

LE CARENAGE DE LA VOITURE DE COURSE DU CAPITAINE EYSTON

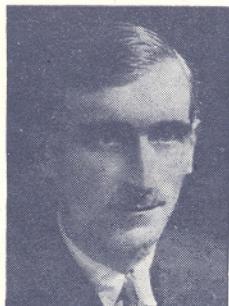
(COEFFICIENTS, STABILITÉ, REFROIDISSEMENT, FREINAGE,
COMPARAISON DES PERFORMANCES EYSTON ET ROSEMEYER)

par M. J. ANDREAU

MEMBRE DU CONSEIL S.I.A., PRÉSIDENT DE LA PREMIÈRE SECTION TECHNIQUE S.I.A.,
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES S.I.A., INGÉNIEUR-CONSEIL

M. le Président. — Je vais passer la parole à notre conférencier, M. Andreau, que je n'ai pas besoin de vous présenter. Je vous rappelle que le sujet de sa conférence est de nous parler un peu de ce qu'il a fait pour la voiture avec laquelle Eyston a battu les records du monde.

Mon cher Andreau, vous avez la parole.



J. ANDREAU

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESDAMES,
MESSIEURS,
CHERS COLLÈGUES,

Au mois de septembre 1936, je recevais la visite du Capitaine Eyston, envoyé par M. Bradley au sujet de sa voiture, record de vitesse du monde.

Le Capitaine Eyston avait conçu des doutes sur la valeur des coefficients de résistance à l'air attribués par les Laboratoires anglais à ses projets de voiture.

La question était en effet fort obscure. Le Bulletin de l'I.A.E. avait publié, quelques mois auparavant, les traînées trouvées au Laboratoire National Physique de Londres sur les différentes voitures de Sir Campbell, et les résistances déterminées d'après les records eux-mêmes.

La différence était en moyenne de 100 % au désavantage de la voiture grandeur.

Il est certain qu'un écart de cette importance n'est pas de nature à donner confiance en des essais de modèle réduit, et interdit tout projet sérieux en vue de l'amélioration d'un record par exemple.

Il faut cependant que je vous rassure. Ce n'est pas le fait de l'expérimentation en laboratoire qui est en cause, mais simplement la méthode expérimentale.

Les essais anglais étaient faits sur plancher fixe, au lieu d'être faits en images d'après la méthode que j'ai exposé devant vous.

Ceci était déjà de nature à fournir des écarts importants dans la mesure, mais en outre à fausser la direction des recherches en se basant sur les résultats ainsi obtenus — même à titre comparatif. On trouvait en effet que le coefficient diminuait à mesure que l'on rapprochait la maquette du sol.

Le résultat est correct s'il s'agit d'un plancher fixe, et à la limite on aboutit à une voiture en forme d'habitacle, posée sur le sol.

Il en va tout autrement si le sol est mobile à la vitesse du vent relatif, ce qui est le cas de la réalité — et alors les résultats obtenus avec plancher fixe ne sont plus valables.

C'est ce j'exposai au Capitaine Eyston.

Examen de la voiture de Sir Campbell. — La première des questions était de faire le point sur « Blue Bird ».

Un essai particulièrement précis fournissait les données suivantes :

Puissance du moteur : 2 230 ch; rendement de transmission : 0,9 (2 renvois); soit 2.000 ch à la jauge.

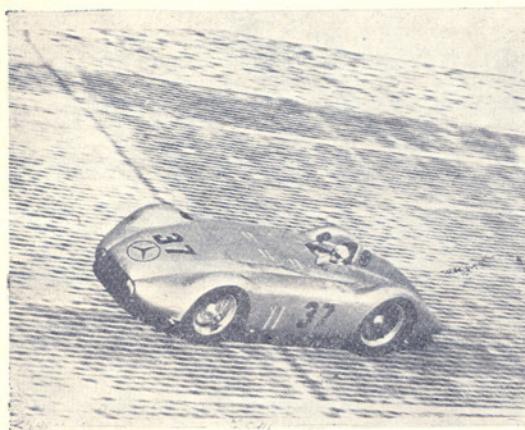
Pression de gonflement : 120 lbs/sq.in, soit 8,45 kg/cm².

Vitesse atteinte : 435 km/h.

Surface de projection frontale : 2,5 m².

Poids de la voiture : 4940 kg.

En appliquant la formule que j'ai communiquée à la S.I.A. pour la résistance de roulement, on trouve 59,4 kg par tonne, soit 300 kg en fait, à laquelle il faut ajouter environ 50 kg pour la rotation des roues qu'on ne peut négliger à ces vitesses.



La voiture Auto-Union de Rosemeyer sur l'autodrome de l'Avus.

On a alors : Résistance totale de roulement, 350 kg. La poussée étant 1250 kg, il reste 900 kg pour la résistance de l'air, correspondant à un $C_x=0,4$.

Ce chiffre est confirmé, d'autre part, par le calcul de la résistance à l'air basé sur les formes de la voiture.

Le Capitaine Eyston arrivait avec un premier projet de voiture qu'il me soumit.

Examen du premier projet. — Cette voiture était un monomoteur de 2 500 ch, d'un poids de 4 tonnes.

Pour avoir une marge suffisante pour battre le record, et étant donné la pression de gonflement, inférieure à celle de la voiture de Sir Campbell, il eût fallu un C_x de 0,33; alors que le calcul de la résistance donnait au mieux $C_x=0,4$.

Donc presque inutile d'insister dans ces conditions — surtout à cause de la perte de puissance due à l'altitude du lac Salé où le record devait se courir.

**

Quelques mois passèrent, et je n'entendis plus parler du Capitaine Eyston... Il travaillait.

Un beau jour, en mars 1937, il revint me trouver avec un autre projet.

La mécanique et le châssis étaient en construction; une maquette avait été faite et essayée. Elle donnait en effet une petite amélioration sur la voiture pré-

cedente, car le Capitaine Eyston avait tenu compte de certaines de mes remarques et avait amélioré un peu le profil.

Examen du deuxième projet. — La voiture était, en ce qui concerne la mécanique, celle qui a roulé et dont maintes descriptions ont été données :

Deux moteurs Rolls, coupe Schneider;

Quatre roues directrices en deux trains conjugués, deux roues arrière jumelées motrices.

Bref, une grosse mécanique assez audacieuse sur certains points.

Le nouveau tracé de carène fournissait au calcul un $C_x=0,33$.

La performance ayant lieu au lac Salé, il fallait tenir compte de l'altitude et de la température pour la puissance des moteurs.

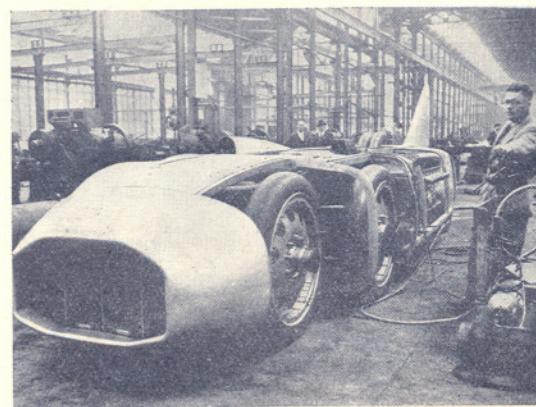
La correction d'altitude et de température donnait :

$$0,88 \cdot \frac{288}{293} = 0,865$$

avec en outre un rendement de transmission mesuré de 0,93. On avait donc droit à 0,8 de la puissance des moteurs à la jante, soit 3400 ch.

Le poids de la voiture était évalué à un peu plus de 7 tonnes.

A cet égard le Capitaine Eyston m'a comblé de stupéfaction en me récitant par cœur tous les poids de toutes les parties de la voiture!



Le Thunderbolt à l'atelier.

Le poids de 7 tonnes fut adopté après modification du refroidissement.

La Société Dunlop préconisait une pression de 95 lbs/sq.in, car la pression de 120 livres avait été cause de difficultés pour « Blue Bird ».

Dans ces conditions, à 470 km/h :

l'air absorbait	1200 ch.
le roulement	1530 ch.
Total	2730 ch.

La vitesse maximum aurait été de 490 km/h, laissant une marge insuffisante pour battre le record qui était de 484 km/h.

Il fallait donc modifier assez profondément ce projet pour obtenir un résultat certain. Je conseillai donc à Eyston :

1^o d'alléger la voiture au maximum;

2^o d'adopter une pression de gonflement plus élevée;

3^o de carénier au mieux.

Allègement. — Après avoir passé tout en revue une fois de plus, il apparut qu'il n'était guère possible d'alléger sans prendre de risque. On ne parvint même pas à gagner 100 kg, tout étant déjà traité avec grande attention à un poids très réduit.

Donc pas grand'chose à gagner de ce côté, sauf sur le refroidissement. J'y reviendrai tout à l'heure.

Pression de gonflement. — Inquiète de la tenue éventuelle des pneus pour cette vitesse et ce poids, la Société Dunlop consentit à porter la pression à 7 kg/cm², — mais pas au delà. C'était déjà pas mal. Là encore était une question de risque à courir dont Eyston, malgré son courage, dont il a donné de multiples preuves, ne veut pas entendre parler dans l'intérêt même du record qu'il vise.

Carénage. — Il restait donc le carénage, sur lequel j'avais la sensation qu'on pourrait sérieusement se rattraper.

Lennui était que la construction était déjà en route et qu'il fallait s'accommoder des contraintes du châssis tel qu'il existait. Ceci ne me permettait pas de faire tout ce que j'aurais voulu.

Après quelques projets, moitié calcul, moitié dessin, je m'arrêtai aux formes que vous connaissez.

Roues englobées dans le carénage avec légers bâtiments de débattement. Profil elliptique à l'avant, parabolique à l'arrière. Courbes à variation de courbure continue et à raccordements du second ordre.

Dans le projet anglais, cette voiture de 10 m de long était à 8 cm du sol, et à fond plat en vertu des résultats d'essais du Laboratoire dont j'ai déjà parlé. Je pus heureusement porter cette distance à 18 cm au point le plus bas.

Le calcul de résistance pour la voiture complète fournit :

$$Cx=0,125$$

Mais, comme il faut tenir compte des tuyaux d'échappement, des manches à air d'alimentation et de ventilation des moteurs, — et malgré la diminution de densité de l'air au lac Salé, — j'ai pris un produit $Cx=0,33$, la surface de projection frontale étant $S=2,38 \text{ m}^2$.

Ce coefficient excellent s'explique assez bien, du fait du grand nombre de Reynolds que représente cette voiture à 500 km/h.

Pour une voiture ordinaire, on a $VI=150 \times 5=750$.

Pour Thunderbolt, $VI=500 \times 10=5.000$, soit près de 7 fois plus.

Si alors on compare à une maquette au laboratoire, on est effaré de l'extrapolation nécessaire.

En effet une maquette au 1/10^e essayée dans un vent de 30 m/sec. (108 km/h) donne :

$$VI=108.1=108$$

L'extrapolation est de 46!

Il faudrait un pointage singulièrement précis pour que le coup tombe juste à une distance aussi grande!

C'est la raison pour laquelle je me suis fié entièrement au calcul plutôt qu'à des essais aussi distants de la réalité.

En fait aucune maquette n'a été construite, ni essayée.

Le résultat est cependant satisfaisant, car il diminue la résistance à l'air de 2/3 par rapport au projet initial anglais.

Nous allons en voir les conséquences.

Le bilan s'établit ainsi :

	Vitesse 500 km/h	Vitesse 550 km/h
Résistance de roulement.	135 kg/T	210 kg/T
Rr	945 kg	1.470 kg
Ra	400 kg	480 kg
Rt	1.345 kg	1.950 kg
Puissance jante.	2.500 ch.	3.970 ch.

La puissance disponible étant 3.400 ch., la vitesse maximum est comprise entre 530 et 535 km/h.

A 500 km/h, la voiture avait encore 900 ch. de disponibles à la jante.

A 484 km/h, vitesse de l'ancien record, la voiture disposait encore de 1.300 ch.

A 513 km/h, vitesse maximum réalisée, il restait encore 650 ch d'inutilisés.

Avant de partir, le Capitaine Eyston m'avait dit qu'il ne dépasserait 500 km/h que de peu, pour laisser leur chance aux concurrents.

Il est bien possible qu'il ait préféré ne pas pousser tout à fait à fond, étant donné le mal qu'il a eu avec ses embrayages.

Le bilan précédent appelle des remarques.

On voit l'ascendance extraordinaire de la résistance de roulement qui s'avère comme le principal obstacle à l'obtention de grandes vitesses.

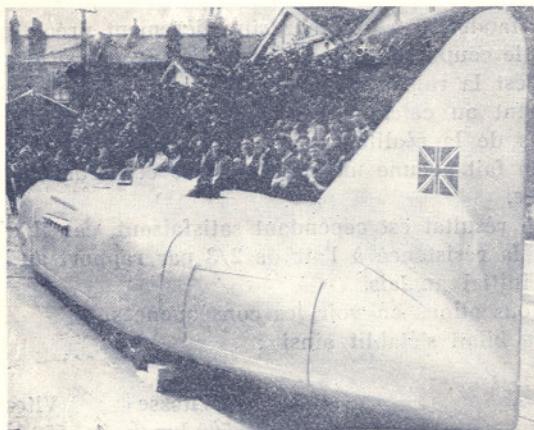
A 500 km/h, elle est en effet le double de la résistance de l'air, et à 550 km/h, le triple! — et ce, pour des pressions de 7kg/cm² et des roues de 1 m 10 de diamètre.

Si nous mettions Thunderbolt sur des rails, et que nous admissions même 3 kg/T de roulement (2 admis), sa vitesse maximum serait 800 km/h.

Quel dommage que nous ne soyons pas des ferrovaires!

Stabilité aérodynamique. — L'expérience des voitures de record a montré qu'elles étaient exposées à des dangers certains : ruptures mécaniques, éclatements de pneus, etc. Les accidents qui en sont la conséquence pourraient peut-être ne pas être graves par eux-mêmes, mais ils sont aisément transformés en catastrophes si la voiture ne possède pas une stabilité de marche naturelle.

C'est donc avec une certaine appréhension que j'ai



La voiture du capitaine Eyston, à Chiswick, vue de l'arrivée.

On remarque le panneau de gauche du frein aérodynamique.

abordé cette partie du travail, appréhension d'autant plus fondée que je me suis d'emblée pris d'une grande amitié pour le Capitaine Eyston, qui m'a tout de suite conquis par son caractère et sa façon d'être.

1^o Stabilité verticale. — Je n'ai pu mettre la carène à l'incidence de portance nulle dans cette voiture, parce que le châssis ne me l'a pas permis.

Le calcul m'a rassuré sur ce point. L'incidence n'est en effet que de 3 degrés, et la portance qui en résulte est tout à fait négligeable par rapport au poids, même à 550 km/h.

Il ne faut pas oublier que Campbell avait été obligé de lever sa voiture de 300 livres sur l'arrière à 400 km/h.

Il est arrivé ces jours-ci un incident à une Mercedes pilotée par un camarade de Rosemeyer.

Elle s'est retournée à 400 km/h par perte d'adhérence au cours de l'essai d'une nouvelle carène non en portance nulle.

Les journaux n'ont pas donné de précisions. Ce peut être l'avant qui a décollé. Il est certain que la voiture n'ayant pas de dérive est instable et, partant, dangereuse.

2^o Stabilité horizontale. — A mesure que le coefficient de résistance diminue, l'instabilité augmente, car le métacentre se déplace de plus en plus vers l'avant.

Dans Thunderbolt, le métacentre serait à environ 50 mètres en avant de la pointe avant.

La dérive, qui a un profil biconvexe symétrique

d'allongement M lui donnant le Cx minimum, a par contre des Cy élevés.

Malgré cela, il a fallu le développement assez considérable qu'elle a, pour ramener le métacentre un peu en arrière du centre de gravité. — Elle a été déterminée par le calcul.

Thunderbolt est empennée comme une flèche et autostable.

Ceci a d'ailleurs été confirmé par le Capitaine Eyston qui, au moment où il roulait à 513 km/h, a été obligé de rattraper ses lunettes qui s'en allaient et a conduit d'une main sans incident.

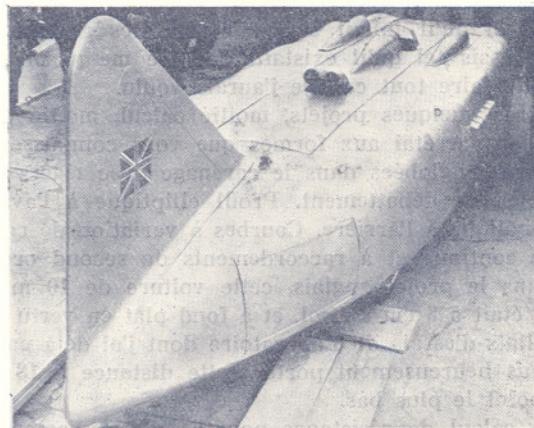
Ceci est également à comparer avec la fatigue dont a parlé Sir Campbell au bout des deux trajets, due à l'instabilité de la voiture, et qui a été pour une bonne part dans la décision de ne pas renouveler sa tentative.

J'ai d'ailleurs eu de la peine à convaincre Eyston qu'il fallait une dérive. Il l'a admis lorsque je lui ai dit que s'il n'en voulait pas, je déclinais toute responsabilité.

J'étais d'ailleurs d'autant plus fondé à insister qu'en dehors de mon sentiment personnel, un de mes amis, colonel anglais bien connu, m'a dit avant que la voiture ne roule : « Si Eyston se casse la figure, ce sera votre faute ! »

Cela, justement, se serait peut-être produit si la voiture n'avait pas été autostable pendant l'incident des lunettes.

Voilà pour le gros œuvre.



On remarque sur cette photographie les entrées d'air pour les carburateurs et le refroidissement, l'habitacle de tête, les tuyaux d'échappement et les sorties d'air.

Le refroidissement. — Le problème est délicat. La voiture, qui n'a pas beaucoup de temps devant elle pour battre le record, est mise en route à l'avance et ne part que lorsque l'eau est à 60°.

A l'altitude du record, l'eau bout à 80°. La marge est donc très réduite.

Il y a en outre beaucoup de chevaux et par conséquent de calories à enlever.

Le projet prévoyait un réservoir contenant 400 li-

tres d'eau, suffisamment pour que sa capacité calorifique l'amène un peu au-dessous de 80° pendant le record.

L'idée était de ne pas perdre sur la résistance à l'air avec un radiateur.

Pendant nos recherches sur l'allègement, je suis tombé en arrêt sur cette solution.

J'ai alors calculé un radiateur nids d'abeilles — tubes anglais de 10 mm; profondeur, 400 mm; sur-



Préparation de la course sur le lac Salé.

face, 40 dm² — placé en capotage NACA partiel, avec sorties au-dessus et au-dessous dans les zones de dépression maxima (calculées).

La solution faisait gagner 300 kg et ne faisait pratiquement rien perdre sur la résistance à l'air avec ce capotage.

Elle semble avoir donné satisfaction. A 500 km/h, la vitesse du vent relatif au radiateur est de 750 km/heure.

Le parcours. — Un autre problème se posait.

Il faut partir, accélérer, atteindre la vitesse maximum avant la base. Mais ensuite, il faut arrêter cette masse de 7 tonnes lancée à 500 km/h sur un parcours assez réduit.

Il ne peut être question de freiner, car les pneus n'ont qu'un millimètre de gomme et ne résisteraient pas, sinon au-dessous de 200 km/h.

L'accélération est une question de poids adhérent et de coefficient.

Nous avons pris 0,5 comme coefficient de frottement probable, et le calcul montrait alors que le départ était possible, mais avec des ruses de peau-rouge et tout juste.

Le Capitaine Eyston semble confirmer le fait, puisqu'il parle de mettre aussi 2 roues motrices à l'avant pour améliorer l'accélération.

Pour ralentir, nous avons mis deux volets latéraux à l'arrière, entre les roues et la dérive.

Ces volets pivotent autour d'un axe avant vertical et s'épanouissent perpendiculairement à l'axe de la voiture. Ils sont commandés hydrauliquement.

Leur surface est 1,275 m², leur Cx de 1,12. Épanouis, ils multiplient la résistance de l'air par 5,35.

A 530 km/h, la voiture étant au point mort (pour ne pas fatiguer inutilement les pneus), la résistance de l'air est alors 2.400 kg; celle de roulement 1.280 kg; total 3.680 kg; soit 0,525 g.

En appliquant les formules de décélération, on trouve que dans ces conditions il faut 3.500 mètres pour passer de 500 à 250 km/h.

Au-dessous, on peut employer en outre les freins.

Si pour une raison quelconque un seul volet s'ouvre à 500 km/h, il n'est pas capable de déséquilibrer la voiture, car son moment est petit par rapport au moment d'adhérence.

Le dispositif semble avoir bien marché. Il était indispensable pour arriver au record dans un espace relativement réduit.

Comparaison avec la voiture Auto-Union de Rosemeyer. — Certains commentaires ont paru dans la presse tendant à comparer la performance de Rosemeyer à celle d'Eyston, et donnant la palme à Auto-Union, parce que cette voiture est plus petite, monomoteur, plus maniable, enfin plus une automobile que la voiture anglaise.

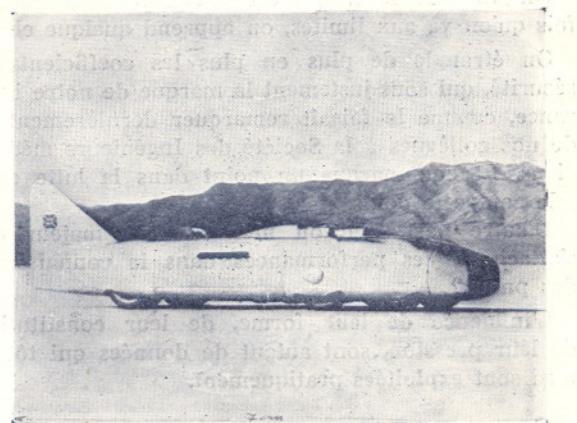
Il faut d'abord remarquer que le poids par cheval est sensiblement le même.

Rosemeyer : 800 ch. Poids : 1.200 kg ou 1,5 kg/ch.

Thunderbolt : 4600 ch. Poids : 7000 kg ou 1,52 kg/ch.

Donc si la Auto-Union n'est pas une monstre, la voiture d'Eyston ne l'est pas non plus. Elles évoluent seulement sur des plans différents.

En effet : La résistance de l'air absorbe une puissance variant comme V³.



La voiture en marche sur le lac Salé.

La résistance de roulement comme V^{4,7}.

Celle-ci étant, pour un bon carénage les 3/4 de l'autre, un ordre de grandeur de l'exposant moyen est de 4,25. Prenons 4.

Admettons que le poids ne change pas, la puissance

qui serait nécessaire à la Auto-Union est alors $\left(\frac{530}{405}\right)^4 = 3$, et à l'altitude du Lac Salé $\frac{3}{0,865} = 3,5$.

Il faudrait alors à la voiture de Rosemeyer $3,5 \times 800 = 2.800$ ch. Mais il est peu probable qu'en passant de 800 à 2.800 ch on reste au même poids!

Si l'on regarde la chose de plus près, on tend vers Thunderbolt...

Au lieu d'opposer ces deux réalisations, il convient au contraire de les considérer comme deux réussites pour des fins différentes, à 1,5 kg par cheval.

Nous pouvons, entre nous, déplorer qu'à côté, il n'y ait pas aussi une troisième réussite française.

L'intérêt de ces performances. — Bien des gens trouvent que ces performances sont sans intérêt pratique, et ne cachent pas leur désapprobation.

C'est sans doute par suite d'un défaut d'information.

En dehors, en effet, du prestige justifié que vaut à l'industrie qui l'a établi un record de vitesse mondial, celui-ci pose en premier lieu des problèmes mécaniques qui ne sont pas toujours faciles à résoudre. Par exemple, faire passer 2.300 chevaux dans un embrayage léger. Etablir un pont et des joints capables de transmettre 4.600 chevaux. Obtenir un poids de 1,5 kg par cheval, etc...

Naturellement, tout cela n'est pas établi pour faire 100.000 km dans ces conditions sans révision. Mais c'est un banc d'essais de premier ordre, qui déplace les limites usuelles et peut par contre-coup influencer telle ou telle solution pratique par la suite, ainsi qu'il a été bien souvent le cas, pour des solutions adoptées en course et assimilées ensuite par la voiture de tout le monde, sans même d'ailleurs que celui-ci s'en doute.

On va aux limites, c'est entendu. Mais chaque fois qu'on va aux limites, on apprend quelque chose.

On étrangle de plus en plus les coefficients de sécurité, qui sont justement la marque de notre ignorance, comme le faisait remarquer dernièrement un de nos collègues à la Société des Ingénieurs mécaniciens. Et l'on marque un point dans la lutte capitale contre le poids.

D'autre part, peut-on nier l'intérêt majeur qui s'attache à ces performances dans la connaissance des pneus?

L'influence de leur forme, de leur constitution, de leur pression, sont autant de données qui tôt ou tard sont exploitées pratiquement.

La connaissance de la résistance de roulement — et vous avez vu son importance — est non moins capitale. Si une extrapolation de cette envergure tombe encore dans les formules, ceci renforce étrangement les conclusions qu'on peut en tirer et justifie amplement tous les programmes de recherche ou les théories qu'on peut en déduire.

On a l'impression de se rapprocher de plus en plus de lois générales, qui sont les seules ayant de l'importance si l'on veut faire des progrès substantiels.

Il en est de même pour la résistance de l'air et la sécurité, ainsi que je l'ai montré plus haut.

Ici la question est plus avancée, puisqu'il est possible de prévoir, maintenant, sans passer par le laboratoire qui, bien entendu, ne sert qu'à déterminer des lois, et les formules qui les résument.

Je suis personnellement fort satisfait d'avoir vu se vérifier des prévisions aussi hardies concernant ces points. Et ce résultat ne peut que simplifier les problèmes ultérieurs qui pourront se poser et en confirme par avance les solutions.

Nier, donc, l'intérêt de ces performances, est faire preuve d'ignorance.

Je me plaît à rendre hommage au capitaine Eyston, dont la volonté, l'obstination, le courage ont permis d'achever et de mener à bien une pareille démonstration, malgré des tribulations sans nombre qui auraient découragé moins valeureux que lui.

Permettez-moi de conclure par la morale qu'en a tiré mon ami le colonel anglais, une fois le record battu :

« Malgré que vous ayiez bien abîmé sa voiture, Eyston a battu le record, quand même! »

Ceci étant dit, et l'humour britannique ainsi satisfait, il m'a offert un whisky, ponctué d'un « hurrah ».

(Vifs applaudissements.)

Le Président. — Mon cher Andreau, je vous félicite, non seulement de votre conférence, mais encore et bien davantage pour les résultats magnifiques que vous avez obtenus, et surtout pour ce qu'ils ont ainsi ajouté au prestige de la Technique française. Vous avez prononcé fort heureusement le mot « prestige » qui s'attache tout à fait aux performances de choix, mais c'est une performance de choix d'avoir réussi par vos études à aider le capitaine Eyston à battre le record du monde. Donc, de ceci, je vous félicite chaleureusement, beaucoup plus encore que de la conférence, si belle soit-elle. (Vifs applaudissements.)