

LA RÉSISTANCE DE L'AIR ET L'AUTOMOBILE

par M. ANDREAU

INGÉNIEUR-CONSEIL, MEMBRE S.I.A., VICE-PRÉSIDENT DE LA 2^e SECTION TECHNIQUE S. I. A.

Réunion en collaboration avec la Société de Navigation Aérienne (S. N. Aé.)

M. le Président. — Messieurs,

Munis des renseignements indispensables que nous a donnés M. Giqueaux, nous allons pouvoir écouter avec beaucoup plus de fruit la conférence de M. Andreau, Ingénieur-Conseil, membre S.I.A. et Vice-Président de notre 2^e Section Technique, sur : *La résistance de l'air et l'automobile, recherches expérimentales*.

M. Andreau, qui est Directeur des essais aérodynamiques aux Usines Chausson, nous fera part du résultat de ses recherches expérimentales et je ne doute pas qu'après l'audition de cette conférence, nous puissions dessiner des carrosseries présentant la moindre résistance à l'avancement.

Je donne la parole à M. Andreau.



MONSIEUR
LE PRÉSIDENT,
MESDAMES,
MESSIEURS,
CHERS COLLÈGUES.

A la suite de la proposition de collaboration faite par la Société des Usines Chausson, dont je vous ai rendu compte dans une des séances du début de 1933, concernant les études de la résistance de l'air sur voitures, dans nos Laboratoires, ont eu lieu d'assez nombreux essais intéressants.

En particulier, à la demande de la Société des Automobiles Delage, nous avons fait des recherches très complètes sur des voitures D 8-15.

La Société Delage et la Société des Usines Chausson m'ont autorisé à vous en communiquer les résultats essentiels.

Les essais ont porté sur différents types de carrosserie, avec combinaisons d'ailes, de phares, etc..., afin de rechercher la résistance minimum.

Ils ont été divisés en trois parties :

1^o Détermination du coefficient unitaire de résistance.

2^o Répartition des pressions. (Spectre aérodynamique.)

3^o Détermination des courbes métacentriques. (Influence d'un vent traversier sur la marche et la stabilité.)

PREMIERE PARTIE

I. — DÉTERMINATION DES C_x .

La formule de résistance à l'air est :

$$Rx = Cx S \frac{V^2}{16}$$

Rx : Résistance en kg

Cx : Coefficient unitaire de résistance (sans dimension).

S : Surface projetée, en mètre carré (perpendiculaire au vent).

V : Vitesse du vent en mètres par seconde.

Le tout ramené à 15° et 760 mm.

Poids spécifique de l'air, 1 kg 225. Atmosphère standard.

1^o Installations d'essais.

Les essais ont été effectués sur notre soufflante rectangulaire, à des vitesses variant de 6 à 30 m/s.

Cette soufflante avait été préalablement étalonnée au moyen de recouplements observés sur des radiateurs prototypes après tarages au gazomètre, et en outre par une investiga-

2^o Méthode d'essais.

Les essais de résistance ont été effectués de deux façons :

- a) Une seule maquette isolée dans le vent;
- b) Deux maquettes identiques accolées roue à roue, pour produire l'interaction du sol telle qu'elle est définie par la théorie des Images en aérodynamique.

L'échelle des maquettes était au dixième. C'est finalement cette dernière méthode qui

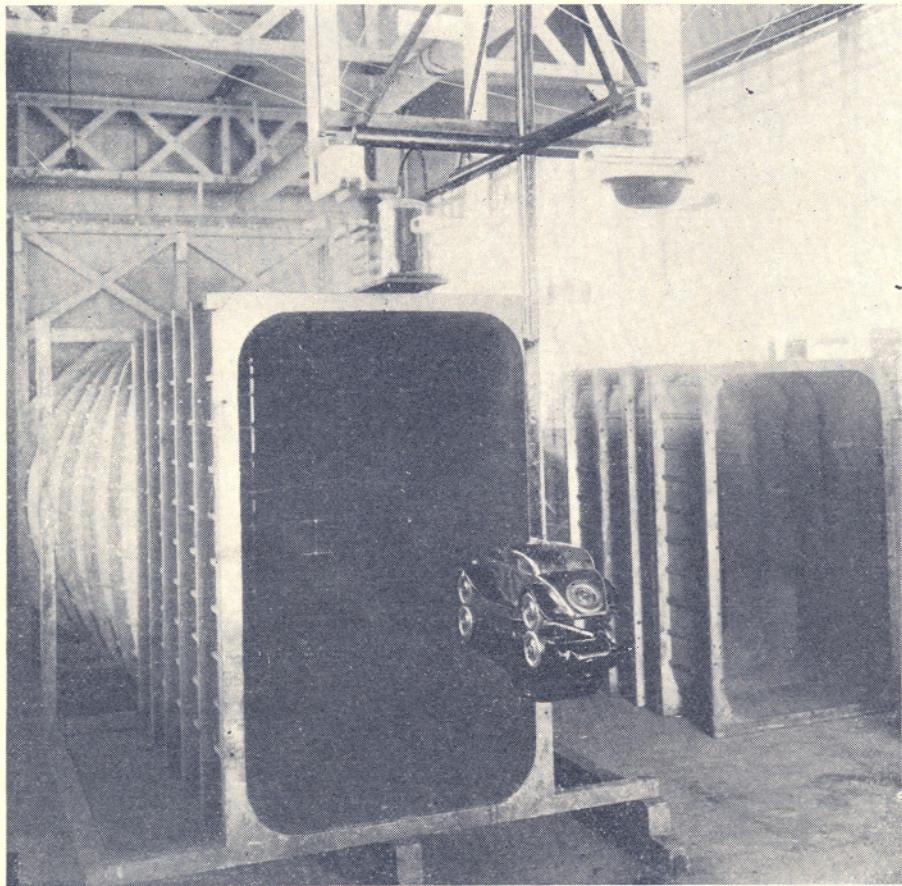


Fig. 1. — Soufflerie, balance, maquette dans le vent.

tion systématique au pitot et également à l'anémomètre.

Cette soufflante a été équipée avec une balance aérodynamique à freinage hydraulique et à réglage d'une sensibilité extrêmement précise, de façon à obtenir des indications suffisantes.

Les vitesses du vent au cours des essais étaient repérées par un manomètre ultra-sensible classique. (Fig. 1.)

nous a donné les meilleurs résultats et que nous avons généralisée. Nous avons observé que les vitesses moyennes dans le plan de symétrie sont très voisines de la vitesse au loin pour les maquettes utilisées et ceci explique les très bons recouplements observés.

L'emploi de deux maquettes symétriques est très favorable aux essais de résistance car la longueur du bras de levier de la balance est entièrement défini par le plan de symétrie.

Nous avons dressé les courbes obtenues en fonction du nombre de Reynolds de l'essai, qui, reportées sur un diagramme logarith-

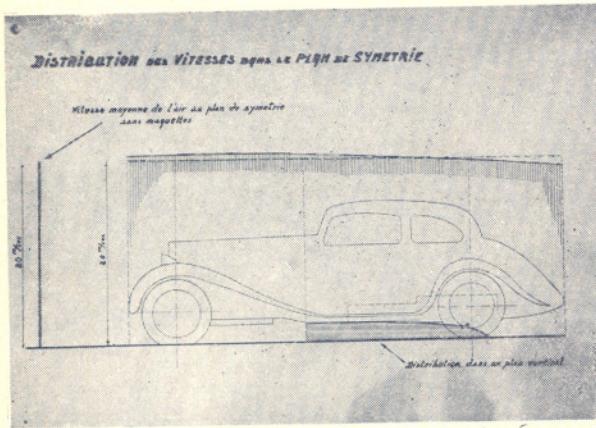


Fig. 2. — Distribution des vitesses dans le plan de symétrie de la voiture.

mique, deviennent des droites, qui sont dès lors faciles à placer avec une grande approximation. (Fig. 2.)

Le nombre de Reynolds est le produit d'une dimension caractéristique de l'objet, multiplié par la vitesse du vent au loin, divisé par la viscosité cinématique de l'air. Cette dernière est le coefficient de viscosité, divisé par la densité de l'air.

Ce nombre est un produit vitesse dimen-

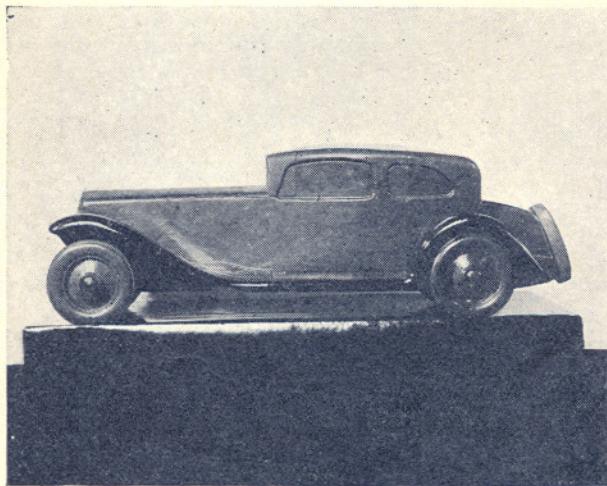


Fig. 3. — Maquette, caisse série.

sion, qui définit l'échelle de similitude des essais.

La variation du C_x est de la forme R^n ou $(VD)^n$; n est généralement négatif.

Les coefficients de correction utilisés pour tenir compte de la grandeur relative de l'ensemble des maquettes et de la veine sont les coefficients classiques en veine libre, sans aucune autre correction particulière.

Il a été procédé en outre à des examens du mode d'écoulement de l'air autour des carrosseries au moyen de fumigérine, et au moyen de girouettes légères s'orientant suivant la direction du filet d'air ou bien entrant en rotation avec plus ou moins d'intensité dans les régions tourbillonnaires.

Les maquettes étaient constituées par : un profil A, qui est celui de la caisse série (fig. 3);

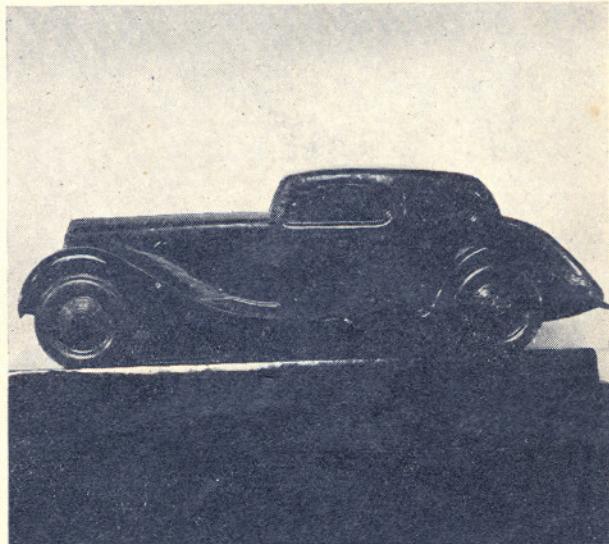


Fig. 4. — Maquette caisse demi-profilée.

un profil B, caisse nouveau modèle (Sport), pare-brise à $22^{\circ}30'$, AR demi-profilé, pneumatique noyé (fig. 4);

un profil C, caisse genre Maybach, pare-brise à 45° , AR entièrement continu, pneumatique noyé (fig. 5).

A ces différents profils ont été ajoutées des ailes série ou des ailes recouvrantes.

Les maquettes, extrêmement précises dans leur réalisation, avec sculpture exacte du dessous de la voiture, étaient divisées en plusieurs éléments démontables et ajustables, nous permettant de nombreuses combinaisons AV et AR, avec toujours les mêmes éléments de base.

Je vous communiquerai les résultats extrêmes, les combinaisons intermédiaires se plaçant à l'intérieur de ces limites.

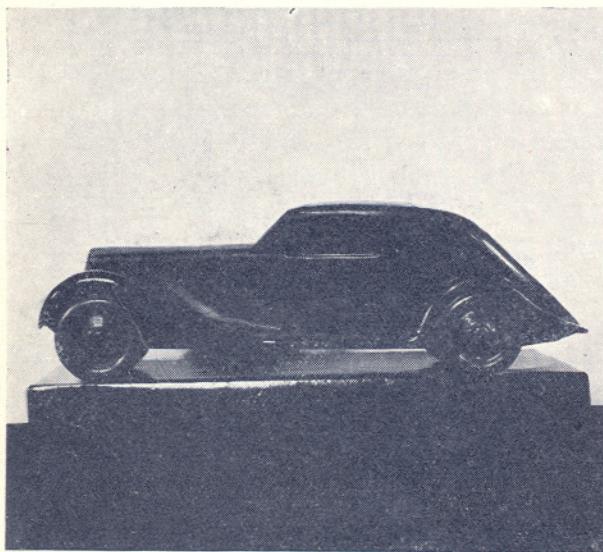


Fig. 5. — Maquette, caisse profilée.

Résultat des essais

Le tableau suivant donne la valeur des C_x toutes choses égales par ailleurs (ailes recouvrantes, phares allongés) :

Caisses	C_x	Réduction du C_x	Variation de Vitesse
Série	0,83		
Nouveau modèle	0,83	{ 5 %	1,6 %
Genre Maybach	0,79		

On peut constater que le profil des caisses joue un rôle très faible dans ces conditions.

En ce qui concerne la caisse nouveau modèle à ailes recouvrantes, le point d'essai suivant effectué à Monthléry nous a été indiqué par les usines Delage :

Vitesse en palier 140 km (39 m/s)
Puissance du moteur.... 102 ch
Poids de la voiture 1610 kg
Maître couple 2 m²

Il est aisément de rétablir le C_x par le calcul. En adoptant un rendement moyen pont et pneus

de 0,95, chiffre normal, on trouve une poussée de 186 kg.

Le coefficient de roulement moyen à Monthléry étant de 16 kg par tonne, donne un effort de roulement de 26 kg.

La résistance à l'air devient 160 kg (86 %).

En appliquant $C_x = \frac{16 Rx}{SV^2}$ on trouve :
 $C_x = 0,83$.

Or, la courbe de nos essais, qui sont effectués entre $VD=1$ et $VD=4$, passe au mieux à la valeur 0,83 qui correspond à l'essai de Monthléry.

CECI EST D'UNE IMPORTANCE CAPITALE ET LÉGITIME LES RÉSULTATS DE NOS ESSAIS.

On peut admettre dans ces conditions que la valeur relative des coefficients indiqués touche de très près la réalité et qu'il ne s'est pas produit, au moins pour cet essai, de modification dans le mode d'écoulement.

On voit ainsi que le changement pur et simple du tracé de la carrosserie, dans les limites ci-dessus, ne donne qu'une amélioration du coefficient de résistance de 5 % et une amélioration de vitesse de 1,6 %, ce qui nous semble absolument négligeable.

Influence des ailes

Caisse Série phares allongés	C_x	Réduction du C_x	Gain de vitesse
Ailes série.....	0,9		
Ailes recouvrantes.....	0,83	{ 7,8 %	
Sans ailes.....	0,57		36,6 %

Sur tous les profils les ailes recouvrantes sont plus favorables que les ailes série.

La suppression des ailes, qui d'ailleurs ne diminue pas sensiblement le maître couple, donne une chute considérable du coefficient qui passe de 0,9 et 0,83 à 0,57.

L'abaissement de résistance ainsi obtenu est donc environ sept fois plus grand que par la variation des profils.

Il nous semble donc, pour le moment, qu'un travail suivi d'un succès non douteux puisse être entrepris sur l'étude des tôleries concer-

nant les ailes et les marchepieds, d'autant plus que les écoulements de l'air constatés autour de la voiture donnent un commencement d'explication de l'action défavorable de ces derniers.

Influence des phares

Courbe n°	Caisse	C_x	Variation du C_x	Variation de vitesse
6	Nouveau modèle, phares série...	0,8	+3,8 %	-1,3 %
2	Ailes recouvrantes phares allongés	0,83		
7	Caisse Maybach, phares allongés	0,86	-11 %	+3,5 %
8	Ailes série, sans phares.....	0,77		

Contrairement à l'opinion de ceux qui ont dessiné les phares allongés, dits « aérodynamiques », probablement dans le but de leur donner une résistance à l'air moindre, les phares les plus courts résistent le moins.

Longs ou courts résistent d'ailleurs davantage que le disque plat correspondant.

Un gain de 11 % est possible par suppression des phares dans leur forme actuelle, c'est-à-dire un gain deux fois plus fort que celui dû à la modification des profils.

UN ESSAI SUR PISTE AVEC PHARES ALLONGÉS ET SANS PHARES A FAIT GAGNER 5 KM/H, CE QUI PRÉSENTE 3,5 %, CHIFFRE FOURNI PAR NOS ESSAIS, AU LABORATOIRE.

Ceci est un recouplement fort intéressant, car il porte seulement sur un détail.

Influence du capotage du dessous de la voiture

Courbe n°	Caisse nouveau modèle Ailes recouvrantes	C_x	Variation du C_x	Variation de vitesse
2	Sans capotage....	0,83	-4,8 %	+1,7 %
9	Avec capotage....	0,79		

Le résultat est sensiblement égal à la variation du profil.

Le diagramme (N° 1) donne les variations de vitesse en fonction des C_x que nous avons mesurés.

Le gain sur le coefficient, avec les simplifications indiquées est de 0,89 à 0,55 (38 %).

Les vitesses passeraient de 137 à 160 km/h, en prenant le profil genre Maybach, en enlevant phares, marchepieds et ailes, et en carénant le dessous de la voiture.

Ici, je vous propose deux problèmes d'arithmétique, basés sur les variations du C_x , à titre seulement indicatif.

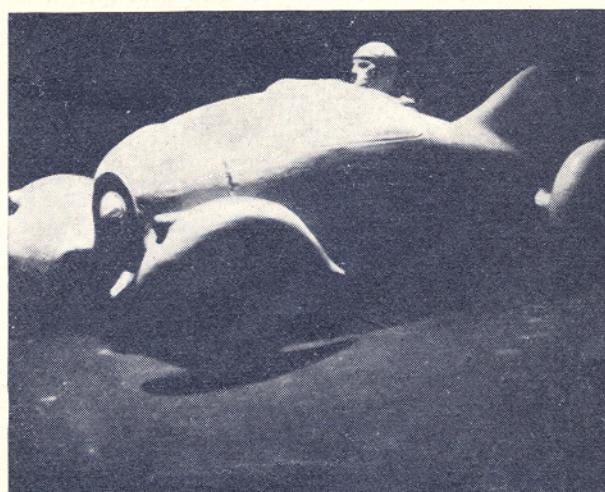


Fig. 6. — Carène en profil d'aile Joukowski, dérive de section droite théorique.

Supposons une voiture de 1.400 kg. en charge totale, consommant 12 litres aux 100 kilomètres à 70 km/h. Chiffre courant; voiture de grosse diffusion.

La résistance de l'air absorbe les 2/3 de la puissance à cette vitesse, soit : 8 lit. aux 100 kilomètres.

1° Modification des phares. — Diminution de 11 %, soit 0 l. 9 aux 100 km., ou bien environ 1 fr. 80 aux 100 km.

Si la voiture fait 10.000 km par an; 180 fr. par an d'économie d'essence.

Si un million de voitures roulent moyennement dans ces conditions, on peut dire que 180.000.000 de francs sont dépensés inutilement en essence par les seuls phares, et

peuvent être économisés par leur suppression sous leur forme actuelle.

2^e Modification des ailes et des phares. — Le Cx passe de 0,89 à 0,55.

Ceci représente une économie de 3 litres aux 100 km ou 6 f aux 100 km et, par an, 600 f par voiture, ou encore 600 millions d'essence économisée par an.

Au moment où l'automobile va être frappée d'une nouvelle et lourde contribution, ces chiffres ne sont pas sans intérêt.

Nous avons mesuré le Cx d'une voiture représentée par la figure 6.

La carène est définie par une aile Joukow-

ski d'épaisseur relative $\frac{1}{4}$. Elle comporte un

capotage N.A.C.A. à l'avant, pour un moteur en étoile refroidi à l'air. Ses garde-boue sont globiques à l'AV et à l'AR, et détachés de la carène. Elle comporte une dérive de section droite théorique.

Cette voiture *entièrement complète* donne un Cx de 0,53.

Donc, les chiffres cités plus haut ne sont pas inaccessibles. Cependant, son coefficient de résistance est énormément supérieur à la valeur indiquée par les calculs aérodynamiques dont elle est issue.

Ce qui prouve que nous sommes assez loin de connaître la question.

quettes entre elles. Pour la voiture nouveau modèle nous avons trouvé une poussée verticale de 35 kg à 140 à l'heure. Il faut donner à la maquette une inclinaison négative pour annuler cette poussée, et par conséquent obtenir ainsi le Cx minimum.

Je me permets ici de vous raconter une analogie entomologique, à propos des interactions.

J'ai observé dans les Landes un insecte carnassier, d'environ 5 cm de long, sans ailes, profilé, relativement plat, de largeur 6 à 8 mm, de livrée sombre. Il s'appelle le Staphylin. C'est un animal grand coureur, qui charge à une vitesse extraordinaire.

Or, lorsqu'il court, il se dresse assez sur ses pattes qu'il a longues, arque son corps suivant un profil concave vers le haut, la tête plus basse que l'abdomen. Bref, aile d'avion retournée. Il a besoin d'aller vite pour se nourrir. Il faut donc qu'il réalise l'interaction minimum. Il agit exactement dans le sens qu'il nous a fallu adopter pour nos maquettes.

J'ai observé depuis des carabes dorés, qui sont aussi coureurs rapides et qui, sans exagérer comme le Staphylin, courrent la tête plus basse que l'abdomen.

Il ne nous reste qu'à comprendre, car ces insectes ont, sans nul doute, raison, bien qu'ils se déplacent en régime laminaire, qui n'est pas le nôtre.

Interaction du Sol

Courbe n°	Caisses	Cx sans interaction	Cx avec interaction	interaction
10	Maybach, ailes recouvrantes, phares allongés	0,7	0,79	0,125
11	Nouveau modèle, d° ..	0,7	0,83	0,185
12	Série, ailes phares série.	0,75	0,85	0,135

On voit que l'interaction augmente le Cx de 12 à 18 % déjà pour des valeurs élevées du Cx, de l'ordre de 0,7.

Nous avons mesuré la réaction des ma-

D'autres essais que nous avons effectués avec une grande précision nous ont montré, particulièrement sur des tubes profilés, l'importance énorme des interactions lorsque les

C_x diminuent. Nous avons constaté que, pour des valeurs des C_x variant de 7 à 1, les interactions varient de 1 à 7, en sens inverse, de sorte que la résistance totale d'un réseau n'est pas sensiblement changée et semble ainsi presque indépendante des profils. Dans ce cas les interactions sont multiples, et elles sont moindres pour une voiture sur la route, ce qui laisse malgré tout l'espérance d'arriver à diminuer les C_x d'une façon appréciable.

Les extrémités inférieures de ce tourbillon partent en dessous du marchepied, en dedans des roues AR et se rejoignent par le dessous de la caisse aux extrémités inférieures du tourbillon attaché II qui se trouve, lui, en arrière de la caisse, au-dessus de la malle, et qui est également disposé à cheval sur la voiture.

Ce tourbillon II se rejoint par ses extrémités inférieures aux tourbillons attachés III et III' qui constituent une sorte de sillage tourbil-

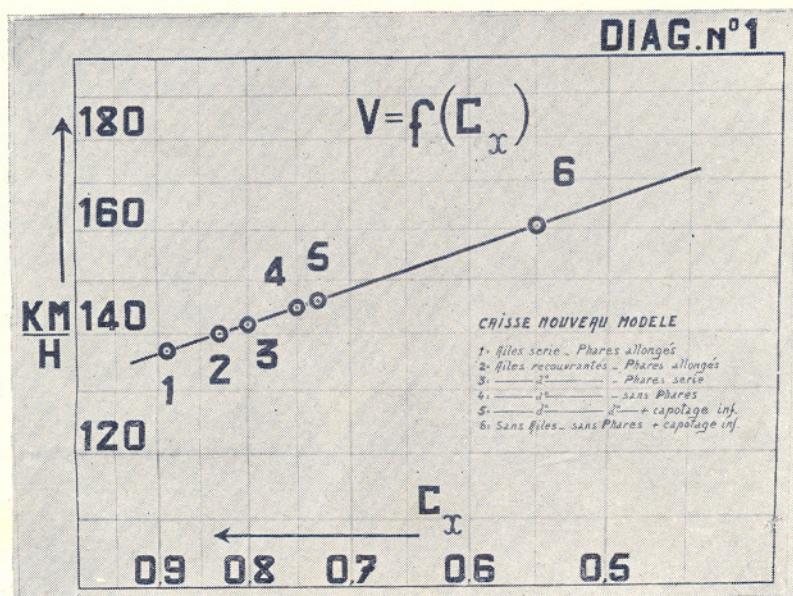


Diagramme n° 1 donnant les variations de vitesse en fonction de C_x .

Ecoulement de l'air autour d'une voiture

La figure 7 représente schématiquement les écoulements que nous avons observés (fig. 7).

Ceux-ci comportent plusieurs éléments :
 1^o Les lignes continues cotées de 1 à 8;
 2^o Deux tourbillons stationnaires I et II;
 3^o Deux tourbillons attachés III et III';
 4^o Un écoulement alterné IV placé à l'arrière entre les tourbillons attachés.

La ligne neutre N se trouve sensiblement à la même hauteur AV et AR, à environ $\frac{1}{3}$ du radiateur.

Le filet 6 est dévié latéralement et vers le bas, et vient se raccorder à la naissance du tourbillon stationnaire I qui se crée avant le pare-brise.

lonnaire, qui persiste extérieurement loin en arrière et est tout à fait comparable aux tourbillons attachés, aux extrémités des ailes d'avion.

Entre ces tourbillons attachés se trouve un écoulement alterné qui est commun à certains écoulements qu'on observe pour des nombres de Reynolds définis, en arrière de sphères ou de prismes.

Il est assez compréhensible que, si l'on supprime les marchepieds et que l'on munisse les parties inférieures latérales de la caisse d'un congé, on diminue la contrainte que subit le tourbillon I pour se raccorder au II. Il s'ensuit une diminution de la résistance.

Nous avons également observé les écoulements autour de la voiture C, pare-brise à 45° et AR continu. Les tourbillons I et II subsis-

tent. Ils deviennent extrêmement plats, et leur intensité s'accroît. Les tourbillons attachés prennent une vigueur beaucoup plus grande que dans le cas de la voiture série.

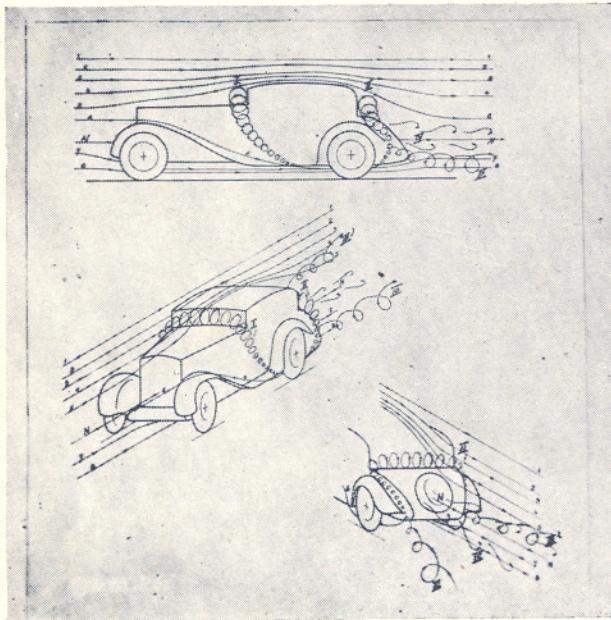


Fig. 7. — On remarquera notamment sur cette figure : les deux tourbillons stationnaires passant devant le pare-brise et au-dessus de la malle arrière ainsi que les deux tourbillons attachés, à l'arrière des roues arrière.

Ces indications ne sont pas suffisantes pour qu'on puisse, d'ores et déjà, se rendre compte de l'orientation qu'il y aurait lieu de donner à la forme des caisses, mais peuvent constituer néanmoins un sujet de réflexion que des essais comparatifs permettront sans doute de comprendre ou du moins d'utiliser. (Ici projection des écoulements autour des profils de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr. M. Lacaine et M. Toussaint.) Figures 8 à 14.

Conclusion de la première partie

Les profils de caisse tels qu'ils sont établis pour des voitures dites « aérodynamiques » ne donnent pour l'instant que des améliorations négligeables.

Le travail sur les ailes, les marchepieds et les phares semble incontestablement plus prometteur.

Dans ces conditions, on peut se demander s'il est véritablement opportun que les modifications de forme de carrosserie auxquelles

nous assistons se placent sous l'égide de l'aérodynamique, et si l'on ne devrait pas simplement les couvrir de rubriques commerciales. Des noms de perturbations atmosphériques semblent convenir tout particulièrement : Rafale, Autan, Bora, Mistral, Trombe, Simoun, Sirocco, Tramontane, Ouragan, Typhon, etc.

La contradiction entre les résultats et les espérances montre que la question est fort complexe et ne pourra sans doute être sérieusement améliorée que par des investigations systématiques au Laboratoire avec les méthodes que nous avons adoptées, ainsi qu'il a été nécessaire de faire pour les avions.

DEUXIÈME PARTIE

DIAGRAMME AÉRODYNAMIQUE

Méthode employée. — La maquette est creuse et comporte, sur les lignes 1, 2, 3, 4, et a b c des séries de trous espacés de 20 m/m. Ces trous sont obturés par des bouchons et bien étanchés. Le vide intérieur de la maquette est relié à un manomètre ultrasensible. L'essai est fait en interaction. (Diag. n° 2).

Lorsqu'on débouche un trou, le volume in-

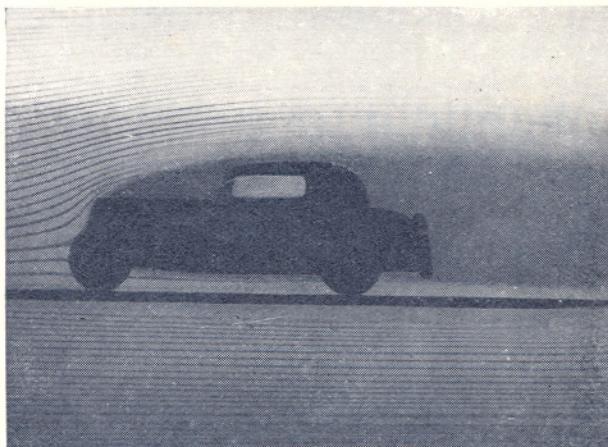


Fig. 8. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette caisse série. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

térieur prend la valeur de la pression ou de la dépression à cet endroit.

L'essai a été fait à une vitesse de 20 m/s.

L'échelle du vent à l'infini est représentée par la longueur MN.

On relève cette valeur sur la surpression frontale du radiateur au point neutre.

La maquette comporte une face pleine au droit du radiateur.

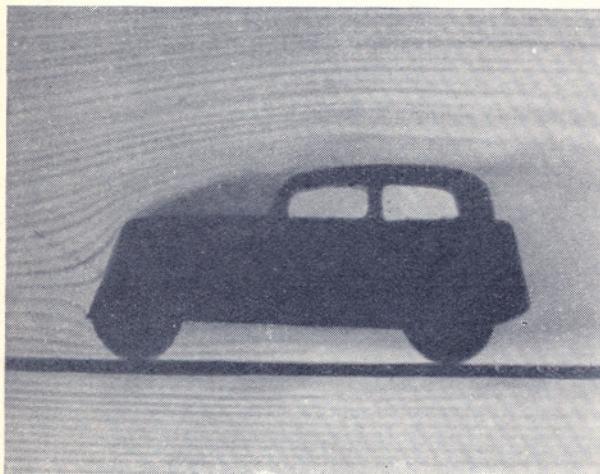


Fig. 9. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette, arrière sans malle. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

Il est facile de passer au cas réel, en composant les éléments donnés par la face pleine et le radiateur d'une part, caractérisé par sa perméabilité, et la voiture de l'autre, caractérisée par la perméabilité du circuit : radiateur + voiture.

Le diagramme représente les pressions, vers l'intérieur, et les dépressions, vers l'extérieur, portées normalement aux parois.

Vent relatif. — Ces pressions permettent de déterminer le vent relatif en un point, ou bien le vent moyen sur une zone.

a) Au point neutre, le vent relatif est nul. Le vent à l'infini est, en effet, arrêté sur le mobile et engendre sa hauteur dynamique

$$H = \frac{V^2}{16} \quad (1).$$

Si la pression décroît, le vent relatif est défini par

$$\frac{V^2 r}{16} = H - h \quad (2)$$

si h est la pression au point considéré.

b) En un point où h est nul, c'est-à-dire sans pression ni dépression, le vent relatif est égal au vent à l'infini.

c) Si h est négatif, le vent relatif est plus grand que le vent à l'infini.

$$\text{Si } a \text{ est le rapport } a = \frac{h}{H}$$

on a :

$$\frac{V^2 r}{16} = H(1-a) = \frac{V^2}{16}(1-a)$$

donc

$$V_r = V \sqrt{1-a} \quad (3)$$

Dans le cas d'une dépression, a est négatif.

Par exemple, au point de décollement, à la partie supérieure de la calandre $a = -1,63$

$$V_r = V \sqrt{2,63} = 1,62 V$$

$$\text{Si } V=20 \text{ m}, V_r = 32,40 \text{ m.}$$

L'équation (3) permet de calculer le vent relatif en un point donné.

On peut voir, par exemple, que les phares sont dans un vent plus fort que le vent à l'infini d'environ 40 %. Ceci correspond à une résistance globale environ double de celle qu'ils auraient, placés simplement dans le vent.

Leur C_x étant déjà de l'ordre de 1,35 contre 1,12 pour le disque et 0,83 pour la voiture, ils agissent donc comme si leur surface était 3,25

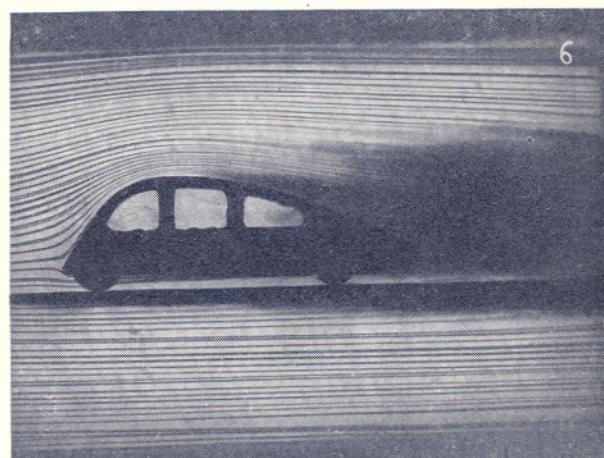


Fig. 10. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette profilée. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

fois plus grande, comptée en surface maître couple.

Nous supposons qu'ainsi s'explique partiellement l'influence des phares qui est disproportionnée avec leur dimension.

Examen d'ensemble

La voiture est, d'une façon générale, en dépression. Les pressions importantes sont sur

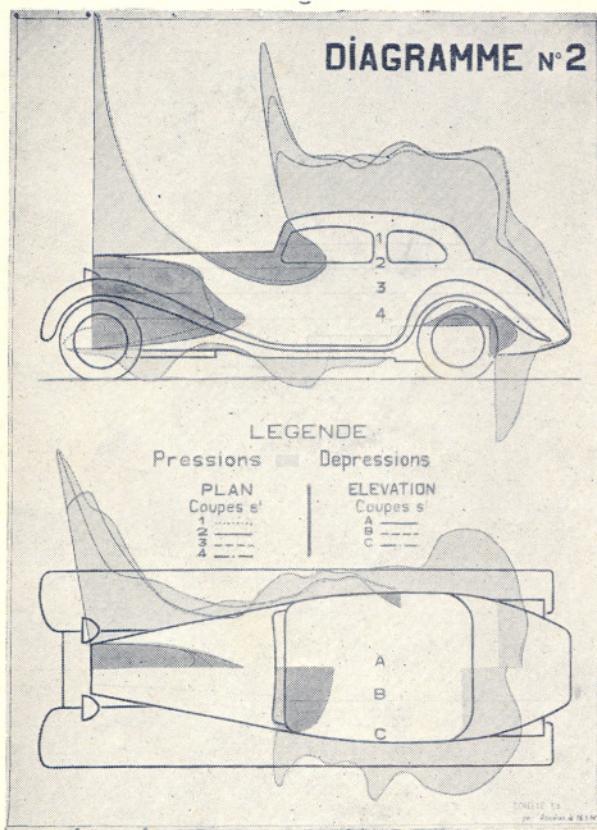


Diagramme n° 2. — Dans ce diagramme aérodynamique, les pressions et dépressions sont tracées perpendiculairement aux surfaces considérées. Les pressions vers l'intérieur du profil (gris foncé), les dépressions vers l'extérieur (gris clair).

le radiateur, le pare-brise, l'avant des ailes AR, la partie supérieure AR du capot.

On note aussi une faible surpression en dessous de la planche à pieds, c'est-à-dire à l'endroit où généralement on compte faire sortir une partie de l'air du capot.

La face antérieure du réservoir AR est en pression et gêne la marche. C'est sans doute ce qui explique l'influence favorable d'un fond continu.

On voit très nettement en arrière du capot et sur le pare-brise, le changement de direction de l'air dû au tourbillon stationnaire à cet endroit, influence qui se manifeste aussi sur les diagrammes latéraux 2, 3, 4. De même à l'arrière, la dépression diminue brusquement au passage du tourbillon attaché. Celui-

ci est donc partiellement propulseur, ce qui explique l'influence fort faible de la partie AR de la caisse.

Ventilation. — Il ressort avec évidence que, la majeure partie de la caisse étant en dépression, les fuites de toute nature, par le plancher, par les fermetures de portière, etc., ont comme action de déterminer un vide à l'intérieur de la caisse. Celle-ci s'alimente donc par d'autres fuites en pression relative, et en majeure partie par la planche à pieds et par l'auvent.

D'où circulation de l'air du capot à travers la caisse. Le meilleur moyen de ventilation consiste donc :

a) à obturer tous les trous et toutes les communications par l'auvent, la planche à pieds et le plancher;

b) à ouvrir, au moyen de ventouses, des entrées d'air pur, d'un débit suffisant, dans les zones de pression.

Il faut, en effet, que le débit d'air pur en pression excède le débit d'air de la caisse vers l'extérieur. Celle-ci pourra ainsi être mainte-

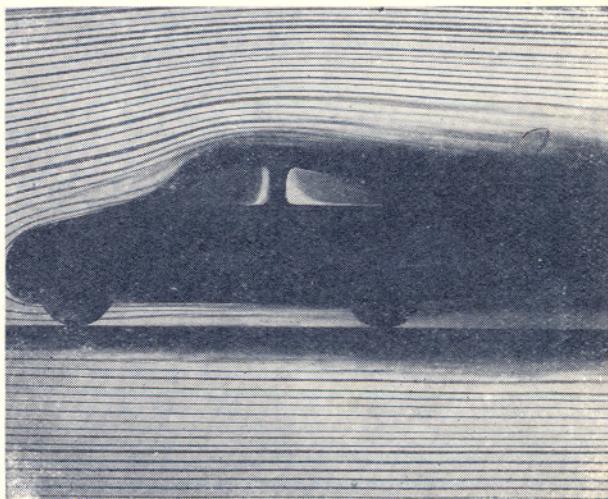


Fig. 11. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette profilée. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

nue en pression et l'on évitera toutes mauvaises odeur et chaleur.

Conclusion de la deuxième partie

L'examen du diagramme aérodynamique donne des recoupements intéressants eu égard

aux résistances mesurées et aux écoulements constatés. C'est une vérification qualitative de valeur.

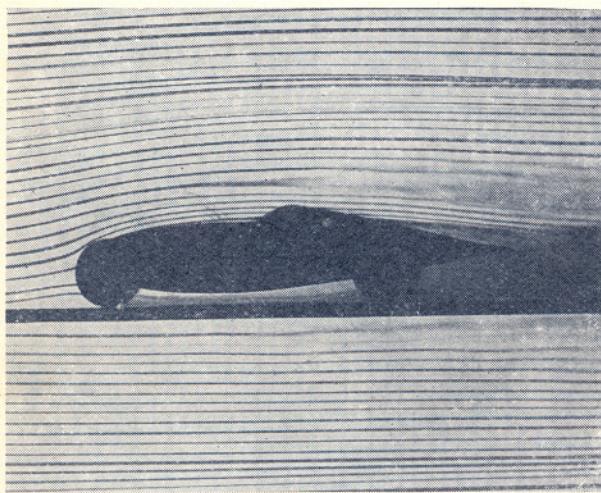


Fig. 12. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette, profil de course. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

Il permet en outre de résoudre les problèmes de ventilation en disposant de *données exactes*, données que rien ne peut faire prévoir à priori, et il contribue ainsi grandement à l'amélioration du confort et du refroidissement.

TROISIÈME PARTIE

MESURES DE LA RÉSULTANTE DES FORCES DU VENT SUR UNE VOITURE. — INFLUENCE DU VENT SUR LA MARCHE ET LA STABILITÉ.

Mode d'essais. — A. Les deux maquettes en interaction ont été placées dans le vent entre deux pivots d'axe vertical, leur permettant de prendre librement leur angle de dérive, suivant le point de rotation choisi.

En avant du métacentre zéro, les maquettes restent dans le lit du vent.

Au métacentre zéro, on constate un équilibre assez indifférent.

A mesure qu'on recule l'axe de rotation, les maquettes se stabilisent sur des angles de dérive de plus en plus grands que nous avons appelés α .

Ces angles ont été notés.

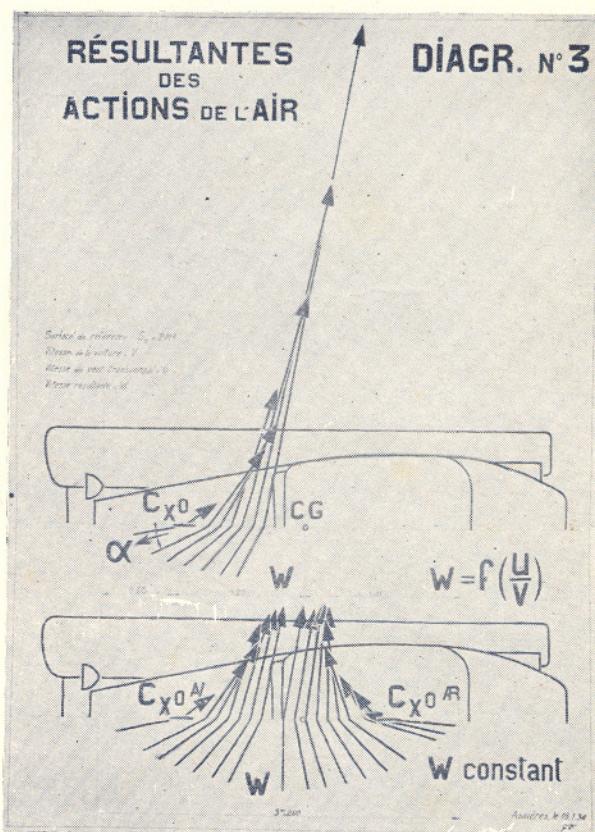
B. La balance a été modifiée de façon à pouvoir peser dans l'axe du vent et à 90° de celui-ci.

Pour chaque position de dérive, il a été mesuré ainsi une composante dans le vent et une composante perpendiculaire qui ont permis d'obtenir la résultante des actions de l'air, passant par le métacentre correspondant. Ces composantes sont le C_x et le C_y aérodynamiques normaux, car la maquette était dans le sens de son orientation naturelle au vent relatif (Polaire). (Diagr. n° 3.)

$$\text{Surf. lat. } 4,8 \text{ m}^2 \quad C 90^\circ = 1,67$$

C. Une voiture suivant une route quelconque par rapport au vent n'est pas dans ces conditions.

Nous avons donc projeté les résultantes trouvées sur l'axe de la voiture et sur un axe



Diagrammes n° 3 et n° 4. — Le n° 3 est le diagramme supérieur. Le n° 4 est le diagramme inférieur.

perpendiculaire et appelé ces valeurs C_x et C_y .

Nous avions donc ainsi, en fonction de l'angle du vent relatif (angle de dérive), les projections axiales et transverses de la résis-

tance de l'air, ainsi que les métacentres, pour un vent relatif constant.

D. Or, si l'on suppose un vent u de travers

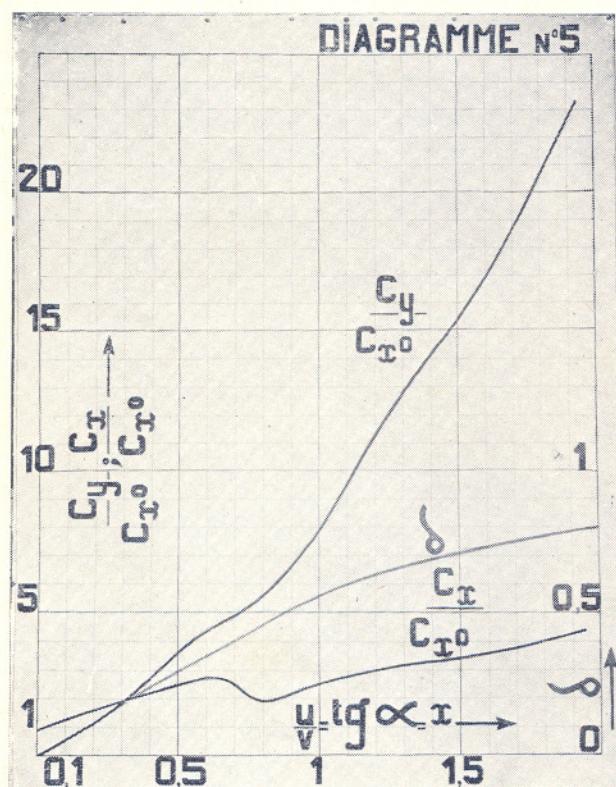


Diagramme n° 5, donnant les C_x et C_y en fonction de $\frac{u}{v}$

à 90° , par exemple, et des vitesses V de la voiture, variables, on voit que le vent relatif change et est à chaque instant :

$$W = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Nous avons donc calculé les composantes W entre un vent transverse et les vitesses V de la voiture, et modifié les C_x et C_y en proportion.

Le C_x et le C_y ne sont plus que des fonctions de l'angle de dérive $\frac{u}{v} = \operatorname{tg} \alpha$, et de la vitesse V de la voiture.

Toutes corrections soufflerie ont été faites, bien entendu, et les valeurs trouvées ont été ramenées à des valeurs proches de la réalité, en tenant compte de la variation du nombre de Reynolds ainsi qu'il a déjà été fait pour les C_{x_0} (résistance axiale).

Examen des résultats. — Le diagramme n° 4 donne les positions des métacentres, les angles de dérive, les angles et les valeurs des résultantes pour des vents transverses perpendiculaires tels que leurs valeurs soient $\frac{u}{v} = \operatorname{tg} \alpha$.

La surface de référence est la surface frontale de la voiture : soit S_0 . Ici elle est 2 m^2 .

La suite des forces ne donne pas une courbe métacentrique régulière comme sur les corps simples, parce qu'il doit se produire des variations du mode d'écoulement en fonction des angles α , ainsi que semble le montrer le diagramme n° 5.

Ce diagramme donne les C_x et C_y projetés sur l'axe et perpendiculaires à l'axe de la voiture en fonction de $\frac{u}{v}$ que nous appellerons x .

Il donne en outre les rapports $\frac{C_x}{C_{x_0}}$ et $\frac{C_y}{C_{y_0}}$.

On peut voir que pour $\frac{u}{v} = 0,8$ C_x passe

par un minimum relatif. Ce point correspond sensiblement au moment où la diagonale de pavillon est dans le vent relatif. Il y a donc,

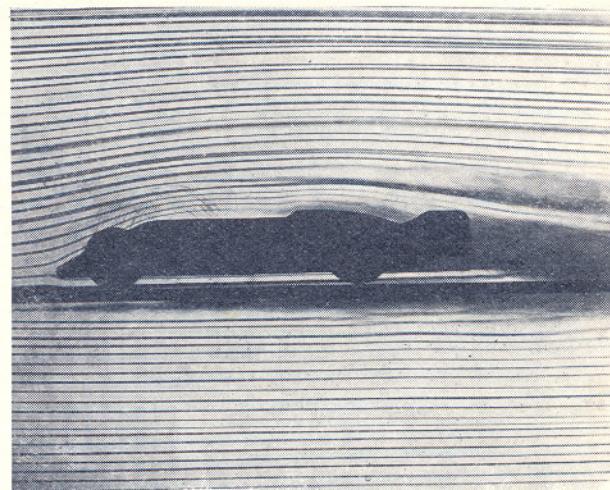


Fig. 13. — Ecoulement des filets d'air autour d'une maquette profil de course avec dérive arrière. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

sans doute, au voisinage de cette position, un changement d'écoulement dû à un changement de direction de la circulation horizontale qui s'établit autour du pavillon.

Détermination des résistances. — Pour une vitesse V, la résistance axiale de la voiture

$$\text{est } R_x = S_0 C_{x_0} \frac{V^2}{16}$$

Pour une valeur définie de $\frac{u}{v}$

$$R_x \left(\frac{u}{v} \right) = S_0 C_{x_0} \left(\frac{u}{v} \right) \frac{V^2}{16}$$

Si un vent transverse souffle, qui donne C_{x_0}

$\frac{u}{v} = 0,5$ par exemple, on a $\frac{C_{x_0}}{C_{x_0}} = 2,55$, on

aura alors $R_x = 2,55 R_0$.

On a de même $R_y \left(\frac{u}{v} \right) = S_0 C_{y_0} \left(\frac{u}{v} \right) \frac{V^2}{16}$

ici, $C_{y_0} = 3,6 C_{x_0}$

donc $R_y = 3,6 R_0$.

Dans les conditions choisies, la résistance axiale sera 2,55 fois la résistance par vent nul, et la résistance transverse 3,6 fois cette dernière valeur.

Remarque. — Toute composition de V avec une vitesse u quelconque donnant même composante que celle que nous avons prise pour standard, donnera les mêmes valeurs des résistances axiales et transverses.

La chose est évidente, et facile à faire pour les cas particuliers.

Positions du métacentre. — Pour une valeur donnée de l'angle de dérive, il se déplace vers l'arrière, à partir du métacentre zéro, d'une quantité que nous avons appelée $\hat{\alpha}$.

Cette quantité est très importante à connaître, car d'elle dépend le moment perturbateur dû au vent latéral.

Expression de $\hat{\alpha}$ en fonction de $\frac{u}{v}$. — $x \operatorname{tg} \alpha$.

— Cette longueur peut se traduire par l'expression suivante :

$$\hat{\alpha} = \frac{x + 1,042 x^2}{1,56 + x + 1,021 x^2}$$

$\hat{\alpha}$ est toujours positif, que le vent souffle de droite ou de gauche. Il faut prendre $x > 0$.

Position des métacentres. — Ces positions entraînent des remarques inédites :

1° Le métacentre zéro est très sur l'avant. Il est au cinquième de l'empattement.

Il est probable qu'au nombre de Reynolds

de fonctionnement les métacentres avancent encore un peu. Nos valeurs sont donc légèrement par défaut;

2° Le métacentre 90° est à hauteur du pare-brise.

C'est-à-dire que si la voiture était libre de tourner autour de l'axe vertical correspondant, elle se mettrait à 90° de sa position de marche par vent nul;

3° Le centre de gravité étant en G, la position d'équilibre naturel de la voiture dans le vent est à 75° de sa position de marche, l'arrière en avant.

L'adhérence lui défend heureusement de prendre cette position insolite.

Moments de la résistance de l'air. — On convient de traiter le moment de positif s'il tend à ramener le corps face au vent relatif et réciprocurement.

Dans le premier cas le corps est aérodynamiquement stable; dans le second, instable.

Ce qui importe pour nous, c'est la grandeur de la perturbation, qu'elle tende à éloigner la voiture du vent ou à l'en rapprocher.

Le centre de gravité peut occuper plusieurs positions (diagr. n° 6) :

a) en avant du métacentre zéro — corps stable;

b) au métacentre zéro — indifférence;

c) en arrière du métacentre zéro et en avant du métacentre 90° — zone centrale instable comprise entre deux angles de dérive $\pm \alpha$;

d) en arrière du métacentre 90° — corps

instable jusqu'à $\frac{u}{v} = \infty$.

Ce dernier cas est celui qui se produit sur la voiture.

Soit un point M, situé à une distance d du métacentre zéro vers l'arrière. Le moment de la résistance de l'air est

$$Cm = (\hat{\alpha} - d) \quad Ry = (\hat{\alpha} - d) S_0 \frac{V^2}{16} - Cy.$$

L'expression de Cy , qui change de signe avec x , peut être écrite avec une bonne approximation :

$$Cy = 5,42 x + 1,47 x^3 - 0,0507 x^5$$

L'expression du moment en fonction de x est alors :

$$Cm = S_0 \frac{V^2}{16} \left[\frac{x+1,04x^2}{1,56+x+1,02x^2} - d \right]$$

$$[5,42x+1,47x^3 - 0,0507x^5]$$

Ces expressions algébriques ne sont, bien

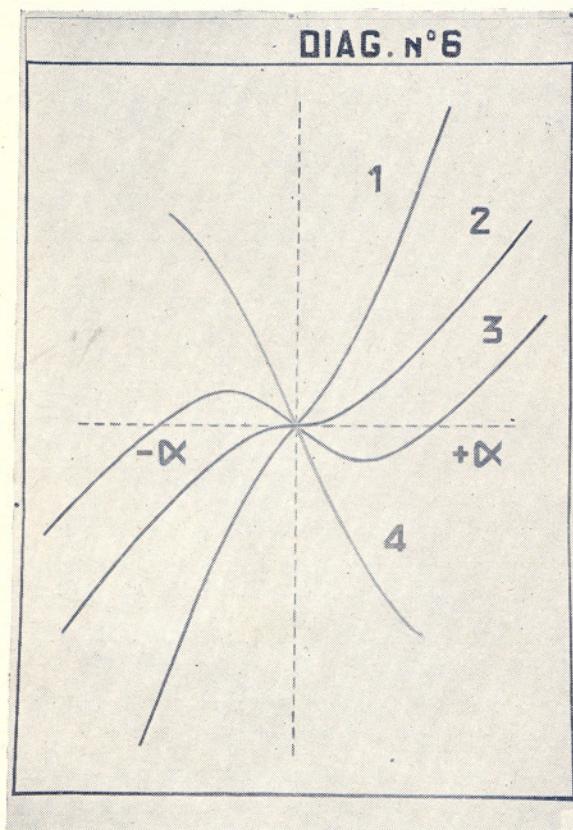


Diagramme n° 6, donnant les positions du centre de gravité par rapport au métacentre.

Courbe 1 en avant du métacentre 0.

Courbe 2 au métacentre 0.

Courbe 3 en arrière du métacentre 0 et en avant du métacentre 90°.

Courbe 4 en arrière du métacentre 90°.

entendu, pas nécessaires pour les applications puisqu'on dispose des diagrammes. Elles sont cependant indispensables si l'on veut classer les voitures, car elles permettent la détermination des coefficients de stabilité.

Coefficient de stabilité de forme. — Supposons qu'on élimine d en faisant $d = 0$; c'est-à-dire qu'on évalue les moments par rapport au métacentre zéro.

En dérivant par rapport à x , on trouve que la dérivée est nulle pour $x = 0$ (cas de la fig. 4).

En dérivant de nouveau, c'est-à-dire en faisant

$$\frac{d^2Cm_0}{dx^2}$$

on trouve pour $x = 0$ la valeur :

$$A_0 = \frac{Cm_0}{\frac{V^2}{S_0}} = +6,95$$

qui caractérise l'accélération du moment de la résistance de l'air autour du métacentre zéro.

Cette valeur, qui ne dépend ni de la vitesse du vent u , ni de la vitesse de marche V , ni de la position du centre de gravité, ni de la surface de référence, ne dépend donc que de la forme du corps considéré et caractérise son degré de stabilité propre.

Cette valeur permet donc un classement au point de vue stabilité.

On peut voir tout de suite qu'en automobile on a intérêt à la rendre aussi petite que possible, car elle conditionne ensuite l'instabilité réelle par rapport à un centre de stabilité donné.

Il faut donc des courbes métacentriques aussi peu ouvertes que possible.

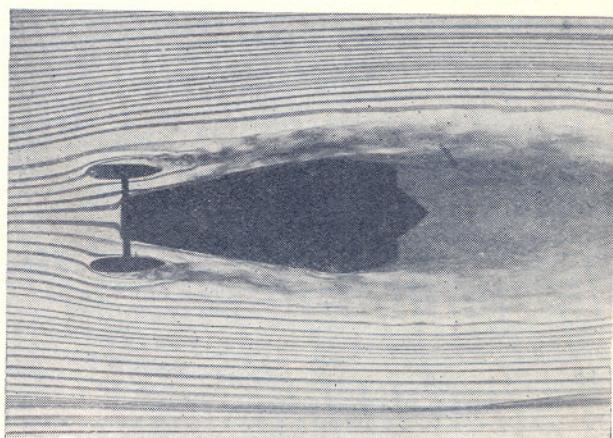


Fig. 14. — Ecoulement dans un plan horizontal des filets d'air autour d'une maquette profilée. Cliché de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, par MM. Lacaine et Toussaint.

Stabilité autour d'un point. — Pour le centre de gravité on trouve $A(G) = -6,5$ (cas fig. 6). Autour du différentiel on trouve :

$$A(\text{diff}) = -14,2$$

La recherche de l'annulation des moments revient à réaliser les courbes (2) ou (3); c'est-à-dire à reculer la courbe métacentrique dans une certaine proportion par l'adjonction d'une dérive, ou d'une contrainte quelconque aux circulations transversales vers l'arrière.

La réalisation de la courbe (3) semble suffisante en pratique.

On a malheureusement observé les deux faits suivants :

1° Si le C_x diminue beaucoup, le métacentre zéro avance en proportion. Pour certains profils, les moins résistants, nous avons observé ce centre, à 6 longueurs en avant de la pointe avant du corps!

Le développement de la dérive doit donc être d'autant plus grand que le C_x est plus petit;

2° Si l'on met une dérive, les nappes métacentriques, qui sont en général assez fermées, s'ouvrent beaucoup et les C_y augmentent sérieusement.

On diminue les bras de levier, mais on augmente les forces.

Le corps est donc plus sensible au déport latéral. C'est ainsi que, pour les projectiles d'aviation, nous avons été amenés à réaliser un équilibre stable juste suffisant, car un excès d'équilibre diminuait d'une façon assez considérable la précision du tir et rendait le projectile beaucoup plus sensible aux perturbations latérales.

Les mêmes phénomènes se reproduiront pour les voitures et là encore il faudra prendre le compromis le meilleur, et le plus adapté aux caractéristiques et aux buts de la voiture. Recherche évidemment totalement expérimentale.

Forces transversales appliquées aux essieux. R_y peut être remplacé par deux forces F_1 et F_2 appliquées aux axes AV et AR.

Si l est l'empattement :

$$F_1 = \frac{C_m (\text{diff})}{l} = S_o \frac{V^2 2,61 - \varepsilon}{16} C_y$$

$$F_2 = R_y - F_1$$

Les courbes F_1 et F_2 sont tracées sur le diagramme IV en supposant un vent latéral à 90° de 10 m/s.

Influence d'un vent latéral sur la marche axiale de la voiture. — En prenant les données suivantes :

Poids : 1.905 kg. $S_o = 2 \text{ m}^2$. $Cx = 0,83$

$u = 10 \text{ m/s}$ Puissance 102 ch Rend. pont = 0,95. Traction 16 kg/tonne.

A. Le diagramme de marche par vent nul a été tracé, il donne une vitesse d'équilibre à environ 140 m/h (diagramme n° 7).

B. Vent debout 10 m/s $x=0$.

Aux vitesses de marche il suffit d'ajouter $u=10$ pour avoir la nouvelle courbe II donnant une vitesse de 112 m/h. environ.

C. Vent latéral de 10 m/s (constant) à 90° .

En appliquant les formules, on voit que la courbe III calculée d'après les C_x ($\frac{u}{v}$) coupe la poussée motrice à 106 km/h.

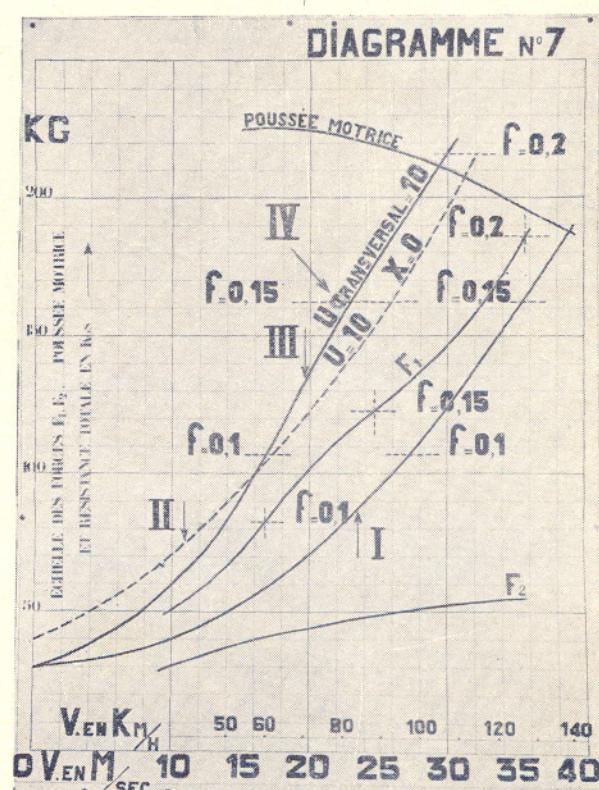


Diagramme n° 7, donnant l'influence d'un vent latéral sur la marche axiale de la voiture.

On voit que la voiture à partir de 58 km/h, ira plus vite avec vent debout de 10 mètres qu'avec le même vent latéral à 90° .

Ceci appelle une remarque concernant les essais de voiture.

Si l'essai est fait sur un circuit fermé, avec un vent moyen connu, il faut tenir compte des différentes valeurs *relatives* du C_x dans toutes les directions, et faire la correction pour la performance par vent nul, en procédant à une intégration graphique assez facile, si l'on dispose de la polaire horizontale de la voiture.

On peut ainsi calculer qu'un vent constant de 10 mètres augmenterait la consommation de 30 % environ pour la voiture nouveau modèle.

Un vent de 5 mètres, vent moyen au sol, l'augmenterait encore de 7 à 8 % et réduirait la vitesse moyenne maximum à 128 au lieu de 140.

La moyenne arithmétique de la vitesse n'est pas exacte. En effet, la vitesse relative intervient par son carré. En outre, les valeurs moyennes du C_x pour α variant de -90° à $+90^\circ$ par l'avant, n'est pas la même que par l'arrière. Ces essais doivent donc être exécutés par vent nul (0 à 2 m/s) ou bien corrigés au moyen de la polaire, ainsi que je l'ai déjà indiqué.

Le vent de 10 m/s est un vent assez fréquent. Il est compris entre 5 et 6 de l'échelle de Beaufort, c'est-à-dire entre jolie brise et bonne brise (9 à 11 m.).

Le vent moyen dans nos régions, d'après les relevées météorologiques sur 10 ans est 4 Beaufort (brise modérée) $u = 7$ m/s sur les côtes¹.

Donc la probabilité de performance d'une voiture devrait être établie avec $u = 5$ m/s.

Si l'on fait le calcul, on n'est pas loin de la réalité pratique d'utilisation des voitures.

Stabilité latérale de la voiture.

J'ai longtemps réfléchi pour savoir si j'allais vous communiquer cette partie de notre travail.

Je me suis décidé pour l'affirmative, confiant en votre objectivité technique, et conscient de soulever une question d'importance

capitale, non particulière aux magnifiques voitures dont je vous entretiens.

D'ailleurs, nous pouvons maintenant démontrer que bien d'autres se trouvent encore moins favorisées.

Si l'on suppose toujours un vent latéral à 90° de 10 m/s et un coefficient d'adhérence f , variable : l'adhérence arrière est équilibrée à la limite par la force de poussée R_f et aussi par la force F_z qui lui est perpendiculaire.

La résultante doit être plus petite que fpr (pr poids AR). La courbe III indique les limites atteintes pour $f = 0,1; 0,15; 0,2$.

De même on a marqué sur la courbe F_1 les limites fp_r . On voit que pour $f = 0,15$, l'arrière dérape à 79 kmh et l'avant à 89 kmh.

Mais ce phénomène est secondaire, car si le conducteur lève le pied, il fait rentrer la composante arrière à l'intérieur du cercle d'adhérence, et la voiture dans le calme.

RAFALE NORMALE. — Les vents moyens sont accompagnés d'une rafale de + 26 %.

Le vent de 10 m varie normalement de 8 à 12,60 m.

Si l'on suppose une voiture sur route mouillée avec des pneus plus ou moins usés, de façon que l'adhérence devienne 0,15 par exemple, chiffre courant par la pluie, le conducteur ne marchera sans doute pas à la vitesse maximum possible (79 km/h), car son AR dérapera.

Supposons qu'il marche à 65 km/h, ce qui, par rapport à 79 km/h, semble fournir une sécurité suffisante, à ce moment, il rencontre la rafale normale qui fait passer F_1 de 91 à 183 kg. La limite de dérapage AV étant 124 kg, l'avant chasse du côté opposé au vent.

Toute manœuvre est inutile. En effet : freiner, accentuerait le glissement, braquer est sans effet, lever le pied ne reporte que quelques kg à l'avant, à multiplier par 0,15 — insuffisant — accélérer accroît le mouvement.

A mesure que la voiture tourne, F_1 augmente et le mouvement accélère sur la lancée de la voiture.

Seul, le moment d'inertie de la voiture autour du différentiel s'oppose au mouvement.

1. D'après les relevés sur 5 ans de l'Observatoire de Lindenbergs, il est au sol de 5 m/s, soit 3 Beaufort (petite brise).

On peut calculer que si la rafale dure une seconde, le déport de la voiture est déjà de l'ordre de 1,80 m; ce qui peut être suffisant pour dépasser les limites de l'épure.

Ceci peut permettre d'expliquer quelques accidents par pluie et coup de vent, souvent imputés aux pneus ou à la direction, alors, qu'une rafale que personne n'a soupçonnée, est la seule cause.

Le résultat dépend de la vitesse de la voiture (dans le cas choisi, celle-ci serait à l'abri au-dessous de 50 km) de l'insistance de la rafale, du moment d'inertie de la voiture, de son centrage, de son poids et de sa forme.

C'est assez dire la variabilité des effets.

Il est évident que ces difficultés croissent beaucoup pour les voitures légères et rapides, ou pour les voitures compétition, et dans les épreuves sur route on devrait déterminer l'équilibrage aérodynamique général, pour réduire les chances de danger au minimum, et gagner ainsi de la moyenne en sécurité.

Effet d'un obstacle au vent.

La voiture est sollicitée latéralement par une force R_y qui a le même effet sur la direction que celle qui pourrait être produite par le devers correspondant.

On peut calculer ainsi qu'à la limite de vitesse (105) par vent latéral de 10 m, le devers équivalent serait de 17 % par vent nul.

D'abord, ceci n'est pas agréable pour la conduite si la direction est sensible au devers.

En outre, il est nécessaire pour le conducteur, de fournir un effort musculaire constant de redressement.

Si le vent vient à manquer, la voiture fonce au vent, à cause du mouvement involontaire de direction fait par le conducteur, et une embardée se produit.

De l'autre côté de l'obstacle, le vent reprend et souvent avec sa valeur supérieure de rafale. Ceci explique qu'on a des chances sérieuses d'aller dans le fossé à la sortie d'un bois ou en haut d'une crête, car le vent s'étant calmé entre temps, la voiture a sans doute accéléré.

L'effet, facilement calculable dans un tel cas, dépasse largement la limite d'adhérence

AV ou AR, et la voiture chasse de l'avant, car on lève instinctivement le pied.

Le dépassement d'une voiture sous le vent, peut aussi provoquer une brusque embardée de la voiture dépassée vers l'autre, et provoquer un accrochage, si la chose se produit à une vitesse suffisante, et malgré une distance entre les deux voitures qui eût été raisonnable par temps calme.

Effet en virage.

Si le vent vient de l'extérieur du virage il aide à virer. Rien de particulier.

S'il vient de l'intérieur, c'est différent. Le virage a comme effet de réduire l'adhérence possible restante, quelle que soit la valeur de f .

Les forces F_1 et F_2 viennent s'ajouter aux forces centrifuges.

Tout ce qui vient d'être dit pour l'adhérence réduite s'applique donc entièrement, même au maximum d'adhérence.

C'est donc le cas le plus dangereux — et c'est pourquoi il sera sans doute indispensable dans l'avenir, de faire une étude soignée de ces points particuliers, pour reculer les limites autant que possible.

Je vous fais remarquer qu'à la suite de ceci, nous retrouvons une règle empirique qui date de 25 ans au moins et qui conseille d'avancer le centre de gravité pour les voitures rapides.

CONCLUSION

1° L'étude précédente, rapprochée des caractéristiques générales de la voiture, permet de définir toutes ses conditions de marche et de stabilité par vent;

2° Ces conditions s'éloignent très sensiblement de celles de la marche par vent nul;

3° La recherche des C_x , les plus avantageux n'est qu'un aspect de la question.

Il faut qu'ils soient, en effet, minimum.

Il faut, en outre, que la courbe métacentrique ne s'évase que lentement.

Il faudrait que le métacentre zéro ne soit pas trop loin du centre de gravité.

Il faudrait que les forces F_0 et F_1 soient en accord avec les charges et les poussées, de façon à relever la zone dangereuse vers les vitesses limites.

Il faudrait cependant faire des voitures dont l'aspect ne rebute pas le client.

Bref, étude expérimentale étendue sur maquette, et analyse serrée de celle-ci.

4^o Le diagramme polaire permettrait un rapport facile entre les essais d'une voiture par temps moyen et par vent nul;

5^o Les performances d'utilisation devraient être établies pour le cas le plus fréquent : 3 Beaufort;

6^o Pour être à l'abri des surprises par temps d'ouest, nous devrions recommander aux conducteurs, de ne pas dépasser la moitié de la vitesse limite maximum, et de regarder d'où vient le vent en abordant un virage (avec peu de chances d'être écoutés d'ailleurs).

**

MESSIEURS,

Je remercie M. Gaultier, Directeur Technique de la Société Delage, de l'esprit de collaboration dont il a fait preuve au cours de ces essais, des encouragements que nous avons trouvés dans ses vérifications, comme aussi de sa foi dans des études méthodiques.

Je me dois de vous signaler l'invincible ténacité et la conscience de mon collaborateur, M. Belaïeff, qui a effectué, sans jamais se départir de son calme, les quelque six cent cinquante essais et les 5.500 calculs et corrections que représentent ce travail, sans compter les mises au point d'appareils et de méthode.

Je rends un hommage particulier à la Direction éclairée de la Société des Usines Chausson, qui m'a permis d'entreprendre de tels travaux malgré les difficultés de l'heure présente, travaux dont l'importance générale ne lui a pas échappé; qui permettront sans doute une heureuse évolution d'adaptation de l'Industrie Automobile, vers des rendements d'utilisation meilleurs, dont la nécessité se fait sentir maintenant davantage qu'à aucune autre époque. (Vifs applaudissements.)

M. le Président. — Au nom de tous nos Camarades, je vous remercie, mon cher Andreau, de la très remarquable conférence que vous venez de faire sur un sujet tout à fait d'actualité. Il est certain que les Ingénieurs de

l'Automobile trouveront là d'utiles enseignements pour l'amélioration des voitures, surtout au moment où nous allons subir la nouvelle taxe sur l'essence.

Nous ne saurions trop remercier MM. Jules et Gaston Chausson des facilités qu'ils ont mises à votre disposition et de la grande largeur de vues dont ils ont fait preuve, eux fabricants de radiateurs, en installant une soufflerie pour permettre des travaux concernant la résistance à l'avancement des voitures.

Quelqu'un a-t-il une question à poser à M. Andreau ?

Je donne la parole à M. Grebel qui a quelques mots à dire.

M. Grebel. — J'ai demandé la parole pour ajouter mes compliments, sur un point particulier de terminologie, à ceux qui ont été adressés aux deux conférenciers.

A la suite d'un petit article intitulé *Le français menacé comme langue technique*, j'ai été amené à fonder la *Commission de la terminologie technique française moderne* ou C. T. M., avec le concours de savants, ingénieurs, professeurs, industriels et publicistes. Une question, dont nous avons été saisis récemment, est celle du remplacement d'« aérodynamique » par « caréné » pour désigner une voiture ou une carrosserie avec son capot ne présentant qu'une faible résistance à l'avancement dans l'air. Toutes les personnalités consultées ont donné un avis favorable à cette substitution.

J'ai le plaisir de constater que, dans ce milieu, on semble aussi partager l'opinion que l'expression dont s'est emparé la publicité ne doit pas être adoptée par les techniciens. M. Bethenod nous avait déjà rassurés dernièrement. M. Andreau a bien parlé de voiture « aérodynamique » et même de projecteur « aérodynamique », mais c'est avec une telle ironie que je suis sûr que les ingénieurs de l'automobile adopteront notre décision.

M. le Président. — Je remercie M. Grebel de sa mise au point. Personne n'a d'autre observation à présenter?... Je félicite encore M. Andreau de son magistral exposé.

Messieurs, la séance est levée.