

S, étant le maître couple en mètres carrés (2 m² pour le type L et une voiture actuelle de gabarit comparable).

V, la vitesse en mètres/seconde.

0,9 étant admis comme rendement mécanique de la transmission, et la puissance nécessaire en chevaux pour vaincre la résistance au roulement.

$$P(RR) = \frac{K P V}{75 \times 0,9}$$

K, étant le coefficient de résistance au roulement selon la vitesse (nous avons admis 35 kgs à la tonne à 150 km/heure environ).

P. le poids de la voiture en tonnes.
V. la vitesse en mètres/secondes.
 0,9 étant admis comme rendement mécanique de la transmission.

à 151 km.-heure, il faut :

$$P(\text{RA } 151) = \frac{100 \times 0,45 \times 2,1 \times 42^3}{1600 \times 75 \times 0,9} = 64,8 \text{ CV}$$

$$P(\text{RR } 151) = \frac{35 \times 1,3 \times 42}{75 \times 0,9} = 28,3 \text{ CV}$$

TOTAL : 93,1 CV

à 144 km.-heure il faut :

$$P(\text{RA } 144) = \frac{100 \times 0,45 \times 2,1 \times 40^3}{1600 \times 75 \times 0,9} = 56 \text{ CV}$$

$$P(\text{RR } 144) = \frac{35 \times 1,3 \times 40}{75 \times 0,9} = 26,9 \text{ CV}$$

TOTAL : 82,9 CV

On peut donc conclure qu'il faudra de 80 à 90 CV au type L chargé à 450 kgs pour arriver à des vitesses de 145 à 150 km/heure. C'est précisément la puissance que nous pensons pouvoir atteindre avec un moteur de 2 l. 500 conçu selon une technique classique, utilisant de bons carburants d'avant guerre et conservant une grande douceur de marche.

A titre documentaire, le moteur 4 cylindres Hotchkiss de 2 l. 300 d'avant guerre, excellent, quoique un peu brutal, développait 75 CV.

Consommation.

Il nous a paru illogique de parler de façon absolue de la consommation d'une voiture, puisque celle-ci dépend essentiellement de la vitesse.

Nous ne pouvons nous empêcher de nous souvenir de l'histoire du cantonnier taciturne continuant à casser ses cailloux malgré les questions réitérées d'un piéton qui voulait savoir combien de temps il lui fallait pour atteindre la ville voisine. Le quidam, excédé, s'éloignait lorsque le cantonnier lui cria : « Une heure et quart ! » — « Pourquoi ne pas m'avoir répondu plus tôt ? Je croyais que vous étiez sourd. » — « Parce que je ne savais pas à quelle allure vous marchiez ! »

Malgré l'absence de données précises, on n'a jamais pu empêcher et on n'empêchera jamais la clientèle de parler de consommation d'une voiture. C'est en général le nombre de litres d'essence consommés, divisé par le chiffre, faux en général, qu'indique le totalisateur. De plus, il faut faire intervenir, en général, un coefficient de réduction proportionnel à l'enthousiasme du client.

Tous les constructeurs se sont donc vus dans l'obligation d'indiquer dans leurs catalogues un chiffre de consommation qui ne correspond évidemment qu'à une vitesse bien déterminée de leur véhicule.

M. Angeli, du C.O.A., nous a proposé une règle qui nous paraît correspondre aux résultats moyens gravés dans l'esprit du public. On définira consommation celle qui correspond à une vitesse sur base égale à 80 % de la vitesse maximum. En faisant quelques sondages sur des voitures bien connues, on arrive aux chiffres qu'on a coutume d'admettre.

Evidemment, ceci ne reste vrai que pour des voitures n'ayant pas une vitesse de pointe élevée.

Dans le cas présent, puisque nous voulons simplement comparer la consommation du type L à celle d'une voiture analogue d'avant guerre, nous admettrons que la vitesse maximum est de 135 km. 80 % donnent une vitesse de 108 km/heure, soit 30 m./seconde.

Nous allons donc comparer les consommations du type L, chargé à 450 kilogs avec celle d'une grosse voiture d'avant guerre, chargée également à 450 kilogs. Ces deux voitures roulant à 108 km/heure sur base.

Voiture L.

A 108 km/heure, soit 30 m/seconde, le moteur doit développer une puissance de :

$$P \text{ (RA 108)} = \frac{100 \times 0,45 \times 2,1 \times \overline{30^3}}{1600 \times 75 \times 0,9} = 23,6 \text{ CV}$$

$$P \text{ (RR 108)} = \frac{24 \times 1,3 \times 30}{75 \times 0,9} = 13,8 \text{ CV en}$$

prenant un coefficient de résistance de 24 kgs à la tonne pour cette vitesse de 108 km/heure.

TOTAL 37,4 CV

Voiture X.

, Grosse voiture 6 places d'avant guerre. Nous admettons un poids à vide de 1.450 kgs (c'est vraiment un minimum) qui, avec la même charge de 450 kgs donnera un poids total de 1.900 kgs — un Cx de 0,75 — le même maître couple de 2 m. 21 que le type L et un rendement mécanique de 0,9. La puissance nécessaire au moteur pour que cette voiture atteigne 108 km/heure est de :

$$P \text{ (RA 108)} = \frac{100 \times 0,75 \times 2,1 \times \overline{30^3}}{1600 \times 75 \times 0,9} = 39,3 \text{ CV}$$

$$P \text{ (RR 108)} = \frac{24 \times 1,9 \times 30}{75} = 20,2 \text{ CV}$$

TOTAL 59,5 CV

Il faut donc, pour que la voiture X atteigne 108 km heure, 60 CV environ, alors qu'il suffit de 38 environ à la voiture L.

Pour traduire ces puissances en consommation d'essence, aux 100 km., nous admettrons une consommation moyenne des moteurs des voitures X et L de 240 gr. au cheval/heure et une densité d'essence de 0,7.

Les consommations respectives se traduisent par 19 litres aux 100 pour la voiture X et 11 litres 800 aux 100 pour la voiture L.

Remarquons, tout d'abord, que la consommation de 19 litres aux 100 de la voiture X correspond assez bien au chiffre moyen admis par la clientèle. Une grosse voiture rapide d'avant guerre, chargée à cinq personnes et marchant à bonne allure consommait de 17 à 22 litres aux 100. C'est une confirmation de la règle de M. Angeli.

De sorte que la consommation du type L, qu'on pourrait annoncer dans les mêmes conditions, serait de 11 à 12 litres aux 100.

Cette réduction de consommation de 19 litres à moins de 12 litres est d'un pourcentage analogue à celle obtenue entre la voiture AF et une voiture classique comparable. Mais l'économie brute est beaucoup plus importante.

Le résultat, comme nous le prévoyions, est infiniment plus spectaculaire.

La consommation de la voiture la plus spacieuse et la plus rapide du marché serait inférieure à celle d'une 10 CV d'avant guerre (402 Peugeot, 11 CV Citroën, Primaquatre Renault) (1).

Quel programme pour un Directeur commercial !

Nervosité.

Il existe, en plus d'une grande vitesse et d'un fonctionnement économique, une caractéristique particulièrement appréciable dans une voiture.

C'est la qualité de reprises, l'aptitude à monter les côtes : ce qu'on peut appeler la nervosité.

Si on trace, sur un même graphique, la courbe des résistances dues à l'air et au roulement et la courbe des puissances à la jante, l'excédent de puissance détermine l'accélération. On pourrait même calculer cette accélération en n'oubliant pas que l'effort d'impulsion est mis en œuvre par la force de frottement de la roue sur le sol et que celle-ci est égale au produit du poids par le coefficient de frottement. Si l'effort à la jante dépasse la force de frottement, la roue patine.

Cette méthode est un peu théorique.

Il existe un critérium que nous pouvons appeler le « coefficient de nervosité » d'une voiture et qui peut permettre d'utiles comparaisons : c'est le quotient du poids du véhicule à vide en kilogs par la puissance maximum du moteur en chevaux. L'accélération ne dépendra pas uniquement de ce coefficient puisque la démultiplication ainsi que la résistance de l'air sont de ses facteurs capitaux, mais il donnera un précieux renseignement.

Les chiffres que nous donnons ci-après, sont approximatifs mais voisins de la vérité.

(1) Cette perspective a été réalisée avec une parfaite netteté.

Une bonne voiture d'avant guerre, telle que la 11 CV Citroën disposait de 50 CV pour un poids à vide de 1.100 kgs. Son coefficient est donc de 22 kgs au cheval.

Une Chrysler Impérial 8 cylindres de 1939, voiture extrêmement brillante que nous avons eu longuement l'occasion de piloter, disposait de 110 CV pour 1.700 kilogs, soit un coefficient de 15,4 kgs au cheval.

On constate immédiatement que ce coefficient a fait depuis dix ans de gros progrès.

Nous avons établi en 1929, aux 24 heures du Mans et conservé pendant cinq ou six ans le record de la catégorie 1.000 cc. avec une Tracta à près de 90 km. de moyenne. Cette voiture pesait 700 kilogs (!!!) et son moteur donnait 35 CV, soit un coefficient de 20 kgs au cheval.

Voici quelques coefficients de grosses voitures rapides d'avant guerre :

— La 20 CV Hotchkiss pesait 1.650 kgs pour 95 CV, soit 17,3 kilogs-cheval.

— La 6 cylindres Delage pesait 1.550 kgs pour 105 CV, soit 14,8 kilogs-cheval.

— La Viva Gd Sport Renault pesait 1.600 kgs pour 90 CV, soit 17,7 kilogs-cheval.

— La Packard type 120 pesait 1.680 kgs pour 120 CV, soit 14 kilogs-cheval.

— La Buick type 40 pesait 1.680 kgs pour 107 CV, soit 15,7 kilogs-cheval.

La voiture la plus brillante sur le marché d'avant guerre était la Buick Century qui pesait 1.680 kilogs pour 141 CV, soit 12 kgs au cheval. Sa tenue de route ne correspondait pas, d'ailleurs, à ce coefficient de nervosité et cette voiture était dangereuse.

Les voitures moyennes d'avant guerre avaient donc atteint le coefficient de nervosité d'une petite voiture de compétition de 1930 et les grosses voitures l'avaient amélioré.

Ceci montre, en passant, l'utilité des épreuves automobiles.

Nous ne nous occuperons pas des voitures de course pure d'avant guerre, telles que la Mercedes et l'Auto-Union. Seule l'adhérence au sol limite la puissance de ces monstres mécaniques.

Mais prenons la plus brillante des voitures « de tourisme » ayant participé aux 24 heures du Mans, au cours de ces dernières années : le 3 litres Bugatti qui possède le record du monde des 24 heures sur route. Cette voiture pesait 950 kgs pour une puissance de 145 CV, ce qui donne un coefficient de 6,5 kgs au cheval.

Comment la voiture L se place-t-elle dans ce classement ?

Munie d'un moteur pouvant fournir 90 CV et pesant 850 kgs, elle aura un coefficient de 9,4 au cheval.

C'est dire qu'elle se rapproche de la Bugatti du record et qu'elle sera, dans tous les cas, beaucoup plus nerveuse que la plus brillante voiture américaine d'avant guerre (Buick Century). Elle aura des reprises et une aptitude à monter les côtes qu'on ne pouvait trouver jusqu'ici que dans les voitures de compétition.

Ceci sera d'autant plus net qu'à maître couple équivalent, elle aura un Cx bien inférieur à celui d'une voiture classique et par conséquent une résistance à l'air plus faible. L'accélération sera, par conséquent, à coefficient de nervosité égal, nettement plus élevée.

LA VOITURE MOYENNE (Type M)

L'étude poussée du type L nous permet d'obtenir facilement des précisions sur la future voiture de moyenne puissance que nous baptiserons type M. Elle serait de la catégorie 11 CV Citroën, 402 Peugeot et Primaquatre Renault.

Le type M est une voiture conduite intérieure 4-5 places, 4 portes, d'une voie de 1 m. 30 et d'un empattement de 2 m. 45. Son poids à vide est de 650 kgs. Il aura une carrosserie homothétique de celle du type L.

Il a exactement les mêmes dispositions d'organes que le type L, sauf peut-être la boîte de vitesses qui redeviendrait du genre classique à engrenages (boîte AF avec 2^e, 3^e et surmultipliée silencieuses). Cette solution est, en effet, plus légère, moins coûteuse et soulage l'équipement électrique.

Le moteur est un 4 cylindres, double flat twin, d'une cylindrée de 1.500 cc., suffisante pour obtenir les 50 CV dont nous avons besoin pour atteindre 135 km. à l'heure.

Calculons, en effet, la puissance nécessaire pour y arriver et la consommation d'après la règle Angeli :

Nous avons :

Poids à vide : 650 kgs.

Charge utile : 350 kgs (4 passagers à 70 kgs et 70 kgs essence et bagages).

Poids total : 1.000 kgs.

Maître couple 1,5 m² — Cx = 0,45 comme pour le type L.

Vitesse maximum : 37 m/seconde, soit 133 km/heure ; à cette vitesse k = 29.

Vitesse pour consommation (règle Angeli) : 28 m/seconde, soit 100 km. K = 18.

Puissance nécessaire du moteur :

$$P(RA) = \frac{100 Cx S V^3}{1600 \times 75 \times 0,9} = \frac{100 \times 0,45 \times 1,5 \times 37^3}{1600 \times 75 \times 0,9} = 31,4 \text{ CV}$$

$$P(RR) = \frac{K P V}{75 \times 0,9} = \frac{29 \times 1 \times 37}{75 \times 0,9} = 19,8 \text{ CV}$$

Soit au total 51 CV environ.

La consommation, par la règle Angeli, dans les conditions des voitures moyennes actuelles peut être calculée en prenant 100 km. à l'heure comme vitesse sur base.

On a :

$$P(RA) = \frac{100 Cx S V^3}{1000 \times 75 \times 0,9} = \frac{100 \times 0,45 \times 1,5 \times 28^3}{1600 \times 75 \times 0,9} = 13,7 \text{ CV}$$

$$P(RR) = \frac{K P V}{75 \times 0,9} = \frac{18 \times 1 \times 28}{75 \times 0,9} = 7,4 \text{ CV}$$

En tablant sur une consommation spécifique de 240 gr. au cheval-heure, on arrive à une consommation de 7 litres 200 aux 100 km.

On en conclut que le type M consommera 7 à 8 litres alors que la voiture moyenne actuelle consomme 11 à 12 litres dans les mêmes conditions d'utilisation.

Le coefficient de nervosité de cette voiture est de $\frac{650}{50}$ soit

13 kgs au cheval. Sans être formidable, comme celui du type L, il est voisin de celui de la plus brillante voiture américaine d'avant guerre (Buick Century).

Cette future voiture moyenne, qui atteindra 135 km. à l'heure avec des reprises supérieures à celles des meilleures voitures américaines, extrêmement silencieuse, tenant admirablement la route, avec une suspension confortable, grâce à la traction avant et à la suspension à flexibilité variable, représente un programme du plus haut intérêt.

Il pourra être réalisé dans les délais les plus brefs lorsque le type M aura été mis au point.

PERSPECTIVES FUTURES DES TYPES L ET M

Il est indiscutable que l'industrie française ne pourra plus jamais lutter à l'avenir avec la production américaine sur son propre terrain. Les séries les plus importantes sont de deux cents voitures par jour en France contre cinq à six mille aux U. S. A.

Les voitures américaines seront donc toujours plus parfaitement fabriquées que les voitures françaises parce qu'elles bénéficieront d'un outillage beaucoup plus coûteux et perfectionné. Elles seront, pour la même raison, infiniment moins chères.

Devons-nous donc admettre, en France, de supprimer notre industrie automobile qui fut, pendant de longues années, la première au monde, pour acheter à l'étranger des voitures meilleures et moins chères.

La seule planche de salut est que la France prenne sur l'étranger une large avance technique et qu'elle fabrique non des voitures du type américain ou d'avant guerre, mais des voitures nouvelles. La traction avant Citroën fournit une preuve éclatante de cette affirmation. C'est, en effet, le seul type qu'on puisse fabriquer après guerre avec des chances encore durables de succès. Or, cette voiture est sortie en 1934.

Les types L et M, considérés sous cet angle, prennent un intérêt encore plus grand. Ils ne comportent aucun risque technique. S'ils sont lancés après une étude consciencieuse et une très sérieuse mise au point, ils peuvent tenir le marché, avec un plein succès, pendant une longue période.

CONCLUSION

On pouvait honnêtement nous taxer de témérité lorsque nous prétendions réaliser une voiture à 4 places pesant 400 kilogs, silencieuse, atteignant 95 km. à l'heure, tenant bien la route, malgré une bonne suspension et consommant 4 à 5 litres aux 100.

Cette voiture a été réalisée. Les performances désirées ont été atteintes et contrôlées officiellement.

Dans ces conditions, les problèmes de la grosse voiture type L ou de la moyenne voiture peuvent être résolus sans aléas. En particulier, les performances des types L et M, qui ont été indiquées plus haut, ne ressortissent ni du domaine du bluff, ni de celui de la fantaisie. Elles seront réalisées mathématiquement.

Le poids ? — *Celui de la voiture AF est une garantie. On a d'ailleurs constaté qu'il était possible d'établir des devis de poids très précis.*

Le Cx ? — *Les mesures du tunnel, si elles ne donnent pas des résultats exacts en valeur absolue, indiquent par contre, avec précision, les rapports. Nous avons obtenu le Cx du type L en nous basant sur celui, bien connu, des voitures de forme classique, et en utilisant seulement ces rapports.*

La vitesse maximum ? — *Les calculs montrent qu'on pourra atteindre 145 à 150 km/heure.*

La douceur de marche. — *Nous sommes arrivés à faire fonctionner avec silence et douceur un deux cylindres à air. Le problème est infiniment plus facile avec un quatre cylindres à eau et les résultats devraient être, en prenant toutes les précautions, excellents.*

Si nous n'arrivons pas, malgré tous nos efforts, à atteindre dans cet ordre d'idées la classe internationale, nous sommes certains de ne pas être désavantagés par rapport à la construction française et même européenne. Et il reste toujours la ressource de lancer la voiture moyenne.

Une bonne suspension et une bonne tenue de route. — *Problème difficile pour une voiture extrêmement légère ou extrêmement rapide, il a été résolu très élégamment dans la voiture A. F. par la suspension à flexibilité variable. Ce système sera appliqué dans le type L aussi bien à l'avant qu'à l'arrière.*

La suspension arrière sera munie d'un compensateur d'un nouveau système, dont l'action pourra être exactement calculée et réglée.

De plus, les qualités de rigidité qu'on peut obtenir de la carrosserie Alpac seront utilisées au maximum.

Aucune objection ne s'oppose donc, en principe, à la réalisation des types L et M, capables des performances que nous nous sommes fixés et qui paraissent, à première vue, quelque peu extraordinaires.

Le présent rapport a été rédigé après l'étude complète de la voiture et des différents organes.

Il n'était toutefois pas inutile.

Au cours de l'élaboration d'une nouvelle voiture, on doit procéder, pour chaque organe, à un choix minutieux entre les différen-

tes solutions. La décision prise, on trace l'organe sur le papier en faisant cadrer avec tous les organes voisins.

Lorsque la voiture est complètement dessinée, on devrait recommencer un nouvel examen critique, général celui-là, chaque organe étant alors considéré comme partie d'un ensemble.

Ceci fait, si l'esprit ne continue à voir dans ce travail qu'un agrégat d'organes habilement conçus et dessinés, le but n'est pas atteint. L'ingénieur doit sentir, dans son projet, jaillir l'étincelle de la vie. Son œuvre, alors, a des chances de réussir.

Habituellement, on lance en fabrication les différents organes avant même que l'étude complète soit terminée. On réalise des mécaniques peu homogènes. L'espace est mal utilisé, les emplacements sont trop vastes ou trop étriqués, les facilités de démontage, l'accessibilité sont sacrifiées.

Les circonstances actuelles nous ont évidemment empêché de réaliser ce programme hâtif, et nous ont donné le loisir de nous pencher longuement sur chaque point particulier et sur l'ensemble de l'étude.

Nous pensons que cette méthode imposée par les circonstances diminuera notablement la période de mise au point et donnera aux types L et M leur totale homogénéité.



NOTE COMPLÉMENTAIRE

L'étude qui précède se rapporte surtout à l'étude poussée du type L. Il nous avait semblé, en son temps, que ce problème, plus ardu que celui du type M se ferait ensuite avec la plus grande facilité et sans aucun aléa.

La conjoncture actuelle (nous écrivons cette note complémentaire en janvier 1945) justifie-t-elle ce programme initial ? Devons-nous aborder d'abord le type L et après trois ou quatre années d'études, de réalisation et de mise au point de prototypes, trouverons-nous encore les quelques années nécessaires à la parfaite mise au point de la voiture moyenne ? Est-il logique de nous attaquer d'abord à la spécialité de l'industrie automobile américaine : à la grosse voiture. Et la concurrence européenne qui se réveillera dès la fin de la guerre ne nous gênera-t-elle pas en sortant des modèles nouveaux et très améliorés de voiture moyenne ?

Notre opinion, nous l'avouons sincèrement, semble avoir évolué depuis quelques mois. La voiture moyenne française d'après guerre

est pour quelques années encore la 11 CV. Citroën. Cette excellente voiture date de 1934.

Elle tient bien la route, pèse 1.100 kg. — atteint 110 à l'heure, consomme en moyenne 12 litres et possède un coefficient de nervosité de 20 kg. au cheval.

La voiture M tiendra aussi bien la route, sera extrêmement silencieuse et possédera une excellente suspension arrière. Elle pèsera 650 kg., atteindra 135 à l'heure, consommera en moyenne 8 litres et possédera un coefficient de nervosité de 13 kg. au cheval.

Il est impossible, en faisant l'examen du problème et les données connues, de ne pas réussir ce prototype qui trouvera immédiatement un très grand débouché, non seulement en France, mais aussi dans toute l'Europe.

Il semble donc qu'une sérieuse méditation s'impose avant de s'élancer dans une voie ou dans une autre. Et il est possible que de sérieux arguments nous poussent à l'étude préliminaire du type M.

LA VOITURE R



Pourquoi trois places à l'avant ? — Je résumerai maintenant les éléments qui m'ont conduit à réaliser la voiture Grégoire deux litres que j'ai baptisée type R et qui représente des caractéristiques intermédiaires entre celles des types L et M. On constate, tout d'abord, que j'avais l'énorme avantage de décider, sans aucune contrainte, les caractéristiques de cette future voiture. Cela me donnait, par contre, de graves responsabilités.

Comme on l'a vu, je penchais en janvier 1945 en faveur de la réalisation de la voiture moyenne et, effectivement, j'entrepris cette étude à fin 1945.

Les résultats aérodynamiques que j'avais obtenus m'avaient montré qu'il fallait prévoir une voiture plus large à l'aplomb du siège avant qu'à l'aplomb du siège arrière. Or, puisque le siège arrière possède au moins deux places, quelle largeur fallait-il donner au siège avant ?



J'ai discuté cette question, à ce moment, avec mon technicien carrossier, M. Vinciguerra, qui m'avait aidé à créer, avant la guerre, l'Amilcar Compound. C'est un homme de bon sens. Il m'a dit : « Si vous prévoyez une banquette avant de plus de deux sièges, il faut une largeur de trois sièges. Deux sièges et demi, ce n'est pas logique ! » Or, trois sièges représentent une dimension de 1 m. 50 intérieur, c'est-à-dire autant que la plus large voiture américaine Kaiser Frazer et Cadillac. J'ai beaucoup hésité car j'ai craint qu'une voiture aussi large avec un empattement aussi court 2,50 (1) soit monstrueuse.

(1) Rappelons, pour fixer les idées, que l'empattement de la Citroën 11 légère est de 2 m. 90.

Mais le respect de la logique a vaincu la peur de la monstruosité.

Et le résultat a donné raison, comme il fallait s'y attendre, à la logique. Le public a trouvé cette voiture parfaitement proportionnée.

Sans entrer dans le détail des hésitations, réflexions, cas de conscience qui se sont posés au responsable de cette étude pendant plusieurs années, voici le déroulement chronologique des événements qui aboutirent à la naissance de la voiture R.

En octobre 1945, une poignée d'ingénieurs de talent, dont le nombre ne dépassa jamais huit en comprenant les deux carrossiers, entama cette étude dont les grandes lignes commençaient à se dégager. Je tiens à citer le nom de ces huit braves. Il y avait pour la mécanique deux chefs : Rivoler et Junion et quatre exécutants : Guédé, Préaux, Saprikine et Barguilla, et pour la carrosserie un chef : Vinciguerra et un exécutant : Robin. Ces huit hommes ont dessiné en un temps record une voiture absolument nouvelle et qui a donné aux essais les résultats qu'on lira plus loin.

Lorsqu'on pense aux centaines d'ingénieurs qui peuplent les bureaux d'étude des grosses firmes américaines et lorsqu'on voit ce qu'ils produisent, on ne peut manquer d'être frappé du contraste. Malgré la règle bien connue que la production d'un bureau d'étude est inversement proportionnelle à son effectif, il y a là une anomalie extrêmement curieuse. A fin 1946, le moteur tournait au banc et la maquette de la voiture définitive avait subi, au tunnel, des essais satisfaisants. En septembre 1947, le châssis parcourait ses premiers kilomètres sur route avec les mêmes difficultés que l'enfant rencontre à accomplir ses premiers pas et qui lui feraient craindre, s'il réfléchissait, de ne jamais pouvoir arriver à marcher convenablement.

Si la vitesse obtenue ne dépassait pas 115 km. à l'heure, la consommation, elle, dépassait 14 litres aux 100 km. Ces résultats n'avaient, toutefois, rien de catastrophique, car le Cx de ce châssis, c'est-à-dire son coefficient de finesse, était selon mon impression, le double environ de celui de la voiture carrossée.

En 1947, au Grand Palais. — Au Salon de 1947, je présentais une voiture carrossée qui n'était pas encore équipée d'un bloc moteur et qui, par conséquent, n'avait encore jamais roulé.

Voici le texte du prospectus qui était distribué sur mon stand :

- « Je ne construis pas d'automobiles !
- « J'étudie, monte et mets au point des prototypes nouveaux.
- « Les constructeurs intéressés peuvent ensuite soit fabriquer en série ces prototypes dans leur ensemble, soit adopter certains dispositifs qu'ils comportent.

« Il ne m'est donc pas possible d'enregistrer des commandes.

« La nouvelle 2 litres que je présente au Salon de 1947 possède un certain nombre de caractéristiques inédites. C'est une très confortable cinq places (trois à l'avant, deux à l'arrière) qui a été extrêmement travaillée au point de vue aérodynamique avec les conseils de M. Sédille, Directeur Technique de la Société Rateau. Son coefficient de résistance à la pénétration dans l'air est environ la moitié de celui des voitures françaises construites en série actuellement. Son poids est de 950 kilos seulement. Grâce à ses caractéristiques, elle peut atteindre une vitesse de 140 à 150 kilomètres à l'heure en utilisant les 65 chevaux que donne son moteur double flat twin 2 litres, avec une consommation de 9 litres aux 100 pour une vitesse moyenne sur route de 80 kilomètres à l'heure.

« Cette voiture, à traction avant naturellement, est équipée de la suspension intégrale Grégoire décrite plus loin, ce qui lui procure un confort et une tenue de route inconnus à ce jour. »

Ces prévisions furent accueillies avec un certain scepticisme par le public et plus d'un technicien attendait, avec un intérêt narquois, les résultats définitifs. L'automobiliste qui admet et souhaite même les mensonges de son compteur de vitesse acceptait avec difficulté des chiffres qui sortaient tellement de l'ordinaire.

*
**

L'éloquence des chiffres. — La réponse fut donnée par les résultats officiels que je résume ici :

Le 20 et 21 juin 1948, sous le contrôle officiel de l'A.C.F., avec un moteur de compression normale, 4 personnes à bord et 53 kilos de bagages, la voiture a réalisé, avec le même réglage de carburateur :

140 kilomètres à l'heure sur la piste de vitesse de Montlhéry.

8 litres 27 aux 100 km. sur le parcours Paris (Concorde)

— Nevers (Préfecture) à une vitesse supérieure à 81 km. à l'heure.

Le 24 juillet 1948, la même voiture munie du même moteur tournait sur le circuit difficile de Spa, en Belgique, à 82 km. à l'heure de moyenne, avec une consommation de 8,15 litres aux 100 km. Le conducteur, toujours sur ce circuit, non gardé, qu'il connaissait à peine, dépassait une moyenne de 104 km. à l'heure (1).

Enfin, après de longs essais effectués au cours de l'hiver

(1) L'expert bien connu, Paul Frère, terminait son rapport sur la deux litres Grégoire de la façon suivante :

« Je pense que pendant toute ma carrière d'automobiliste, il ne m'a jamais été donné de piloter une voiture aussi intéressante : « lorsqu'on essaie une nouvelle voiture on est toujours tenté de faire

1948, M. de Lavalette, ancien Chef des Essais de la Maison Peugeot, dont on connaît la sévère compétence, annonçait les résultats suivants :

Moyenne de marche en kil/heure	Consommation aux 100 km. (en litres)
Vitesse constante sur la piste de Montlhéry	
—	—
57	6,000
75	6,600
95	7,700
104	8,700
113	9,800
122	11,100
127	11,800
141	14,400

M. de Lavalette terminait ses essais le 11 décembre 1948 en parcourant les 247 km. de Onzain (Loir-et-Cher) à Paris, par Tours, à 89 km. à l'heure de moyenne avec une consommation de 9,9 litres aux 100 km. Il avait, du même coup, effectué une partie du trajet, Châteaurenault-St-Cyr, soit 170 km. à 101 km. à l'heure moyenne.

C'est pourquoi il concluait qu'il lui paraissait **impossible d'atteindre une consommation de 10 litres aux 100 km.** sur route, à l'allure maximum compatible avec la prudence qui, pour cette voiture, dépassait nettement les vitesses des voitures les plus rapides du marché.

Depuis ces essais, la voiture a atteint à Montlhéry 143 km. à l'heure, en conservant des consommations comparables.

On voit donc que, non seulement les résultats officiels atteignaient ceux qui étaient escomptés, mais qu'ils les dépassaient. Il ne s'agissait pourtant pas de chiffres qu'on a l'habitude de constater dans toutes les réalisations classiques moderne, chiffres qui sont toujours pratiquement du même ordre et qu'on pourrait résumer ici :

« Une voiture confortable de cinq places pèsera au minimum 1.250 kilogs.

« Avec un moteur développant 65 CV elle atteindra
« 120 km. à l'heure et consommera au minimum 13 litres aux
« 100 km. à 80 km. à l'heure sur route. »

« des comparaisons avec ce qui a été fait précédemment, mais à la réflexion, je me rends compte que dans le cas de la Grégoire, je n'ai pas un instant songé à tirer des parallèles avec aucune autre voiture, probablement parce qu'il s'agit de quelque chose de nouveau, rompant avec les traditions, tant par sa construction que ses possibilités. » (Note de l'Editeur.)

Il fallait donc avoir possédé une solide confiance dans les calculs, tempérés par une prudente utilisation des formules selon la véritable méthode de la physique. (A)

La technique récompense quelquefois ceux qui lui font confiance !

*
**

Il paraît curieux, à posteriori, de comparer les caractéristiques et résultats prévus avec les caractéristiques choisies et les résultats obtenus.

On trouvera, ci-après, un tableau comparatif des voitures L, M qui sont, jusqu'à maintenant, restées à l'état de projet et de la voiture R qui a été réalisée sous forme de prototypes et qui sera construite, en série, à brève échéance, par la Société Hotchkiss :

	L	M	R
	—	—	—
Nombre de places	6	4	5
Poids	850	650	1.050
Empattement	2,70	2,45	2,50
Voie avant	1,44	1,30	1,44
Moteur 4 cylindres à plat d'une cylindrée de	2,5 l.	1,5 l.	2 l.
Puissance	80 CV	50 CV	65 CV
Coefficient de nervosité (en kg. au CV)	9,4	13	15
Cx Prévu	0,45	0,45	»
Cx obtenu (calculé)	»	»	0,25
Vitesse maximum	140 à 150	135	143
Consommation à une vitesse constante de 100 km. à l'heure (aux 100 km. et en litres)	11	8	8

La voiture R, avec un volume disponible presque égal à celui de la L, avec 65 CV. seulement, a atteint une vitesse de 143 km. à l'heure et consommé 8 litres aux 100 km. en roulant à 100 km. à l'heure, alors que j'avais prévu pour la L 11 litres aux 100 km., prétention qui paraissait à l'époque extrêmement téméraire.

Pourtant si on regarde le chapitre des poids, il faut reconnaître que la prévision de 850 kg. a été sérieusement dépassée et, qu'avec une place de moins, la bascule indiquait deux cents kilogs de plus. Il est certain qu'en cherchant à battre, pour un seul prototype, les records de légèreté, on pourrait regagner ces deux cents kilogs. Mais le problème était de concevoir une voiture robuste qu'on pourrait fabriquer dans de bonnes conditions en série.

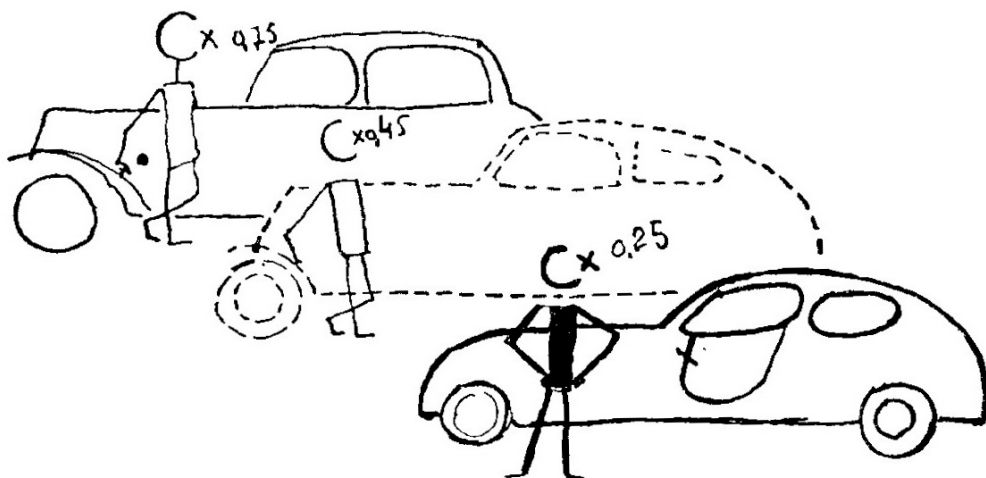
J'étais encore en 1944 sous l'impression des 400 kilogs du

prototype 3 CV. Aluminium Français-Grégoire. Je ne prévoyais pas que ce prototype, lorsqu'il aurait été étudié pour la série s'alourdirait nettement et qu'il atteindrait, dans sa version définitive, qui sera celle de la voiture Hartnett australienne, le poids de 530 kgs.

Un devis de poids ne peut, d'ailleurs, s'établir que lorsqu'on possède des éléments de comparaison dans un véhicule de dimensions voisines ou lorsqu'un avant-projet est entièrement dessiné. Mais quelles que soient les excuses que je puis invoquer, il n'en reste pas moins qu'une donnée importante du problème était entachée d'erreur.

Quand la Providence veille. — Il existe, heureusement, une Providence pour les ingénieurs de l'Automobile.

Je devais retrouver, les résultats le prouvent, une large compensation du côté de l'aérodynamique. Je pensais arriver à un coefficient de 0,45 en chiffrant les Cx moyens des voitures d'avant guerre à 0,75. Il est probable que j'ai atteint un Cx de l'ordre de 0,25.



Il peut paraître inexplicable qu'on ne puisse déterminer, même sur des voitures existantes, le Cx réel. La difficulté provient de ce que la puissance à la jante est utilisée non seulement pour vaincre la résistance de l'air, mais aussi la résistance au roulement. Or, on n'a pas trouvé de système jusqu'ici pour ventiler les puissances absorbées.

Il existe bien des formules pour calculer la résistance au roulement. Mais la constante qu'on a longtemps utilisée est

certainement fausse. Mon excellent ami Andreau a essayé de se rapprocher de la vérité en établissant des abaques donnant les coefficients de résistance au roulement en fonction des vitesses et des pressions de gonflement des pneus. Il s'est rapproché certainement de la vérité mais jusqu'à quel point ?

Lorsqu'au contraire on essaye de calculer la valeur de la résistance de l'air sur un véhicule, on n'a pu trouver, jusqu'ici, de méthode qui se rapproche de la réalité. Une maquette qu'on passe en soufflerie possède bien une forme extérieure analogue au modèle à étudier, mais elle n'a pas l'entrée d'air du radiateur, les aspérités des organes extérieurs et, de plus, on ne peut reproduire pendant ces essais l'influence du sol. La méthode de l'image qu'on emploie en soufflerie et qui consiste à placer sous la maquette une maquette symétrique par rapport à un plan horizontal n'est que grossièrement approximative. Passer les voitures, elles-mêmes, en soufflerie, ne donne pas de résultats exacts, car on ne peut jamais se placer dans les conditions précises d'utilisation du véhicule sur route.

Toutefois, ces essais au tunnel donnent des résultats comparatifs. Et les essais de la maquette définitive en 1946 m'avaient permis de conclure que le Cx de la voiture définitive serait d'environ le tiers de celui d'une voiture de grande série dont j'avais fait fabriquer une maquette et qui me servait d'étalon.

Le Cx sauveur. — Sans pouvoir donner de chiffre aussi précis que ceux des consommations ou des vitesses, il est certain que la finesse de la carrosserie de la R m'a permis de combler le handicap que m'imposait les deux cents kilogs d'augmentation de poids que je n'avais pas prévus et d'atteindre les résultats que j'avais calculés.

Pourtant, j'ai subi, là encore un certain nombre d'échecs dont je citerai le principal. Je fondais beaucoup d'espoir sur une canalisation rationnelle de l'air servant au refroidissement et passant sous le capot.

Il ne paraît pas logique, en effet, de travailler les formes extérieures jusque dans les moindres détails et de laisser des flots d'air passer au travers du radiateur, s'engouffrer sous un capot rempli d'obstacles, puis trouver les plus grandes difficultés à en sortir. J'avais donc prévu une entrée d'air centrale, avec un ventilateur soigneusement calculé, soufflant l'air dans deux sortes de venturi formant un Y et qui aboutissaient à deux radiateurs placés à l'arrière et de chaque côté du capot.

Je pensais réaliser un gain substantiel avec ce système original car des essais effectués à la soufflerie de Chalais Meudon avaient montré que 15 % environ de la résistance de

l'air étaient absorbés par le refroidissement. Il était normal de prétendre en économiser la moitié ou les deux tiers avec un dessin rationnel, soit en définitive 10 % de la résistance totale de l'air.

La complication de la tôlerie et la difficulté d'accès au moteur m'obligèrent à abandonner ce séduisant dispositif.

J'ai pu ainsi constater qu'avec un radiateur à l'avant et de l'air non canalisé, le résultat était identique. Mais il faut souligner que le moteur étant à plat, l'air ne rencontre aucun obstacle et s'échappe par deux énormes orifices de chaque côté, ce qu'on ne peut réaliser sur les voitures classiques (1).



(1) L'expérience a montré que le passage libre de l'air sous le capot et la sortie par deux gros orifices permet, à surface de radiateur égale, un refroidissement nettement plus efficace. L'expérience a montré également que cette disposition supprimait, même par les températures extérieures les plus élevées, tout échauffement des pieds des passagers, phénomène aussi rare qu'agréable.

L'homme, ce roseau pensant... — Les pages que l'on vient de lire n'offrent pas l'harmonie d'un travail littéraire. Je demande à mes lecteurs de leur reconnaître seulement le mérite de la franchise. Les exemples personnels donnés, chemin faisant, n'ont pas la prétention de prôner une méthode, de tracer une voie. Ils ne sont pas piqués dans le texte comme les flèches des quatre points cardinaux dans la Rose des vents. Non, ils sont là à titre de simple indication pour éclairer une démonstration.

Je suis heureux et fier d'appartenir au corps des ingénieurs français de l'automobile, un corps brillant où chacun agit suivant son instinct, son tempérament, sa formation, mais toujours avec l'esprit d'équipe, quand il s'agit de servir au mieux les intérêts de notre pays. Mes camarades ne me démentiront certainement pas.

On me fera peut-être le reproche d'avoir insisté beaucoup sur les échecs rencontrés au cours de mes travaux. Ce n'est nullement par coquetterie, mais parce que si, à en croire Pascal, déjà nommé, l'homme n'est qu'un roseau et le plus faible de la nature, les épreuves, les déboires forment pour lui le fertile terrain d'où, un jour, jaillira le succès.

