

LA RÉSISTANCE DE L'AIR ET L'AUTOMOBILE

Recherche de la résistance minimum
par M. Jean ANDREAU

INGÉNIEUR-CONSEIL, MEMBRE DU CONSEIL S. I. A., VICE-PRÉSIDENT DE LA 1^e SECTION TECHNIQUE S. I. A.

*Conférence du 8 janvier 1935
à la Société des Ingénieurs de l'Automobile*

M. le Président. — Messieurs, maintenant nous allons passer à la deuxième conférence qui va nous être présentée par M. Andreau sur la Résistance de l'air et l'automobile, recherche de la résistance minimum.

Vous connaissez tous notre sympathique conférencier, M. Andreau, que nous avons déjà eu le plaisir d'entendre plusieurs fois à cette tribune dans des conférences très remarquées qui ont été reproduites et longuement discutées, non seulement dans de nombreuses revues françaises, mais encore dans des revues étrangères, en Amérique, Angleterre, Allemagne et Italie.

C'est vous dire la notoriété mondiale de notre collègue, M. Andreau, qui, par ailleurs, a d'autres nombreux titres à notre connaissance pour les importants travaux qu'il a réalisés.

Je vous rappelle que, par ses longues études sur la balistique, M. Andreau est certainement à même de traiter la question de l'aérodynamisme, en travaillant ces questions là à des vitesses limites bien entendu, qui n'ont aucun rapport avec l'automobile. Mais il est certain que, par ses travaux sur la balistique, il a dû faire des observations extrêmement intéressantes, dont il va nous faire profiter pour l'automobile.

Je rappelle également que M. Andreau est ingénieur-conseil à la Société Chausson, et je remercie cette Société d'avoir bien voulu permettre à M. Andreau de nous développer sa conférence.

Monsieur Andreau, vous avez la parole.

M. LE PRÉSIDENT,

MESDAMES,

MESSIEURS,

CHERS COLLÈGUES,



M. ANDREAU

La conférence que j'ai faite en janvier 1934 sur la Résistance de l'air et les voitures, avait comme but la communication des études expérimentales, entreprises sur des formes de voitures courantes, et le développement de recherches aussi complètes que possible, sur la pénétration, la répartition des pressions, les écoulements et la stabilité (1).

Il s'agissait, dans mon esprit, de montrer le point de départ en 1934, et de fixer les améliorations qu'il était possible d'obtenir d'une façon presque immédiate, en partant des voitures que nous avions entre les mains à ce moment-là.

Je me suis rendu compte par la suite, que certains auditeurs s'attendaient plutôt à l'énoncé de résultats plus surprenants et obtenus avec des moyens moins terre à terre.

L'étude expérimentale que je vous ai rap-

1. Journal S.I.A., février 1934.

portée est sans doute la plus objective et la plus complète qui ait jamais été faite sur cette importante question.

Elle a permis également une analyse approfondie des conditions du problème, ce qui est indispensable pour tirer des conclusions et pouvoir ensuite progresser.

Qu'elle ait surpris par certains résultats; aucun doute, et moi le premier. Mais ce sont les faits qui ont parlé, ce dont on ne saurait s'émouvoir. J'ai eu cependant la satisfaction d'enregistrer, au Salon 34, des tentatives dans le sens des conclusions que j'avais développées : profils plus soignés, disparition de marchepieds avec congés en bas des caisses, fonds continus sous les voitures, encastrement des phares dans les ailes ou dans les calandres, masquage des roues, etc...

D'après les essais et les performances de ces voitures, il en est résulté un progrès sensible, compris entre 15 et 20 % sur la résistance, accompli en moins d'un an.

C'était le but immédiat que je m'étais proposé, et il est maintenant acquis.

Remarquez en passant, l'importance de ce progrès.

Supposez qu'il eût fallu le demander à une amélioration du rendement des moteurs.

Jamais ceux-ci, au point où ils en sont, n'auraient pu d'abord être améliorés de 20 % et, *a fortiori*, d'une façon générale en 8 mois.

C'est la meilleure démonstration de l'efficacité du travail dans le champ productif de l'aérodynamique appliquée à l'automobile.

Mises au point sur l'aérodynamique. —

A propos de la résistance de l'air, on entend dire bien des choses inexactes :

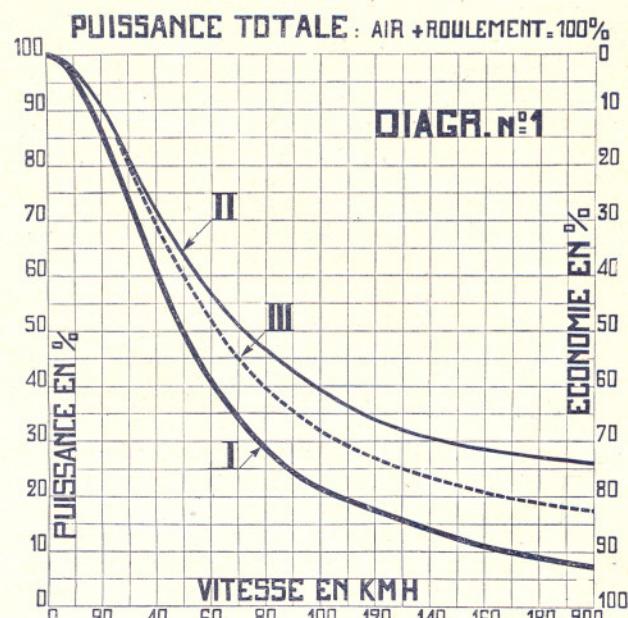
En particulier, j'ai relevé : « que cette résistance n'avait pas d'importance au-dessous de 100 kmh. ».

Je vais donc préciser ce point.

L'exemple choisi est une voiture de 950 kg avec 4 personnes à bord; soit 1.250 kg en ordre de marche. Voiture de 1,8 m² frontal, possédant un Cx de 0,85. En somme une voiture moderne à maître couple un peu réduit par surbaissement de la coisse.

Le Diagr. 1, courbe 1, montre en fonction des vitesses le pourcentage de la résistance de l'air, dans la puissance totale demandée au moteur, en palier, par vent nul.

Vous pouvez voir que l'ascension en pour-



centage est très rapide à faible vitesse. Il est en effet de :

25 % à 30 km/h

50 % à 50 km/h

70 % à 80 km/h

Il augmente lentement ensuite pour atteindre :

78 % à 100 km/h

88 % à 150 km/h

et

92 % à 200 km/h

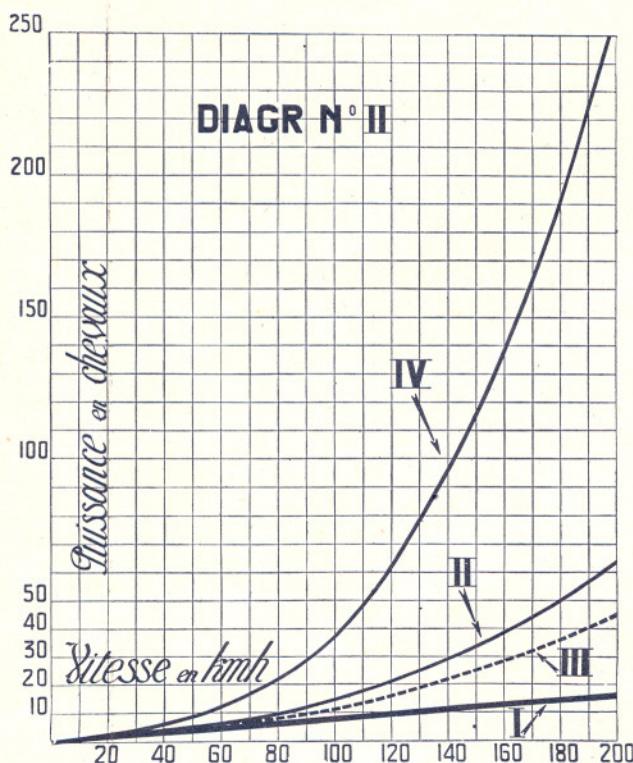
Ces chiffres me semblent décisifs pour montrer l'importance considérable de la résistance de l'air, même à faible vitesse. On peut même dire qu'elle a beaucoup plus d'importance pratique pour le moment, au-dessous de 100, qu'au delà.

Le diagr. 2 montre les courbes de puissance absorbée simplement pour le roulement courbe 1 et pour la résistance courbe 4.

S'il n'y avait que le roulement, nous pourrions marcher à 200 km/m avec 15 chevaux..., alors qu'il en faudrait 245 pour la même voiture en l'état actuel des choses.

Nous pouvons en déduire que la voiture rapide ou très rapide ne sera plus une voiture de très grand luxe, car les moteurs n'auront plus à être monstrueux et qu'en outre, même celle-là sera économique.

En effet, à 200 kmh avec 15 ch et 300 gr/



ch/h, on consommerait 6 litres à l'heure et 3 litres aux 100 km!

Je sais naturellement qu'il faut songer aux accélérations et aux performances, et que nous ne pourrons pas avoir des moteurs de 15 ch pour ce poids de voiture. Mais, en réalité, ces questions sont séparées de la résistance de l'air pure et simple et l'on peut faire crédit aux ingénieurs, pour réaliser au mieux les adaptations correspondantes.

Les chiffres précédents indiquent les limites de la question, en somme, les asymptotes.

On peut voir que nous en sommes suffisamment éloignés pour espérer enregistrer des progrès substantiels.

J'ai également entendu dire « qu'une voiture ne peut pas être la meilleure à toutes les allure ». — Pure affirmation!

Les coefficients Cx varient en effet en Rⁿ,

n étant en général négatif. Or, on constate qu'à mesure que le Cx décroît, n croît en valeur absolue : n part de zéro pour le disque plan et tend vers -0,2 à mesure que la résistance de forme tend vers zéro, c'est-à-dire, que la résistance frictionnelle devient prépondérante.

Tout ce que l'on peut dire, c'est que dans les limites des Cx qui nous intéressent, si à faible allure, à 20 kmh par exemple, un Cx est plus faible qu'un autre, il deviendra proportionnellement plus faible encore si la vitesse augmente, et la voiture absorbera moins de puissance en valeur relative.

Donc, pour le moment, une voiture avantageuse, le reste à toutes les allures.

On entend répéter que la carène la meilleure est le gros bout en avant; la goutte d'eau, le « Tropfen Wagen ». — Ceci n'est pas absolu.

Résultats d'essais sur des carènes. —

J'ai étudié depuis de nombreuses années un grand nombre de corps de faible résistance.

Ces corps étaient tous des familles de formes, de définition géométrique semblable, dans lesquels on faisait varier un paramètre à la fois.

Plusieurs dizaines de ces modèles ont été essayés aussi bien au Laboratoire Eiffel, qu'au Laboratoire National Physique de Londres.

Deux exemples en particulier.

1^o Ellipse AV; Ogive AR, tangentes au maître-couple,

2^o paraboles du 2^e degré tangentes au MC et passant par les sommets.

On faisait varier, soit l'allongement, soit la position du maître-couple.

Les formes ellipse, ogive, nous ont donné les meilleurs coefficients-volume, et les formes paraboliques les meilleurs coefficients Cx. Qui plus est, pour les deuxièmes formes, ce coefficient est obtenu pour allongement 3 et MC au milieu ($Cx=0,036$).

C'est un corps à bouts pointus.

Voir pour les valeurs : *Revue de l'Artillerie* 1924, article : l'Aérodynamique et la Balistique.

D'ailleurs, au point de vue théorique, il n'existe pas à proprement parler de forme de préférence. Les Néoïdes de Rankine obtenus par des systèmes de puits et sources ne s'appliquent pas en pratique à cause des décollements.

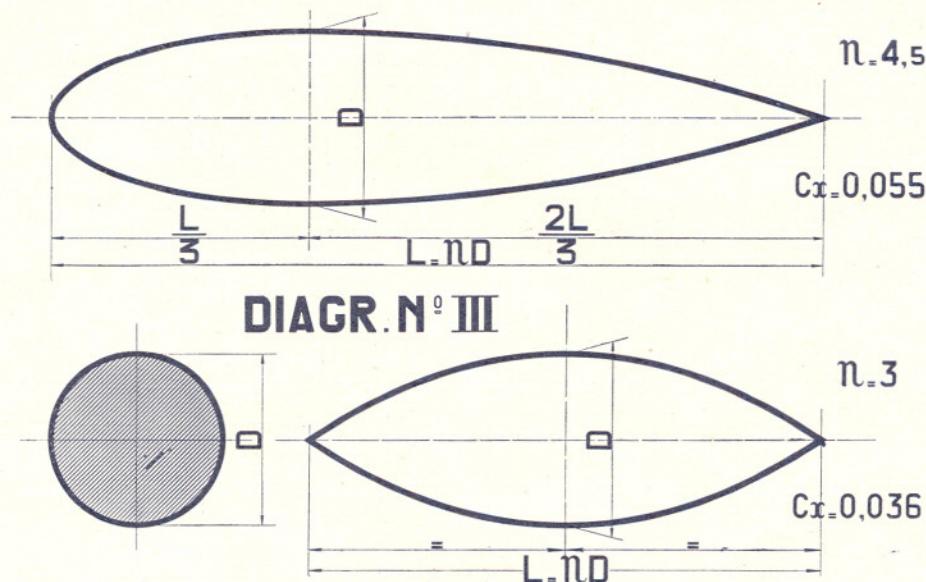
Fuhrman les a améliorés par la réalisation de corps pisciformes en introduisant une ré-

Exemple pour une carène (Toussaint) :

AV. C=0,0291
AR. C=0,0040

Total C=0,0331 (résistance de forme).

La résistance de l'avant est 7, celle de l'arrière 1.



partition arbitraire des puits et des sources. — L'intérêt considérable qui s'attache à ces travaux est de permettre le calcul du champ aérodynamique; c'est-à-dire des lignes équipo-tentielles et des lignes de courant. — Cependant, ils reviennent à dire qu'un corps de résistance nulle doit avoir une peau mobile, que nous ne pouvons réaliser, en pratique, et que la définition géométrique du profil, ce que nous retiendrons, peut varier entre d'assez larges limites.

C'est une circonstance heureuse pour l'automobile, car nous avons éprouvé qu'il est parfois difficile de placer le maître-couple à l'avant à cause du braquage des roues.

Nous n'avons jamais constaté non plus, parmi toutes ces formes, qu'il y eût une prédominance systématique d'action de l'arrière par rapport à l'avant, vis-à-vis de la résistance.

En définitive, *tous les profils peuvent être convenables, à condition qu'ils évitent les décollements.*

Cette règle est extrêmement favorable pour nous, car elle permet une grande souplesse dans le dessin et nous aide à nous dégager de formes trop rigides.

Cependant, éviter les décollements, constitue le problème. Et ceci est une autre histoire assez difficile, malgré son air anodin.

On peut cependant arriver à dessiner des carènes avec décollement très réduit, en respectant certaines règles simples, qui cependant impliquent des tracés mathématiquement compliqués.

Afin que les chiffres que je vais vous citer tout à l'heure ne nous apparaissent point comme de la fantaisie, je vais vous donner quelques indications sur des questions de base touchant l'aérodynamique.

Position des carènes. — Si l'on déplace une carène symétrique dans le vent, celle-ci présente une résistance minimum suivant son axe.

Lorsqu'on l'incline par rapport au vent, il naît une composante transverse, le C_y ou le C_z , et les résistances axiales vont en augmentant parfois très vite (comme le carré du C_y) : c'est la résistance induite.

Il en est de même pour une aile ou un tronçon d'aile.

La résistance axiale est minimum au voisinage de l'incidence de portance nulle : c'est-à-dire lorsque le vent n'engendre aucune composante de force qui lui soit perpendiculaire.

Il s'ensuit que les éléments constitutifs d'une voiture carénée devront autant que possible se trouver à l'incidence de portance nulle.

Si maintenant nous considérons une carrosserie, nous voyons tout de suite que nous ne pouvons réaliser un corps de révolution.

Il faut, en effet, englober les axes AV et AR, assurer la visibilité AV, placer les passagers, etc., etc...

Bref, le profil suivant une coupe verticale est dissymétrique; aplati vers le sol, et bombé vers le haut.

En donnant donc aux voitures ces formes de carapaces de tortue, se déplaçant suivant leur corde, on augmente le C_x *a priori* et d'une façon importante.

Un calcul approximatif, effectué pour la Tatra exposée au Salon, par exemple, donne un angle de portance nulle d'environ -10° , et pour la position de marche de la voiture, une résistance de carène à peu près le triple de ce qu'elle serait sous l'incidence -10° .

On trouve quelque chose d'analogique pour l'air flow de Chrysler.

Interaction du sol. — La carène est très près du sol.

Celui-ci est donc une cause de dissymétrie dans les circulations, qui eussent été rendues justement symétriques dans leurs effets, par

l'incidence de portance nulle, en modifiant la circulation du côté du sol.

D'où, un nouvel angle qui s'ajoute au précédent, afin de réduire l'action du sol au minimum.

1 Cet angle peut assez bien se calculer, et les essais confirment sensiblement les valeurs

Je vous ferai remarquer l'importance de ces indications pour les voitures carénées, puisque le C_x est capable, selon le cas, de prendre une valeur double ou triple de celle qu'il pourrait réellement avoir pour une position rationnelle de carène.

On ne peut d'ailleurs annuler l'interaction, qui reste malgré tout d'autant plus élevée que le C_x est plus bas.

Surface frontale. — Il faut maintenant observer que la résistance est définie par le produit $C_x S$. Ceci n'entre pas toujours en considération. Les exemples que nous avons vus au Salon le montrent abondamment.

Lorsqu'on veut caréner à la fois les roues, le gabarit mécanique et les passagers, on aboutit souvent, surtout si l'on veut atténuer les décollements latéraux, à une augmentation sensible du maître-couple.

Je n'ai pas besoin de citer de voitures; vous l'avez sans doute remarqué aussi bien que moi.

Il est, au point de vue aérodynamique pur, bien plus avantageux de transporter les passagers deux par deux que trois par trois de front.

On peut cependant tolérer certaines augmentations de surface, si l'on a des C_x suffisamment faibles.

Ces considérations nous ont amené tout naturellement, en vue de la réduction possible de $C_x S$, à détacher les roues de la carène en profilant simplement le gabarit imposé par les passagers, dans le cas particulier de la maquette dont je vais vous parler.

Mais, ici, deux nouvelles difficultés se présentent :

Interaction des éléments constitutifs. — La carène, en se déplaçant dans l'air, écarte

les lignes de courant à l'avant, et, si elle est bien établie, les laisse se refermer à l'arrière.

On peut parfaitement observer ce phénomène sur les photographies de M. Lacaine de l'Institut Aérotechnique de St-Cyr, que je vous ai projetées lors de ma dernière communication.

Vous pourrez voir que les roues sont attaquées très obliquement par le vent, ce qui augmente énormément leur résistance axiale.

Il est donc naturel d'englober ces roues dans des carènes en forme d'ailes demi-épaisses, d'encombrement minimum, et de placer les éléments constitutifs de ces carènes à l'incidence de portance nulle ($C_y=0$).

Grâce à cet artifice, on arrive, ainsi que le calcul et l'expérience le montrent, à réduire de 80 % environ la traînée des roues pour l'angle d'attaque considéré.

Les incidences variant d'ailleurs à partir du sol, obligent à déplacer les différents profils

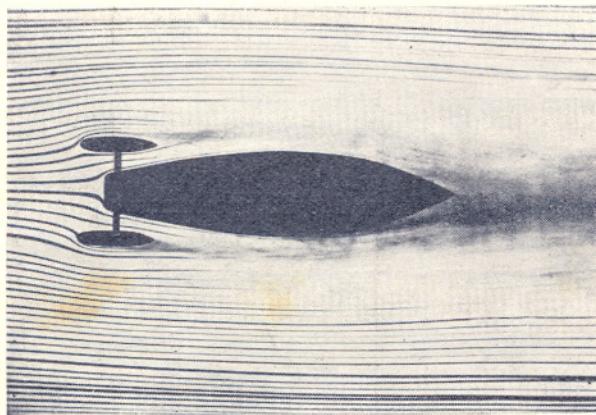


Photo n° 4

angulairement et à prendre une surface directrice gauche.

Il faut, en outre, tenir ces carènes pour qu'elles soient suspendues, et profiler également les suspensions arbres de commande, commandes de freins, etc...

A cet effet, des carènes de liaison relient les carènes de roues à la carène principale et en chaque point les considérations précédentes

sont respectées, car les lignes de courant ne sont pas horizontales.

L'emplanture des carènes de liaison demande aussi des soins attentifs.

On obtient ainsi une voiture dans laquelle tous les éléments se présentent dans les meilleures conditions au point de vue aérodynamique.

Métacentre. — Reste le métacentre — ainsi que je vous l'ai fait pressentir, celui-ci avance énormément, car on obtient des C_x très bas. Il est donc nécessaire d'introduire un élément de dérive à l'arrière, pour le ramener à une position acceptable.

Cette dérive est naturellement d'autant moins développée que le centre de gravité de la voiture est plus en avant.

Donc, comme elle agit à la fois sur le C_x et le C_y de la voiture, il est naturel de mettre les éléments lourds de la voiture en avant — tout au moins le bloc moteur, et de préférence la traction complète. — Ceci devient d'autant plus possible, qu'il n'est pas nécessaire de placer le maître-couple à l'avant, ainsi que je vous l'ai expliqué.

L'intérêt majeur de ces dispositions, adoptées en suivant les lois aérodynamiques, et en partant d'éléments aérodynamiques connus, est d'abord de donner une forte réduction de la Résistance à l'air, et ensuite, de permettre le calcul des C_x .

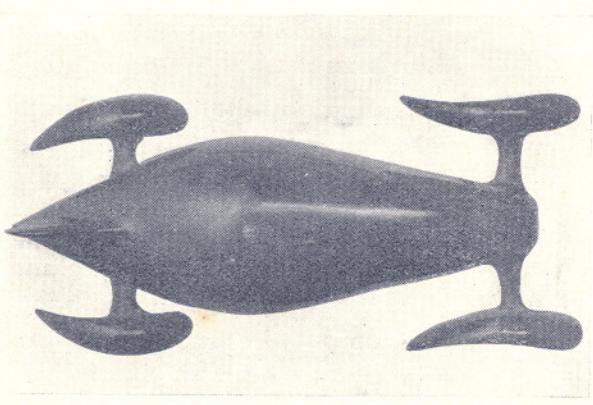
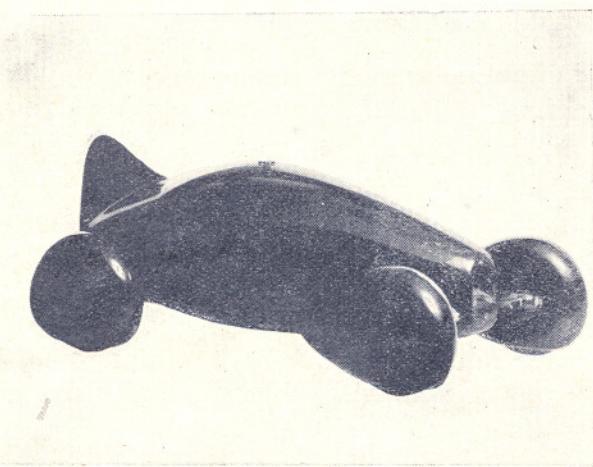
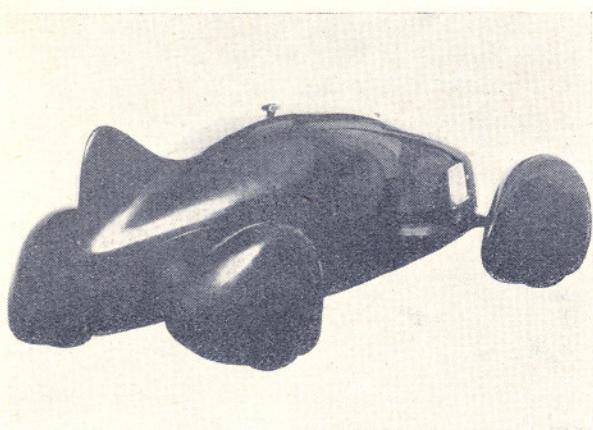
Nos essais vérifient le calcul, en général, à moins de 10 % près.

Les possibilités d'analyse sont donc très grandes pour les projets, en présence de tel ou tel problème posé par la réalisation de différents types de voiture.

Je ne sais d'ailleurs comment il faudrait appeler cette sorte de voitures, puisque les termes « 100 % aérodynamique » et « Super-aérodynamique » ont déjà été employés.

Maintenant que je me suis disculpé par les explications précédentes, je puis peut-être me hasarder à vous communiquer les résultats obtenus et à envisager leurs conséquences.

Voici d'abord l'aspect auquel on arrive :



Photos n°s 5, 6 et 7

Ces photographies sont celles de la maquette essayée dans laquelle aucune disposition d'arrangement de dessin n'est intervenue.

Telle qu'elle est, elle est sortie de la règle à calculs, au point de vue aérodynamique et au point de vue automobile.

Elle a été réalisée un peu gauchement à cause de la difficulté de respecter à si petite échelle les tracés de carène, et aussi à cause de l'imprévu que représentent ces formes pour un modeleur ordinaire.

Mesures de résistance. — Les forces que nous avons trouvées ont tellement diminué, qu'il nous a fallu abandonner la balance utilisée pour les voitures précédentes, car les corrections et interactions étaient trop élevées, et adopter un bifilaire à freinage hydraulique.

Les mesures de résistance ont été faites au Laboratoire des Usines Chausson, et à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.

Elles diffèrent légèrement pour les valeurs directement mesurées, à cause sans doute de la nature différente des veines de soufflerie, mais coïncident parfaitement à partir de $R=1.500.000$, et dans cette région, sont d'accord avec le calcul à moins de 10 % près.

Résultats d'essais. — LA RÉSISTANCE TOTALE A L'AIR PRÉSENTE UNE DIMINUTION DE 80 %, PAR RAPPORT A LA VOITURE CORRESPONDANTE ACTUELLE DANS LES RÉGIONS D'UTILISATION.

Le produit CxS devient 0,3 contre 1,66 pour la voiture normale.

Les courbes 2 sur les diagrammes 1 et 2 représentent l'économie réalisée en pourcentage, et la puissance absorbée en fonction de la vitesse.

A moteur égal, avec toutefois de meilleures accélérations et montées de côtes, pour pouvoir utiliser la vitesse possible en palier, il faudrait un remultiplicateur de rapport moyen 1,6 — c'est-à-dire, une augmentation moyenne de vitesse de 60 %, par rapport à la voiture orthodoxe. A cette vitesse maximum, la consommation aux 100 km est diminuée de 37 % par rapport à la voiture ordinaire de même moteur. Il coûte 37 % moins cher d'aller 60 % plus vite avec une voiture de ce genre.

Stabilité. — LA CONTRAINTE TRANSVERSALE DU VENT EST EN OUTRE DIMINUÉE D'ENVIRON 85 % EN VALEUR CxS .

Il s'ensuit que cette voiture est incomparablement moins sensible au vent latéral, et qu'elle pourrait, d'après un calcul analogue à celui que j'ai développé devant vous pour la Delage, avec une adhérence de 0,2, se risquer presque à sa vitesse limite maximum :

Pour une position correcte de métacentre.

LA SÉCURITÉ EST DONC SENSIBLEMENT DOUBLÉE PAR RAPPORT A LA VOITURE NORMALE.

Autres études

1^o Voiture compétition monoplace

Voici, à titre d'exemple, une autre étude de voiture.

La solution qui semble la plus avantageuse au point de vue aérodynamique est de genre Auto-Union, avec moteur au centre et pilote à l'avant.

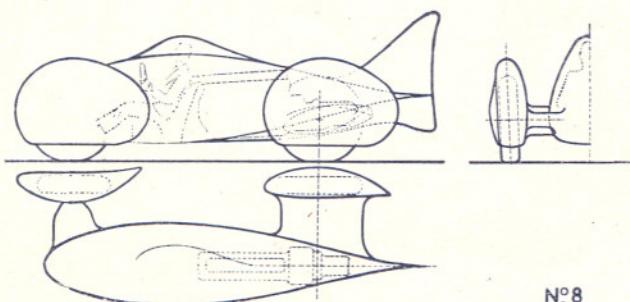


Photo n° 8

Cette voiture permettrait, avec 250 ch, de toucher le 400 kmh, c'est-à-dire de gagner 100 kmh par rapport à l'Auto-Union cependant, déjà carénée, et d'améliorer les accélérations par exemple à 200 km/h de 40 % environ.

La Stabilité aérodynamique peut être bonne, à condition d'employer une dérive suffisamment développée, ce que le Laboratoire détermine très bien.

Il faut ici remarquer qu'un avion Caudron, ayant volé à 503 km/h avec 380 ch marcherait à 435 km/h avec 250 ch.

Par conséquent, il bat de loin nos voitures actuelles monoplace, et est même un peu meilleur que la voiture de compétition dont il s'agit ici.

Ceci est très grave, et montre qu'à force de négliger la résistance de l'air, nous nous sommes déjà fait terriblement distancer.

2^o Voitures 2, 4 et 5 places

Ces études ont un caractère original, car ici, la disposition automobile résulte de la recherche de la résistance minimum amenée à sa limite actuelle; justement d'après l'expérience de la première maquette.

Elles ont le mérite de montrer qu'il existe probablement des voies dans lesquelles la recherche n'a pas été poussée plus avant, parce que sous les anciens errements, elles ne présentaient pas d'avantage bien net, mais qui pourraient sans doute être reprises avec fruit étant donné l'intérêt qu'elles sont susceptibles d'apporter actuellement.

Nous avons étudié des 2, 4 et 5 places, qui présentent des coefficients record, et de grandes aptitudes automobiles.

Les roues AV ne sont pas orientales et sont motrices. La roue AR est porteuse et directrice.

Le groupe moteur se trouve selon le cas, en avant de l'essieu AV, ou en arrière des passagers (pour la 2 places).

Les roues Avant fixes, permettent une grande place disponible à l'avant, pour 2 ou 3 personnes de front. On peut tolérer pour la 5 places 3 personnes de front, à cause de la faiblesse de la résistance à l'air. Cette disposition conserve les avantages de la traction AV en éliminant les inconvénients qu'elle présente actuellement.

Le profil, en projection verticale, étant affiné vers l'arrière, permet une excellente maniabilité, la caisse ne débordant pas sur la trace avant.

La stabilité latérale est convenable, car le centre de gravité est très en avant.

Le centrage aérodynamique, facile.

Les études étant toutes récentes, les tracés sont en cours de mise au point en ce qui concerne l'aspect. Aussi, je m'excuse de ne pas vous les présenter dans leur forme actuelle.

La résistance de l'air calculée est encore nettement réduite, par rapport à la maquette dont je vous ai entretenu tout à l'heure. Rai-

sons : roues, carènes de liaison, profils, écoulements.

Courbes 3, Diagr. 1 et 2 (en 4 places)

Avec une 2 place-type S.I.A., vitesses : 70, 100, 120, et 700 kg en charge. Puissance : 5, 9, 13 ch. Consommation : 3, 4, 6, 5, litres/100 km.

Ceci vous montre les possibilités des méthodes générales employées dans l'étude des profils, suivant des dispositions mécaniques différentes, et les buts qu'on se propose.

Solutions intermédiaires. — Il est possible, naturellement, entre les valeurs ordinaires et les solutions extrêmes indiquées, de réaliser tous les compromis que l'on veut, fournissant des résistances intermédiaires.

Exemple : Maquettes de M. Brouilhet donnant déjà une réduction de 50 % sur le Cx.

Ceci peut être imposé par des considérations industrielles ou commerciales, de façon à ne mettre ni les usines, ni le public brusquement devant des changements aussi complets.

Nos méthodes permettent justement dans chaque cas particulier, de déterminer par le calcul et l'expérience les conditions les meilleures réalisables actuellement.

Examen critique. — Il est évident qu'entre le travail que je vous présente et son aboutissement, entre les maquettes et les voitures, il y a encore du chemin à parcourir.

Au point de vue de la confiance à accorder aux valeurs trouvées au Laboratoire, je puis dire que nous nous sommes entourés des garanties maximum; qu'en outre, le calcul, qui est vérifié, est celui qu'on applique dans l'Aéronautique pour les prototypes.

L'écart constaté est, en général, assez minime.

Il n'y a aucune raison valable, dans ces conditions, pour que nous ayons un désaccord important entre les valeurs citées et les valeurs réelles, les méthodes étant générales.

Des carènes continues comme celle de la première maquette, pouvant présenter des difficultés optiques, nous avons étudié des habitacles dont le profil se marie au profil de carène sans augmenter beaucoup la résistance de celle-ci.

Aménagement de caisse, construction, ba-

gages, roue de rechange, éclairage, etc... ne constituent que des problèmes mineurs qui n'excèdent pas les limites d'une technique intelligente sans sacrifice capital à la résistance de l'air, ou à la qualité automobile.

En ce qui concerne les glaces, il est certain que des glaces à double courbure seraient les meilleures. Les étrangers en fabriquent déjà. Mais on peut prévoir un premier stade utilisant des glaces développables, par cônes ou cylindres et il est facile de tracer des habitacles qui en tiennent compte sans résister beaucoup plus.

De sorte que mon sentiment est bien que les chiffres indiqués, tout au moins pour la première maquette, peuvent être tenus pour bons dès les premières réalisations.

Aspect. — Les derniers développements des théories aérodynamiques modernes, fournissent des profils obtenus par transformation conforme de certaines figures géométriques simples, qui se changent en la reproduction frappante de formes animales familières à nos yeux.

Les profils d'ailes Joukovski, par exemple, sont des profils en « aile d'oiseau », dénomination qu'il leur a donnée lui-même.

Ces tracés sont obtenus à partir d'un arc de cercle ou d'un cercle.

Le cercle n'était-il pas considéré par les anciens, comme la figure géométrique la plus parfaite?

Ainsi que vous aurez pu le voir, les tracés des voitures suggèrent des animaux de vitesse stylisés, dans leur ensemble et leurs détails, qui donnent bien une impression d'adaptation au milieu.

Les formes des animaux les mieux doués pour la vitesse ne sont-elles pas particulièrement agréables? Regardez les martinets qui, malgré leur petite dimension, chargent à 300 km/h et les thons qui foncent à la vitesse furibonde de 40 noeuds dans un milieu 800 fois plus résistant que le nôtre!

Ceci ne veut point dire que les voitures seront en uniforme. La disposition intérieure réagissant fortement sur les profils, il se produira des familles, comme dans la nature, où les animaux rapides de genres divers présen-

tent des différences importantes, pour des résultats d'ailleurs toujours excellents, qui dépassent souvent les possibilités de nos machines rigides, et animées seulement d'une vie artificielle.

L'histoire de l'Art enseigne que celui-ci a toujours obéi à des canons.

Les Anciens établissaient leurs ensembles sur la Proportion Dorée ou la Proportion Divine (nombre Φ actuel).

Au Moyen Age, l'argument de l'Architecture religieuse (gothique en particulier) était le plus souvent $\sqrt{5}$.

Canevas, sur lequel travaillait l'artiste.

Mon sentiment est, que *les Mathématiques et le Laboratoire sont les instruments de la proportion aérienne*.

Ils permettent de déterminer la base de départ dans la recherche des tracés les plus harmonieux, en respectant le but qu'on se propose.

Mais l'artiste restera plus que jamais le Maître qui saura assouplir nos équations et exprimer la beauté par des lignes pures.

Conséquences. — Les conséquences sont de deux ordres : différé et immédiat.

1^o Ordre différé

Je commence par celui-ci, car il demande une préparation.

On peut voir qu'avec 33 ch., ce qui représente un moteur d'un litre et demi, on n'ira pas loin de 150 km/h et avec un 2 litres 1/4, pas loin de 200 km/h.

Allons-nous lâcher le public à 150 ou 200 sur les routes?

La chose semble peu indiquée de but en blanc.

Mais, cependant, pourquoi pas, si les routes peuvent le recevoir?

Toutes les voitures américaines passent le 130 et beaucoup à 160-170 km/h, ainsi d'ailleurs que quelques-unes chez nous.

Et cependant, les Américains roulent et roulent même beaucoup, parce qu'ils ont un réseau routier qui le leur permet.

Donc, le développement de cette nouvelle

technique va être chez nous une question de route et non de possibilité commerciale.

Il se trouve malheureusement qu'il y a des hommes sans travail.

Avec le budget que nous avons, et où l'Automobile contribue dans la proportion énorme que vous savez, on doit nous faire des routes modernes permettant le 200 en sécurité. Nous devons les exiger, sous peine qu'un des développements les plus considérables de l'Automobile ne soit encore une fois freiné chez nous, au profit de l'étranger.

Envisager des vitesses de 200 sur des routes automobiles, à prix réduit en essence, peut amener très rapidement un essor économique analogue à celui qui s'est produit dans les quinze dernières années.

C'est la remise en question du transport du courrier, des gens et des marchandises légères en porte à porte.

C'est l'obligation pour l'Aéronautique de chercher des vitesses commerciales encore plus élevées et de meilleurs rendements.

A ce propos, tout en nous occupant de l'Automobile, nous devons conserver un œil vigilant sur les progrès énormes de l'Aéronautique de tourisme, et il faut bien convenir que la voiture commence à être sérieusement handicapée pour les déplacements à une certaine distance.

Les magnifiques résultats obtenus avec le Caudron, et qui sont issus d'une claire compréhension des incidences fantastiques de la résistance de l'air sur les performances, sont le prélude de progrès capables, dans un temps relativement bref, de reléguer la voiture à l'état de camion de transport, ou de roulotte pour cul-de-jatte à l'intérieur des cités.

Je vous rappelle le dernier Salon de l'Aéronautique avec, par exemple, un Potez biplace de 150 km/h vendu, bien que non construit en série, 17.000 francs. D'autres avions, allemands en particulier, marchant à 200 et consommant 15 litres aux 100 km. — Le Pou de M. Mignet — d'un prix de 5.000 francs, fait par unité.

L'avion est mécaniquement beaucoup plus simple que la voiture et plus léger. Supposez-le construit dans des séries pareilles aux nôtres et concluez.

La sécurité?

Les autogyres, dont le développement aux Etats-Unis et en Angleterre monte à pic, donnent déjà un bel exemple de ce que l'on peut faire.

Malgré son aspect de moustique, et son rendement qui est la moitié environ des avions actuels, il les bat en brèche sérieusement à cause de la sécurité et de la commodité qu'il apporte.

Encore quelques pas comme ceux-là et l'aéronautique fera toucher les épaules à l'automobile — où personne ne semble avoir conscience des grands exemples que nous recevons en matière de recherche technique, de collaboration, même des pays entre eux, concernant les problèmes de base.

En présence de faits qui bousculent les ordres de grandeur et les valeurs relatives, admis jusqu'à présent, il convient à l'automobile de suivre la première partie du programme de l'autruche qui, bien qu'étant oiseau, préfère courir..., mais non la deuxième partie qui est sa tactique bien connue.

C'est aussi l'accentuation de l'effort des chemins de fer vers la vitesse, la fréquence et la sécurité.

Ceux-ci d'ailleurs, pour des automotrices légères et rapides, pourront profiter de ces progrès et les possibilités sont là aussi considérables — à condition, toutefois, de ne pas confondre une automotrice avec un train.

2^e Ordre immédiat

En attendant, L'ÉCONOMIE RÉALISÉE A VITESSE ÉGALE EST DE NATURE A INTÉRESSER TOUT LE MONDE DANS LA LIMITÉ DES VITESSES QUE NOUS POUVONS NOUS PERMETTRE.

Etant donné les progrès considérables des boîtes de vitesses et leur commodité présente de manœuvre, des moteurs de puissance relativement réduite fourniront des performances pratiques très intéressantes, et permettront entre 70 et 100 km/h. des économies de l'ordre de 50 à 60 % sur la consommation.

**

Ma première communication signalait les difficultés de l'entreprise, et a semblé pessi-

miste à certains. Elle était cependant l'expression de la vérité à ce moment-là.

Un travail considérable d'un an a déblayé la route et a permis de résoudre les problèmes qui se présentaient, plus qu'aux trois quarts.

Je m'excuse du choc opératoire qui peut en résulter — et de la perturbation que cela peut introduire dans des standards qui semblaient tellement bien établis, qu'ils n'avaient pratiquement pas bougés depuis trente ans.

Un des moyens d'atténuer les coups très durs qu'a reçus notre Industrie au cours de l'année qui vient de finir, et de remonter la mauvaise pente où elle nous entraîne, est de nous tourner objectivement et résolument vers une technique de progrès accrus dans tous les domaines :

— Situation dominante et solide, que nous avions, par la technique, et que nous n'aurions jamais dû abandonner.

C'est sans doute à cette constatation plus ou moins exprimée en clair, que la S.I.A. a dû sa naissance, et doit les efforts que nous faisons pour développer le travail en équipe et en collaboration. Voie féconde.

Il est certain, et l'expérience de vingt ans le prouve, qu'il est des phases industrielles où nous avons dû céder le terrain à mieux outillés ou plus adroits que nous...

Ne pas oublier que notre Industrie vit à l'abri de murailles de Chine... et que des lésardes peuvent se produire.

Il est non moins certain que du côté de la technique, nous n'avons pour ainsi dire jamais été mis en échec lorsque nous avons eu les moyens suffisants pour les études et les réalisations.

Ici encore, les résultats pratiques seront fonction de la façon dont la technique sera suivie et épaulée.

Quoi qu'il en soit, la qualité aérodynamique doit maintenant prendre sa place à côté de la qualité automobile générale et ne peut plus être qu'un mot.

Dans le cadre de ce que je vous ai exposé, ou sous des formes voisines, j'espère qu'il va s'ouvrir une ère génératrice de travail et de possibilités, aussi bien pour l'automobile que pour les industries connexes et immédiatement concurrentes.

Je remercie mes collaborateurs directs, MM. Briolay et Leclère, qui se sont avec patience pliés aux nombreuses exigences expérimentales; ainsi que M. Toussaint, directeur de l'Institut Aérotechnique de St-Cyr, dont les encouragements représentent pour moi une valeur inestimable.

Je remercie chaleureusement la Société des Usines Chausson qui, malgré les difficultés accrues, n'a pas hésité à me suivre sur ces chemins périlleux, dans l'intérêt de l'automobile.

M. le Président. — Je remercie notre camarade Andreau de sa très savante communication qui nous laisse entrevoir qu'il y a encore de très grands progrès à faire en automobile, et je lui suis particulièrement reconnaissant d'avoir montré la voie à suivre pour réaliser cette fameuse voiture S.I.A., qui sera vraiment la voiture économique, puisqu'il nous a laissé entrevoir qu'avec 4 litres aux 100 kilomètres on pourrait arriver à faire jusqu'à 100 ou 120 kilomètres à l'heure.

Il est évident que les réalisations seront peut-être difficiles, mais je crois que la voiture 1940 sera complètement différente de la voiture 1935. Il est absolument certain que si nous travaillons dans une voie tout à fait différente de celle des voitures actuelles, nous pourrons faire de très grands progrès, et le petit schéma que vous avez si rapidement dessiné sera peut-être générateur d'un très grand progrès et d'un renouveau de l'industrie française, car je crois que si nous voulons en

France progresser, tenir notre place, il faut absolument sortir des sentiers battus et offrir à la clientèle quelque chose de nouveau qu'elle puisse vraiment apprécier, soit par le prix d'achat, soit surtout par le prix d'entretien.

Je ne suis pas tout à fait de l'avis du conférencier quand il dit que l'automobile va voir pâlir son étoile par suite des progrès de l'aviation, car je suis tout à fait d'accord que l'aviation pourra nous transporter très rapidement d'un point à un autre, de Paris à Dijon par exemple, et que l'automobile sera certainement battue de ce chef, mais il ne faut pas oublier que nous faisons l'automobile pour faire du porte à porte, et il est assez difficile de concevoir, même un autogyre, qui partira de l'avenue Henri-Martin et qui ensuite, à Dijon, nous fera toutes les courses que nous aurons à faire dans une ville.

Par conséquent, je crois que l'automobile a encore de beaux jours devant elle car, si les transports par avion sont extrêmement intéressants pour les transports en commun, je crois que les transports individuels se feront encore bien longtemps par l'automobile, car nous sommes après tout de pauvres terriens, nous ne pouvons pas toujours avoir des ailes; par conséquent, je crois être un bon prophète en disant que la S.I.A. aura contribué très largement, par une conférence comme celle de M. Andreau, ce soir, à trouver de nouvelles formules qui nous permettront de remonter cette industrie.

(Applaudissements.)

**Constructeurs, Techniciens,
demandez à vos fournisseurs,
afin de faciliter vos recherches,
qu'ils fassent insérer
leurs notices dans le DOSSIER
TECHNIQUE S.I.A.**