

5105

AP 998

78

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

FUSIONNÉE AVEC

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

(Fondée par Le Verrier en 1864)

Reconnues d'utilité publique

CONFÉRENCES DE PARIS

COMPTE RENDU DE LA 28^{ME} SESSION

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTS OFFICIELS. — PROCÈS-VERBAUX



PARIS

AU SÉCRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION

28, rue Serpente (Hôtel des Sociétés savantes)

ET CHEZ MM. G. MASSON et C^e, LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, boulevard Saint-Germain.

BIBLIOTHÈQUE
DE L'USTL

AP298-1899-1-116

Magasin

— Séance du 18 septembre (matin) —

MM. CUËNOT et MESNAGER, Ing. des P. et Ch.

*L'Automobilisme sur route, au triple point de vue du moteur, du véhicule
et de la circulation (1).*

HISTORIQUE

C'est en France que l'automobilisme a pris naissance. François Cugnot, en 1770, construisit un petit fardier destiné à transporter les canons. Ce fardier marchait à la vitesse de quatre kilomètres à l'heure, mais nécessitait des arrêts fréquents à cause de l'insuffisance de la chaudière.

Après Cugnot c'est encore un Français, Dallery, qui, en 1780, établit une voiture à vapeur à chaudière tubulaire. Mais ce n'est qu'en 1784, après la belle découverte de Watt, que l'automobilisme commence réellement à se développer.

L'Angleterre occupe alors la première place avec les voitures à vapeur de Symington (1786) et de Richard Trevithick (1802). Griffiths construit la première voiture à vapeur destinée au transport des voyageurs. C'était une diligence

(1) Ce mémoire avait été envoyé d'avance à tous les membres de la Section.

suspendue à deux longerons, dont les extrémités s'appuyaient sur les essieux. Mais la chaudière multitubulaire avec condenseur était insuffisante.

Viennent ensuite les voitures de Gibb (1821), de David Gordon (1821-1824), de Golsworthy-Gurney, de John et Samuel Steward (1825), de Hill et Burstall (1824-1826).

Mais on doit citer particulièrement la diligence de Gurney (1825), pouvant contenir douze à quinze personnes et qui assura un service public pendant quatre mois.

Elle transporta trois mille voyageurs et parcourut 5.700 kilomètres; le trajet était de 14 kilomètres et la durée de 45 à 55 minutes.

La même année Ogle faisait fonctionner devant une commission de la Chambre des communes, une voiture marchant à la vitesse de 56 kilomètres à l'heure sur palier.

Walter Hancock construisit les voitures les plus perfectionnées de 1827 à 1836 et installa un service public d'automobiles à la vitesse de 14 kilomètres à l'heure. Neuf voitures à vapeur circulèrent ainsi et effectuèrent un parcours de 5.860 kilomètres. Un accident survenu en 1834 sur l'une des lignes exploitées fut le prétexte des mesures prohibitives prises contre les automobiles. En réalité les partisans de la voie ferrée triomphaient et cherchaient à étouffer à force de restrictions légales le progrès qui était en train de se produire en matière d'automobiles sur routes. Des taxes de péage quinze fois plus élevées que celles qui frappaient les voitures ordinaires furent imposées aux automobiles; celles-ci devaient être précédées d'un homme portant un drapeau. C'était la mort de l'automobilisme en Angleterre. Cet état de choses a duré pendant soixante ans de 1836 à 1896.

On doit noter qu'en 1865, J. Wilkinson, de Birmingham, avait construit une voiture à quatre roues, à deux places, dont la chaudière était chauffée à l'huile de pétrole.

En 1896, sous la poussée de l'opinion publique est promulgué un acte pour modifier la loi concernant l'emploi des locomotives sur les voies publiques. La seule restriction importante qui soit faite à la circulation des automobiles c'est que leur poids ne doit pas dépasser 3 tonnes à vide; qu'elles ne doivent pas remorquer plus d'une voiture et que le poids du tracteur et de la voiture remorquée doit être inférieur à 4 tonnes à vide (1). En outre on doit s'arranger de manière que la fumée et la vapeur ne soient pas visibles. La vitesse maximum sur un chemin public est de 14 milles par heure (22 kil. 530).

Grâce à cette législation, l'automobilisme a repris sa place en Angleterre, ainsi que l'ont montré le concours des poids lourds de Liverpool (mai 1898) qui est dû à « The self Propelled Traffic Association », puis le concours organisé en juin 1898 par la Société d'agriculture et qui s'est tenu à Birmingham.

Le patronage de ces grandes associations se continue; un nouveau concours de poids lourds doit avoir lieu du 29 juillet au 2 août 1899 à Liverpool.

L'automobilisme électrique a aussi conquis droit de cité à Londres et, dès 1897, des fiacres électriques de Walter Bersey y circulent.

En France les progrès furent tout d'abord très lents; on construisit quelques locomotives routières, mais on n'organisa aucun service public.

(1) Ces poids limite ne comprennent pas les poids de l'eau, du combustible et des accumulateurs.

Pecqueur faisait breveter en 1827 un chariot à vapeur et l'emploi d'engrenages différentiels rendant chacune des roues motrices indépendantes.

Charles Dietz établissait un remorqueur à vapeur susceptible d'effectuer le parcours de Paris à Saint-Germain en une heure trente minutes.

Mais cet heureux début n'eut pas de lendemain. On chercha surtout à établir des locomotives routières destinées à servir la grande agriculture, et à prendre le trafic partout où les canaux et les chemins de fer faisaient défaut.

MM. Lotz, Albaret, Michaux, construisirent des locomotives routières qui servirent au transport des marchandises et des voyageurs (1870).

C'est en 1873 que M. Bollée, du Mans, présenta une première voiture, l'*Obéissante*, capable de marcher à une vitesse de 20 kilomètres à l'heure. Elle était munie d'une chaudière Field ; les roues arrière actionnées par des chaînes Galle étaient motrices. Ce même constructeur construisit successivement en 1876 une voiture de tramway de cinquante places, une victoria à six places ; en 1878, un break de chasse à quatorze places ; en 1879, un grand omnibus à vapeur avec impériale et une locomotive routière très puissante, et enfin en 1880, l'omnibus automobile *la Nouvelle*, qui, quinze années après, effectuait avec succès la course de Paris-Bordeaux.

La vitesse en palier atteignait 25 kilomètres à l'heure. Le transport en commun des voyageurs était donc résolu pratiquement, et un service public, le premier qui ait été organisé en France, fonctionnait entre Toulouse et Saint-Lys.

Les premières voitures de MM. de Dion et Bouton datent de 1885 ; ce sont des voitures à trois ou quatre roues, actionnées par la vapeur. La chaudière est établie avec tubes rayonnants ; c'est encore le même type qui est appliqué avec quelques perfectionnements.

La chaudière Serpollet apparaît en 1887.

Désormais l'application de la vapeur aux transports en commun est une chose acquise ; et on voit apparaître successivement les voitures à vapeur Scotté, Leblant, Serpollet, de Dion et Bouton.

Le pétrole, à son tour, est venu offrir de nouvelles solutions. MM. Lenoir et Pierre Raoul, en 1867 et 1868, ont construit les premières voitures à pétrole ; mais c'est en 1887 seulement que cette construction se généralise, lorsque Daimler invente son moteur à quatre temps. Le nombre des industriels ou des sociétés qui appliquent à leurs voitures le moteur à pétrole est trop considérable pour que nous entreprenions de les nommer.

L'électricité ne reste cependant pas en arrière ; en 1881, à l'exposition internationale d'électricité, avaient apparu les premiers véhicules électriques sur rails et sur routes actionnés par des dynamos. On trouve, au début, M. Raffard avec un tricycle, M. Jeantaud avec un tilbury à deux places actionné par une machine Gramme et des accumulateurs Faure.

Mais ce n'est que dans ces dernières années qu'elle a montré des solutions tout à fait satisfaisantes pour la locomotion urbaine, notamment aux concours de l'Automobile-Club de France.

Les résultats de ces différents concours ont été forts intéressants ; le public sait actuellement, grâce aux rapports si circonstanciés du jury, quels sont les véhicules les mieux établis, ceux qui ont donné le moins de mécomptes pendant les épreuves subies, enfin, et chose plus importante, il connaît les prix de revient obtenus et peut en déduire approximativement la dépense qui résulterait de l'adoption de véhicules semblables.

Après avoir fait connaître le développement pris par l'automobilisme en France

il convient d'indiquer sommairement à quelles conditions il se trouve assujéti. Le régime actuel est assez libéral. La circulation automobile est soumise à la loi du 30 mai 1881 sur la police du roulage, au décret du 30 avril 1880 sur les appareils à vapeur et enfin au décret du 10 mars 1899.

Les automobiles ne sont soumis à aucune limitation de poids, ni à aucune largeur de jantes; ils circulent librement, à condition cependant que le type adopté ait subi certaines épreuves relatives notamment à la facilité de direction, au freinage, et que le chauffeur ait subi un examen de capacité. Une simple déclaration faite au préfet du département de la résidence suffit pour toute la France. La vitesse ne doit pas excéder 30 kilomètres à l'heure en rase campagne et 20 kilomètres à l'heure dans les agglomérations, sauf dans les passages étroits et encombrés.

Les automobiles remorquant d'autres voitures doivent être pourvues d'une autorisation délivrée par le préfet du département où elles désirent circuler.

La vitesse peut excéder 30 kilomètres à l'heure en rase campagne pour les courses d'automobiles.

Le mouvement qui s'est dessiné en France et en Angleterre en faveur des transports automobiles, s'est également produit en Belgique, en Italie, en Autriche, en Allemagne et en Russie. Des constructeurs se sont mis à l'œuvre, des associations calquées sur l'Automobile-Club de France se sont fondées.

Le Nouveau monde s'est lui-même mis de la partie; le Mexique, les États-Unis principalement, ont construit des véhicules automobiles. On peut citer dans ce dernier pays les voitures à pétrole Dury, de la Vergne, Haynes et Apperson Lewis, etc., les voitures électriques Morris et Salom, Sturges et de l'Electric Carriage Wagon Co. New-York et Chicago ont, depuis 1897, des fiacres électriques.

ÉTUDE DES ÉLÉMENTS DES VÉHICULES AUTOMOBILES

La partie la plus intéressante du véhicule automobile est le moteur. Mais pour le discuter il est nécessaire de connaître les efforts à vaincre. Nous examinerons donc dans cette partie :

- 1° Les résistances à vaincre ;
- 2° Les moteurs actuellement en usage. Leur spécialisation ;
- 3° Quelques détails spéciaux aux automobiles. Liaison du moteur avec les roues motrices. Direction de la voiture ;
- 4° Les prix des automobiles et les poids relatifs de leurs différentes parties.

CHAPITRE PREMIER

Résistances à vaincre.

Les résistances à vaincre comprennent, dans le mouvement uniforme en ligne droite :

- 1° La résistance au roulement des roues sur la chaussée ;
- 2° Les frottements des fusées d'essieu dans les moyeux ;
- 3° La résistance de l'air ;
- 4° Les pertes de force vive dues aux vibrations, transmises au sol ou à l'air, ou à des transformations en chaleur.

Si la voiture ne suit pas une route horizontale, il faut ajouter aux efforts précédents le travail nécessaire pour élever son poids.

Si le mouvement de translation n'est pas uniforme il faut tenir compte des forces d'inertie.

La première résistance dépend de la nature et de l'état de la chaussée, de la largeur et de la nature des jantes. Elle est d'autant moindre que la roue a un plus grand diamètre.

Le frottement des fusées d'essieux dans les moyeux est proportionnel au rapport du diamètre de la fusée à celui de la roue ou au coefficient de frottement des surfaces en contact. Avec les enduits gras consistants ce coefficient atteignait 0,1; avec le graissage à l'huile, il est descendu à 0,01; avec les billes à 0,005. Ces frottements ne représentent dans l'état actuel qu'une part très faible des résistances de la voiture.

La résistance de l'air est sensiblement proportionnelle à la surface S du véhicule projetée sur un plan normal au déplacement et au carré de la vitesse. On peut admettre, à défaut d'expériences précises, la formule

$$0,005 SV^2$$

S étant la surface en mètres carrés. V étant la vitesse en kilomètres à l'heure. Cette formule conduit aux valeurs suivantes par mètre carré de surface :

Pour une vitesse de 10 kilomètres à l'heure	0 ^{kg} ,5
Pour une vitesse de 20 kilomètres à l'heure	2 ^{kg} ,0
Pour une vitesse de 30 kilomètres à l'heure	4 ^{kg} ,5

Les pertes de force vive sont notablement diminuées par l'emploi de pneumatiques et des ressorts de suspension. Il résulte des expériences faites qu'on peut admettre pour *l'effort total de traction* sur une chaussée moyenne avec les dimensions de roues courantes une fraction du poids du véhicule égale à

$$\begin{aligned} &0,033 + 0,0006 V \text{ si les bandages sont rigides,} \\ &0,025 + 0,0004 V \text{ avec des bandages pneumatiques.} \end{aligned}$$

V étant la vitesse en kilomètres à l'heure, les efforts pouvant varier de 25 0/0 en plus ou en moins suivant l'état de la chaussée.

Si la voiture ne suit pas une route horizontale il faut ajouter à l'effort de traction une fraction du poids de la voiture égale à la pente de la route. Pour le calcul de la puissance des moteurs à donner aux voitures on admet généralement que les freins de la voiture absorbent à la descente tout le travail de la pesanteur de sorte que le moteur doit produire un travail égal à celui qui serait nécessaire pour faire parcourir au véhicule la distance totale à franchir horizontalement, plus le travail supplémentaire nécessaire pour élever la voiture aux montées. Il en résulte que sa puissance moyenne doit être égale à la puissance nécessaire pour parcourir à la vitesse moyenne une route qui monterait d'une pente uniforme sur le trajet total une hauteur égale à la somme des ascensions partielles. Sur de longs parcours (100 kilomètres) on ne trouve pas en général plus de 0,01, pour cette pente.

Sans tenir compte de la résistance de l'air, le travail nécessaire pour remor-

quer une tonne sur un kilomètre de parcours moyennement accidenté, est donc, en cheval-heure, à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure :

$$\frac{(33 + 6 + 10) \times 1000}{75 \times 3.600} = 0^{\text{ch}\cdot\text{h}},182 \text{ avec bandage rigide ;}$$

$$\frac{(25 + 4 + 10) \times 1000}{75 \times 3.600} = 0^{\text{ch}\cdot\text{h}},145 \text{ avec bandage pneumatique.}$$

La puissance nécessaire aux jantes est donc :

$$0,182 \text{ V} = 0,182 \times 10 = 1^{\text{ch}},82 \text{ avec bandage rigide ;}$$

$$0,145 \text{ V} = 0,145 \times 10 = 1^{\text{ch}},45 \text{ avec bandage pneumatique.}$$

Nous verrons que cela entraîne des moteurs capables de donner sur l'arbre de 3 ch. à 2,5 ch.

Il y a à tenir compte des effets de l'inertie surtout dans les démarrages. Il est indispensable de vérifier dans chaque cas que la puissance du moteur est suffisante pour que la mise en vitesse se fasse dans des conditions de temps acceptables.

Pour ce calcul, dans le cas du moteur à vapeur, on peut admettre que l'effort moteur est constant, car la machine peut facilement donner une puissance supérieure à la puissance moyenne pendant un temps court; l'effort, au contraire, est déterminé par la pression maxima et les dimensions du cylindre. Pour le moteur à pétrole, c'est la puissance qui est constante et l'effort moteur variable. La vitesse de régime ne peut être obtenue qu'au bout d'un temps assez long (théoriquement infini) avec ce dernier moteur, puisqu'on ne dispose pour produire l'accélération que d'une partie de la puissance de plus en plus petite, à mesure qu'on s'approche de la vitesse de régime.

CHAPITRE II

Moteurs.

Les trois principaux agents moteurs des automobiles sont, jusqu'à présent, les suivants :

- 1° La vapeur ;
- 2° L'essence de pétrole ;
- 3° L'électricité.

Quel que soit le moteur, la valeur élevée de l'effort de traction par tonne sur route impose l'obligation d'avoir un moteur léger et, par suite, un moteur à allure rapide. La puissance est, en effet, le produit du nombre de tours dans l'unité de temps par le travail en un tour. Elle est donc proportionnelle au nombre de tours, toutes choses égales d'ailleurs.

Pour que la vitesse du véhicule reste acceptable avec les dimensions nécessaires pour les roues, on est obligé de recourir à une transmission réduisant la vitesse de rotation dans la proportion de 1/4 à 1/16. Cette transmission a généralement un rendement voisin de 0,6. Le rendement organique de la machine

étant voisin de 0,80, la puissance recueillie aux jantes n'est que la moitié environ de la puissance indiquée avec les moteurs à vapeur et à pétrole. Avec les moteurs électriques on obtient un rendement total voisin de 0,60 entre les bornes du moteur et la jante.

§ 1. — *Moteurs à vapeur.*

Ces appareils comprennent deux parties :

- 1° L'appareil producteur de vapeur ;
- 2° La machine qui utilise cette vapeur.

APPAREIL PRODUCTEUR DE VAPEUR

L'obligation de ne pas produire de fumée a entraîné l'usage du coke. Il est indispensable de le prendre de première qualité, car il doit brûler dans des foyers étroits, difficiles à nettoyer et sous une grande épaisseur. Ces conditions entraînent aussi l'emploi du tirage forcé.

Ce combustible se prête au chargement automatique par descente dans une trémie centrale.

Toutefois la recherche d'un combustible d'une grande puissance spécifique conduit à lui substituer, dans un certain nombre de cas, les huiles de pétrole et de goudron. Le coke ne dégage, en effet, en brûlant, que 7.000 à 8.000 calories par kilogramme, tandis que l'huile de schiste en dégage 10.000, et les huiles lourdes de goudron jusqu'à 15.000. Au point de vue du prix ces combustibles peuvent soutenir la lutte. Le coke valant de 35 à 50 francs la tonne ; les mille calories, avec ce combustible, coûtent de $\frac{35}{7.500} = 0,0045$ à $\frac{50}{7.500} = 0,0067$

et l'huile minérale valant 80 à 100 francs la tonne, les 1.000 calories de ce combustible coûtent 0,0080 à 0,010, soit une augmentation de 77 à 49 0/0 sur le prix du coke. Mais cette augmentation est en partie compensée par une meilleure utilisation de la chaleur, la faculté de mettre les brûleurs en veilleuse pendant les arrêts, la propreté, la commodité d'emploi, qui permet de se contenter d'un seul homme pour la conduite du feu et de la machine, la facilité de réglage du feu et la diminution du poids d'approvisionnement à transporter.

Toutefois, les foyers à combustible liquide ont un inconvénient : ils exigent un brûleur auxiliaire pour les mettre en marche. Cette sujétion fait qu'ils ne permettent pas d'obtenir une mise en pression plus rapide que les foyers à coke.

La chaudière, pour être légère quoique puissante, doit renfermer peu d'eau, présenter une grande surface de chauffe et avoir une circulation active. Cette activité de circulation est aussi utile pour éviter les incrustations ; on ne peut pas toujours choisir son eau.

Dans toutes les voitures automobiles elle comprend des tubes en nombre plus ou moins grand dans lesquels circule l'eau. Elle est soit du type aquatubulaire proprement dit, à vapeur saturée ou légèrement surchauffée (chaudière de Dion, Tornycroft) ou à tubes pendants, genre Field (voiture Scottie) ou à vaporisation instantanée et à vapeur fortement surchauffée (chaudière Serpollet). Dans cette dernière la vapeur est portée à 300 ou 330° dont 110 à 140° de surchauffe.

MACHINE

Pour l'économie on la fait généralement compound au-dessus de 15 chevaux. Le moteur compound a d'ailleurs l'avantage de permettre de vigoureux coups de collier en pratiquant l'admission directe dans le grand cylindre. Au-dessous de 15 chevaux on recule généralement devant la complication du moteur compound.

On a cherché souvent à utiliser indéfiniment la même quantité d'eau pour la marche de la machine. Cela exige l'emploi de condenseurs de surface pour refroidir la vapeur, le graissage des cylindres à l'huile minérale (les huiles végétales donneraient sous l'influence de la chaleur de la vapeur à haute pression des acides qui attaqueraient la chaudière); enfin il faut décanter et filtrer l'eau pour empêcher le passage des huiles à la chaudière où elles pourraient occasionner des coups de feu.

Jusqu'à présent le moteur à cylindre a seul donné des résultats pratiques. Les moteurs rotatifs ont donné de bons rendements à l'état neuf, mais ce rendement s'est rapidement abaissé par suite des fuites dues à l'usure. Les turbines à vapeur n'ont pu non plus prendre sa place. La vitesse considérable qu'elles exigent pour donner un bon rendement (24.000 tours) entraîne l'emploi d'une démultiplication qui absorbe beaucoup de travail.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA VAPEUR

La principale qualité qui distingue le moteur à vapeur est sa souplesse. La puissance nominale correspond généralement à une admission assez réduite (celle-ci peut varier de 0,25 à 0,80). Si l'effort résistant vient à augmenter, on peut compenser cette augmentation par une admission plus forte. On peut également demander au générateur de produire davantage au moment d'un coup de collier. La plupart des générateurs actuels peuvent sans inconvénient pendant quelques moments donner le double de leur puissance normale.

Enfin on peut utiliser la contre-vapeur pour venir au secours des freins lorsqu'un arrêt rapide est nécessaire.

Généralement on interpose entre le moteur et les essieux un train d'engrenage permettant un changement de vitesse, afin d'accroître encore les limites dans lesquelles peut varier le travail produit par la machine pour une même distance parcourue sur la route. On a ainsi le moyen d'aborder des côtes qui seraient infranchissables si la démultiplication était fixe.

Les quelques chiffres suivants nous paraissent utiles pour se faire une idée précise de ces moteurs.

Le travail sur l'arbre n'atteint guère plus de 4 à 6 0/0 du travail équivalent à la chaleur disponible dans la combustion du charbon (1). Ce chiffre assez bas

(1) Ce rendement se décompose à peu près comme il suit :

Rendement de la combustion	0,8 (*)
Partie de la chaleur passée dans la vapeur	0,8 (**)
Rendement du cycle de Carnot (pour 14 kilogrammes de pression)	0,2
Rendement du cycle de la machine par rapport à celui de Carnot	0,5
Rendement organique de la machine.	0,8
Produit	<u>0,051</u>

Par rapport au rendement du cycle de Carnot, le rendement est donc 0,25.

(*) La perte provient de parties non brûlées, escarbilles, etc., oxydation incomplète.

(**) Le reste est perdu par la cheminée.

permet aux moteurs à pétrole, malgré leurs inconvénients, de lutter avec avantage contre les moteurs à vapeur.

La pression est généralement élevée, on améliore ainsi le rendement; elle atteint 10, 12, 15 et même 18 kilogrammes par mètre carré.

La vitesse du moteur varie généralement de 300 à 800 tours par minute.

En admettant 0,6 comme rendement des transmissions, on a :

		PAR CHEVAL	
		sur l'arbre du moteur.	à la jante des roues.
Poids du moteur.	{ avec vapeur saturée ou peu surchauffée avec vapeur très surchauffée	30 à 50 kg	50 à 85 kg
		50 à 60 kg	85 à 100 kg
Consommation (eau et coke). (5 ou 6 kg d'eau pour 1 kg de coke) (4 ou 5 kg d'eau pour 1 kg de coke)	{ Moteur genre Field . . . Aquatubulaire Moteur genre Serpollet. . .	20 kg	33 kg
		43 kg	22 kg
		8 kg	13 kg
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour une marche de H heures.	{ Moteur genre Field . . . Aquatubulaire Serpollet. { coke . . . pétrole . . .	50 + H. 20	85 + H. 33
		40 + H. 13	67 + H. 22
		55 + H. 8	92 + H. 13
		65 + H. 6,5	83 + H. 11

§ 2. — Moteurs à essence.

Au lieu d'utiliser la chaleur de combustion à transformer un corps en vapeur pour se servir ensuite de cette vapeur à produire un travail, on peut utiliser directement dans le cylindre et par suite avec moins de perte cette chaleur (moteur à air chaud et moteur à essence). La locomotion automobile n'a jusqu'à présent utilisé que ce second type de moteurs.

Ils comprennent comme parties essentielles :

Un carburateur, un cylindre où se produit l'explosion, un système d'allumage, une distribution, un système de refroidissement, un appareil de mise en marche et un volant.

Les carburateurs sont de divers systèmes, soit par barbotage, soit par léchage, soit par pulvérisation. L'essence de pétrole, d'une densité variant entre 0,69 et 0,74 à 15° (bouillant entre 70° et 120°), est mélangée à l'air chauffé qu'elle sature dans la proportion de 1 partie d'essence pour 8 à 10 d'air. On n'a pas encore utilisé le pétrole lampant comme dans les moteurs fixes à cause de la complication qu'entraîne l'obligation de le chauffer.

L'air saturé mélangé de 8 ou 10 fois son volume d'air froid est aspiré dans le cylindre, où, après compression, il doit produire l'explosion.

Celle-ci est provoquée soit par des tubes incandescents, soit par étincelle électrique. On reproche aux tubes de ne pas toujours produire l'explosion au

moment voulu; ils contiennent en effet des gaz inertes provenant des explosions précédentes qui retardent l'inflammation. Aussi l'étincelle électrique a-t-elle aujourd'hui la préférence. Elle peut provoquer l'inflammation même avant compression totale, donnant ainsi une avance à l'explosion.

L'étincelle est produite soit par courant d'induction entre deux points fixes, soit mieux par extra-courant de rupture. Ce dernier système a l'avantage de donner moins de ratés.

La source électrique est soit une pile, soit un accumulateur, soit une dynamo. Cette dernière source ne peut être utilisée, bien entendu, que pendant la marche; il en faut une autre pour le départ.

La distribution est faite par cames montées sur l'arbre du moteur qui ouvrent et ferment les soupapes d'admission et d'évacuation. Elles déterminent aussi l'allumage.

Pour empêcher le moteur de dépasser la vitesse pour laquelle il a été construit, un régulateur à force centrifuge empêche l'évacuation des gaz brûlés et fait manquer par suite une ou plusieurs explosions.

Le refroidissement est obtenu dans les petits moteurs uniquement par des ailettes (1 à 2 chevaux), pour les moteurs plus puissants par une circulation d'eau augmentant beaucoup la surface radiante ou par la vaporisation de l'eau autour du cylindre.

Le moteur à pétrole étant généralement à quatre temps, parmi lesquels le temps utile n'occupe que le 3^e rang, il est indispensable de pouvoir le débrayer et que le conducteur le lance au moyen d'une manivelle ou de pédales.

Le volant est un organe indispensable du moteur à essence. Il faut, en effet, que le moteur puisse produire le travail de compression de l'air dans les cylindres sans être lié à la voiture, soit au départ, soit pendant les débrayages momentanés. En outre, le volant est utile pour atténuer l'effet des explosions.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

On a reproché souvent à ce moteur les trépidations désagréables qu'il donne pendant les arrêts. On a diminué cet inconvénient au moyen de masses additionnelles placées sur les volants; mais cette solution ne peut être absolument complète. On a obtenu un résultat plus complet; mais au prix d'une certaine complication au moyen de pistons égaux conjugués de manière à se déplacer toujours en sens contraire et à vitesses égales.

Un inconvénient beaucoup plus grave est que le moteur à essence est essentiellement *un moteur à puissance et à vitesse constante*. Il fonctionne en effet habituellement à admission fixe, avec un mélange de composition fixe. Le travail produit par coup de piston est donc fixe. Pour augmenter la puissance, il faudrait le faire tourner plus vite; mais cette vitesse ne peut pas dépasser un certain maximum sans danger pour le moteur, aussi sont-ils tous munis d'un régulateur à force centrifuge. La puissance maxima est ainsi déterminée. On ne peut agir en général sur la puissance que par suppression d'explosions et par suite par diminution.

Quand une voiture est en marche, il faut, sous peine de risquer de la voir s'arrêter, que la liaison du moteur avec les roues motrices soit telle que le moteur marchant à pleine vitesse produise une puissance au moins égale au travail consommé par la marche correspondante de la voiture. On utilise à cet effet, parmi les jeux d'engrenages appelés *changements de vitesse*, qui peuvent être interposés entre le moteur et les roues, celui qui donne une puissance résistante immédiatement inférieure à la puissance motrice.

Mais comme ces jeux d'engrenages sont généralement en nombre très limité, trois ou quatre, on n'arrive en général qu'à une puissance résistante notablement inférieure à la puissance motrice; en moyenne la différence est la moitié de la différence de puissance correspondant à l'emploi de deux trains successifs. Le moteur s'emballerait si le régulateur ne supprimait de temps en temps une explosion. Normalement on n'utilise donc qu'une partie de la puissance motrice disponible.

Jusqu'à présent le seul moyen pour augmenter la puissance a consisté à avoir des cylindres supplémentaires qu'on n'utilise pas en permanence. Cela revient toujours à n'utiliser qu'une partie de la puissance totale de la machine; mais le rendement est meilleur qu'avec un seul cylindre, dans lequel les explosions seraient trop espacées. Cette dernière solution donnerait en effet beaucoup d'importance à l'effet des parois.

Il reste donc encore beaucoup à faire pour amener le moteur à essence à la souplesse désirable. Peut-être y aurait-il quelque chose à tenter avec les moteurs à combustion. Dans ceux-ci la pression est créée non plus par une explosion mais par la combustion du pétrole, soit continue dans un volume d'air dont elle élève la pression et qu'on utilise ensuite comme un gaz comprimé (Moteur Duryea); soit intermittente en l'introduisant à dose convenable dans le cylindre au sein d'une masse d'air suffisamment comprimée pour que l'inflammation s'y produise spontanément (Moteur Diesel). Ce dernier moteur ayant donné des rendements exceptionnels tant à pleine charge qu'à charge réduite dans les installations fixes (1) grâce à la compression élevée et à la suppression des chocs violents de l'explosion; on peut espérer le voir donner de bons résultats en automobilisme. Toutefois, l'obligation d'avoir un réservoir d'air comprimé, pour la mise en train entraîne une augmentation de poids et une complication.

DONNÉES NUMÉRIQUES RELATIVES AUX MOTEURS A PÉTROLE

La vitesse est très variable suivant les types. On en a fait pour motocycles atteignant 1.500 et jusqu'à 2.000 tours. Ceux des voitures font en général de 400 à 800 tours.

Nous donnons ci-après les chiffres relatifs aux poids et consommations courantes par cheval sur l'arbre moteur, et par cheval aux jantes des roues motrices, en admettant un rendement de 0,6 dans la transmission.

(1) D'après des expériences faites en Allemagne par une commission d'ingénieurs français, il aurait donné (avec le pétrole lampant ordinaire de densité 0,791 à 25°) un travail effectif variant de 0,21 à 0,25 du travail équivalent aux calories dépensées. Celles-ci étaient évaluées d'après la puissance calorifique du pétrole dépensé, qui avait été trouvée de 10.200 calories par kilogramme.

	PAR CHEVAL	
	Sur l'arbre du moteur.	Aux jantes des roues motrices.
Poids (non compris l'eau de refroidissement)	20 à 30 ^{kg}	33 à 50 ^{kg}
Poids (eau de refroidissement comprise).	40 ^{kg} en moyenne	67 ^{kg}
Consommation en poids.	0 ^{kg} ,45 à 0 ^{kg} ,50	0 ^{kg} ,75 à 0 ^{kg} ,83
— en volume.	0 ^l ,64 à 0 ^l ,70	1 ^l ,1 à 1 ^l ,2
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour une marche de H heures.	40 ^{kg} + H × 0 ^{kg} ,3	67 ^{kg} + H × 0 ^{kg} ,83

§ 3. — Voitures électriques.

Jusqu'ici l'électricité qui leur est nécessaire est fournie par des accumulateurs.

Le trolley ne se prête, en effet, qu'à un service suivant un itinéraire déterminé. Il peut avoir son emploi pour des transports réguliers, suivant un itinéraire constant; mais il nécessite des frais d'installation élevés et par suite suppose un trafic assez intense. Dans ce cas, le rail s'impose la plupart du temps. La pile électrique, jusqu'à présent, ne donne l'énergie électrique qu'à un prix environ vingt fois supérieur à ce qu'elle coûte par accumulateurs. Ce prix élevé est en général prohibitif.

L'emploi de l'accumulateur n'est pas sans inconvénient.

1° Il faut des usines de charges assez rapprochées. Les fiacres du concours de 1898 ne pouvaient guère parcourir plus de cent kilomètres sans être rechargés; et même il semble que, pour avoir un bon service, il ne faille pas compter sur plus de 60 kilomètres.

2° Pour ne pas détériorer les accumulateurs, il faut que la charge soit faite avec précaution. On ne doit employer une différence de potentiel trop élevée si l'on veut que les accumulateurs aient quelque durée (2,5 volts par élément, ce qui correspond à un débit initial de 1,3 ampères par décimètre carré). Le temps nécessaire pour la charge des batteries est supérieur au temps de leur fonctionnement (sept heures environ pour des voitures organisées pour marcher cinq heures).

3° Le poids des accumulateurs est considérable. Au concours de 1898 il atteignait environ 30 0/0 du poids des véhicules.

4° La surveillance et l'entretien des accumulateurs sont onéreux.

5° Les batteries se détériorent assez rapidement par suite de l'intensité du courant dans les coups de collier.

Nous allons examiner successivement les différentes parties de ces voitures.

1° Les accumulateurs;

2° Les moteurs;

3° La régulation de vitesse;

4° Enfin donner quelques indications sur le prix de revient de la traction des automobiles électriques.

I. — ACCUMULATEURS.

Les accumulateurs pour voitures, augmentant jusqu'ici considérablement le poids du véhicule, les progrès doivent tendre à augmenter :

La puissance spécifique (watts par kilogramme de poids total) ;

L'énergie spécifique (watt-heure par kilogramme de poids total).

On peut considérer les accumulateurs Fulmen, les seuls qui aient été employés par les concurrents du concours des fiacres automobiles, comme donnant la limite du progrès obtenu à ce point de vue.

Pour avoir des accumulateurs de grande puissance spécifique, il fallait des accumulateurs à oxyde rapporté. Dans ce type l'action pénètre plus profondément que dans le type Planté, et, par suite, la proportion de la matière active par rapport au poids total peut être plus grande.

Pour avoir une énergie spécifique grande, il fallait augmenter la surface le plus possible, c'est ce qui a été fait en réduisant à 4 millimètres l'épaisseur des plaques.

Ces accumulateurs ont les inconvénients des accumulateurs à oxyde rapporté, une décharge trop rapide non seulement, comme dans les accumulateurs du type Planté, donne un mauvais rendement, mais de plus détériore les pastilles d'oxyde de la plaque positive. Il faut donc une densité de courant assez faible, un ampère environ par décimètre carré de plaque positive ; la décharge peut ainsi se faire en cinq heures.

Les rendements de ces accumulateurs sont les suivants, d'après M. Hospitalier (*l'Industrie électrique*, 10 juillet 1898), en chiffres ronds :

Au régime de décharge par décimètre carré de :	0,5 ampère.	1 ampère.	2 ampères.
Puissance utile spécifique (en watts par kilogramme du poids total)	2,5	5	10
Énergie utile spécifique correspondant à cette puissance (en watts-heure par kilogramme du poids total), ou inversement	30	25	20
Poids spécifique total en kilogrammes par kilowatt utile.	400	200	100
Poids spécifique total en kilogrammes par kilowatt-heure	33	40	50

Il semble qu'on puisse admettre les chiffres suivants pour les automobiles bien que la décharge n'y soit pas continue, mais variable. L'agitation de la marche semble, en effet, favoriser la diffusion du liquide et améliorer ainsi le rendement.

Puissance spécifique	{	par kilogramme d'éléments. 5,1 watts.
	{	par tonne d'éléments. . . . 6,93 chev.-vap ^r
(on peut dépasser quatre fois ces chiffres dans les démarrages et fortes rampes)		
ou Poids total d'accumulateur	{	par kilowatt aux bornes. . . 196 kg
	{	par cheval aux bornes . . . 144 kg
Énergie spécifique	{	par kilogramme d'éléments. 25 watts-heure.
	{	par tonne d'éléments. . . . 34 chev.-heure.
ou Poids total d'accumulateur	{	par kilowatt-heure aux bornes . . 40 kg
	{	par cheval-vapeur aux bornes. . . 29,4 kg

L'accumulateur correspondant à ce poids est renfermé dans une caisse en celluloïd, qui présente l'inconvénient d'être facilement inflammable. La substitution de l'ébonite qui a été faite par le constructeur augmente le poids.

Il y aurait lieu de rechercher une substance légère et résistante à substituer de manière à ne pas augmenter le poids et éviter les combustions qui se sont produites lors de courts circuits.

Nous ne pouvons donner de renseignements relatifs à la durée des éléments. C'est un côté de la question qui mérite une étude que l'Automobile-Club a entreprise.

Les accumulateurs pour automobiles doivent être amovibles pour permettre :

1° Leur visite et leur entretien ;

2° Leur remplacement, afin de ne pas immobiliser la voiture pendant la durée de la charge.

II. — MOTEURS.

Les moteurs employés pour les automobiles doivent être aussi légers que possible, sans être trop rapides, afin de ne pas nécessiter des engrenages trop compliqués.

Ces conditions conduisent à l'emploi des types multipolaires (les machines de voiture sont le plus souvent à quatre pôles).

La chaîne n'est pas toujours employée comme intermédiaire (voitures Krieger, Jeantaud, etc.).

On peut, avec le moteur électrique, grâce à sa très grande souplesse, supprimer les changements de vitesse.

On peut admettre les chiffres suivants pour ces moteurs :

Rendement des moteurs en service courant.	0,8	} 0,6
Rendement des transmissions	0,75	
Rendement de la décharge des accumulateurs par rapport à la charge.	0,75	

On ne dispose donc à la jante des roues que de 0,45 de l'énergie fournie par l'usine.

	PAR CHEVAL	
	Sur l'arbre du moteur.	à la jante des roues.
Poids des moteurs.	50 kg	66 kg
Poids d'accumulateurs pour une marche de une heure. . .	$\frac{29,4}{0,8} = 37$ kg	49 kg
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour une marche de 4 heures . . .	50 + H. 37	66 + H. 49

III. — RÉGULATION DE LA VITESSE.

La différence de potentiel aux balais d'une machine est égale, en négligeant le courant intérieur toujours faible, quand le régime permanent est établi, à la force électromotrice induite.

$$\text{On a donc : } n N \Phi = U \text{ ou } n = \frac{U}{N\Phi}.$$

U, différence de potentiel aux balais;
 n, nombre de révolutions par seconde;
 N, nombre de tours de fil de l'induit;
 Φ, flux admis dans l'armature.

La vitesse est donc proportionnelle à la différence de potentiel et inversement proportionnelle au nombre des tours de fil et au flux.

On peut la régler en agissant sur l'une de ces trois quantités.

Le potentiel aux pôles de la batterie étant sensiblement constant, on le fait varier généralement en divisant cette batterie en deux groupes, qu'on peut disposer soit en quantité, soit en tension. Ce procédé était employé par tous les lauréats du concours des fiacres en 1898. Le couplage en quantité n'est pas sans inconvénient, on lui reproche de permettre une décharge inégale des deux groupes d'accumulateurs, d'où mauvais rendement et détérioration.

Aussi certains constructeurs couplent-ils invariablement les accumulateurs en tension, recourant à d'autres procédés pour faire varier la vitesse.

On peut encore modifier le potentiel aux bornes en intercalant un rhéostat dans le circuit; mais ce procédé a l'inconvénient de consommer de l'énergie en pure perte. Aussi n'est-il employé le plus souvent que pour réduire le courant au moment du démarrage.

Quand on dispose de deux moteurs, un excellent moyen de régulation est le montage de ces moteurs tantôt en série, tantôt en parallèle. Il est facile de voir que si la vitesse de régime est n lorsqu'ils seront montés en parallèle, elle sera sensiblement $\frac{n}{2}$ lorsqu'ils seront montés en série, si la résistance au mouvement est la même par tour de roue. En effet, les résistances étant sensiblement les mêmes et la différence totale de potentiel dans le circuit restant la même si la vitesse est moitié, le courant sera le même. Le travail moteur par tour de roue est le même.

On peut encore agir sur le nombre des tours de l'induit, N, en formant celui-ci de deux parties, par exemple, qu'on met en circuit pour les petites vitesses. On n'en maintient qu'une en circuit pour les grandes. On a même été plus loin dans la voiture Bouquet, Garcin et Schivre. Elle comporte deux bobines induites inégaux. La force électromotrice induite développée par l'un d'eux est représentée par 5 et celle développée par l'autre est représentée par 3. Au moment du démarrage ils sont couplés en tension, on place ensuite l'enroule-

ment 5 seul en circuit, puis l'enroulement 3. Enfin, pour les très grandes vitesses on les oppose l'un à l'autre de manière à n'avoir que la différence.

On peut enfin agir sur l'excitation Φ . Beaucoup de moteurs portent deux enroulements inducteurs, l'un en série, l'autre en shunt. On peut les mettre successivement hors circuit. Quelques-uns ont deux pôles montés en gros fil et deux autres en fil fin.

En général on se contente de réunir l'emploi de deux des moyens de régulation ci-dessus de manière à avoir quatre vitesses.

Le combinateur permet donc quatre combinaisons plus l'arrêt et souvent la marche en arrière, soit, en tout, six positions.

SPÉCIALISATION DES MOTEURS

Actuellement les voitures électriques ne peuvent faire plus d'une soixantaine de kilomètres sans se recharger. D'autre part, avec les accumulateurs actuels la charge demande un temps supérieur à la décharge si l'on ne veut pas détériorer les accumulateurs en un temps très court. Il faut donc, si les accumulateurs ne sont pas amovibles et interchangeables, une longue immobilisation de l'automobile après chaque parcours.

On trouve encore difficilement des usines électriques assez rapprochées pour faire du tourisme hors des villes; surtout l'on ne trouve pas à échanger ses accumulateurs. La voiture électrique est donc actuellement condamnée à ne pas circuler dans un rayon de plus de trente kilomètres autour de son usine d'attache. Elle est réduite au service des fiacres dans lesquels le poids transporté est très peu de chose par rapport à celui des accumulateurs et des livraisons pour magasins (service qui, ne s'étendant pas à une grande distance, peut être fait avec un poids relativement faible d'accumulateurs). Sans cette difficulté d'une part, l'énergie électrique pouvant être aujourd'hui produite en grand dans les usines à un prix sensiblement égal à la dépense de charbon nécessaire pour produire la même énergie dans le cylindre des machines à vapeur d'automobiles (machines à rendement médiocre); d'autre part, le rendement du transport de l'énergie de l'une ou l'autre source à la jante des roues étant peu différent, les automobiles électriques pourraient avantageusement lutter contre tous les autres.

Le tourisme et les services de transport dans un rayon de quelque étendue relèvent donc du pétrole ou de la vapeur.

Le pétrole a pour lui la propreté, la plus grande puissance spécifique (il permet donc d'aller plus loin avec un même poids d'approvisionnements et par suite rend les ravitaillements bien moins fréquents), mais il est cher (1). Il paraît donc plutôt le moteur du tourisme que celui d'une exploitation où l'économie joue un rôle prépondérant.

(1) Le moteur à vapeur consomme environ 2 kilogrammes de coke par cheval et par heure, soit $2 \times 0 \text{ fr. } 033 = 0 \text{ fr. } 07$; le moteur à essence dépense 0^e 64 à 0 fr. 30 soit 0 fr. 19, soit plus du double.

CHAPITRE III

§ 1. — *Liaison entre les moteurs et les roues motrices.*

Nous avons vu que, pour diminuer le poids et l'encombrement, on devait recourir à des moteurs à grande vitesse et que, pour arriver à des vitesses acceptables, il était nécessaire de recourir à une démultiplication. Avec la vapeur il est utile de disposer d'un changement de vitesse de façon à pouvoir franchir les côtes longues. En conservant au moteur une puissance et une vitesse constantes, on peut produire par mètre de chemin parcouru par la voiture plus de travail si la vitesse de celle-ci est moindre. Ces changements de vitesse sont encore plus indispensables avec le pétrole; on en emploie en général alors quatre.

La chaîne est très employée dans la transmission à cause de sa souplesse, qui permet le mouvement des roues sous le châssis. Les courroies, qui ont l'avantage d'être silencieuses et douces, pour transmettre des efforts suffisants sont souvent trop encombrantes.

Pour obtenir la rotation inégale des deux roues motrices dans les courbes, on a recours presque exclusivement au différentiel de Pecqueur.

L'effort ne doit pas être transmis pour les voitures lourdes au moyeu de la roue motrice afin de ne pas la désorganiser. Le plus souvent le dernier pignon est rattaché aux rayons de cette roue; parfois même des bras métalliques vont attaquer directement la jante.

L'essieu moteur doit-il être à l'avant ou à l'arrière?

Il est le plus souvent à l'arrière, on reproche à cette disposition de favoriser les tête à queue dans les véhicules rapides lorsque la chaussée est grasse. Toutefois un accident de ce genre est arrivé à une automobile à avant-train moteur au cours du concours de 1898.

§ 2. — *Direction des voitures.*

Dans les voitures remorquées par les chevaux, l'essieu d'avant peut tourner autour d'un axe vertical passant par son milieu et par suite faire des angles variables avec l'essieu d'arrière. Quand les deux essieux sont parallèles, la voiture décrit une ligne droite; dans tous les autres cas, elle décrit une courbe dont le rayon dépend de la distance à laquelle les projections horizontales des essieux se rencontrent.

Cette disposition est utilisée pour la direction des fiacres électriques de Paris. Comme la longueur de l'essieu est grande relativement à la manivelle de direction que le conducteur peut avoir dans la main, la résistance au mouvement des roues très variable suivant les obstacles rencontrés, il est indispensable d'interposer entre cette manivelle et l'essieu un système d'engrenage, 1^o compensant par une grande démultiplication la différence des leviers, 2^o non réversible tel qu'une vis sans fin à pas court.

Ce système a l'avantage de permettre de tourner avec des rayons très courts,

si les roues d'avant sont assez petites pour passer sous la caisse de la voiture ; mais en revanche le polygone de sustentation se rétrécit quand la voiture décrit une courbe et cela précisément au moment où les forces d'inertie qui viennent s'ajouter à la pesanteur donnent une résultante plus oblique. La voiture est donc plus exposée à verser que si le polygone de sustentation conservait une forme fixe.

Aussi a-t-on cherché à conserver une forme invariable à ce polygone au moyen de la direction par essieu brisé. Dans ce système la partie médiane de l'essieu directeur est fixe ; les roues sont portées par de courtes portions d'essieu pouvant tourner autour d'un axe vertical ou, pour exiger moins d'effort, d'un axe passant par le point de contact de la roue avec le sol (cabs de New-York) ; généralement les roues peuvent tourner ainsi de 33°. L'articulation était toujours réalisée autrefois par une fourche maintenant les deux extrémités de l'axe vertical ; aujourd'hui, dans les voitures légères, l'une des parties de l'essieu porte un cylindre creux dans lequel se loge, à frottement doux, un cylindre plein porté par l'autre partie.

Pour que le mouvement en courbe puisse s'opérer sans patinage il faut que les projections horizontales des axes de rotation des roues convergent en un même point, projection de l'axe instantané de rotation du mouvement de la voiture. Jusqu'à présent on n'a jamais rempli rigoureusement cette condition pour toutes les positions des roues directrices ; on se contente de la réaliser par une position oblique de ces roues en les réunissant par une sorte de trapèze articulé ou des combinaisons plus ou moins compliquées de bielles, de secteurs et parfois de chaînes qui solidarisent leurs axes.

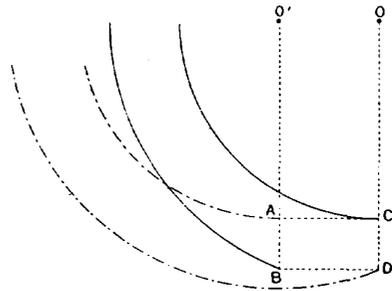
Sauf dans les motocycles et voitures, où la commande peut être faite directement par guidon, généralement l'une des roues est commandée par la manivelle dont dispose le conducteur, en passant par l'intermédiaire 1° d'une vis sans fin non réversible qui met sa main à l'abri des chocs dus aux inégalités de la chaussée, 2° de renvois et d'engrenages plus ou moins compliqués (les engrenages sont indispensables dans les véhicules lourds).

Ces différentes transmissions doivent, dans tous les cas, être étudiées de manière que les oscillations de la caisse par rapport aux essieux ne modifient pas la direction.

La direction peut être donnée soit par l'essieu d'avant soit par l'essieu d'arrière (comme dans un certain nombre de cabs électriques de New-York, dans l'omnibus Weidknecht).

L'épure ci-dessus, dans laquelle A, B, représentent les roues avant de la voiture, C, D, les roues arrière, montre que pour un même angle de braquage la voiture tourne en moins de chemin et évite par conséquent plus facilement un obstacle placé sur sa route avec les roues directrices à l'avant qu'à l'arrière.

On voit immédiatement qu'avec la direction arrière il n'est pas possible à



Les traits pleins limitent la piste de la voiture, l'essieu avant étant directeur. Le centre de rotation est en O.

Les traits — — — limitent la piste de la voiture, l'essieu arrière étant directeur. Le centre de rotation est en O'.

une voiture rangée le long d'un trottoir de le quitter sans reculer. Soit BD le bord du trottoir, la roue D devrait le franchir si l'on marchait en avant.

La voiture dirigée par l'arrière est moins stable qu'avec la direction par l'avant. Il faut, en effet, pour éviter le même obstacle, tourner avec un rayon beaucoup plus court dans le premier cas, ce qui donne avec la même vitesse une force centrifuge plus grande.

Avec la direction par essieu brisé il n'y a pas de motif pour que les roues directrices soient plus petites ou plus rapprochées que les autres. Il serait logique d'adopter uniformément 1^m,44 d'écart pour permette aux voitures d'utiliser les rails de tramways.

CHAPITRE IV

Prix des véhicules. — Poids de leurs différentes parties.

Les véhicules légers : fiacres, voitures de luxe, se vendent de 20 à 30 francs le kilogramme.

Les automobiles pour transport public coûtent de 4 à 8 francs le kilogramme.

Quant au prix de revient journalier nous l'indiquerons dans la partie suivante.

Le tableau ci-dessous donne la répartition moyenne du poids total des véhicules à voyageurs entre leurs différentes parties.

NATURE DU MOTEUR	CARROSSERIE	MÉCANISME	APPROVISIONNEMENT	POIDS	
				UTILE	TOTAL
Vapeur	0,5	0,15	0,08	0,27	1,00
Essence.	0,5	0,12	0,015	0,365	1,00
Électricité (fiacres).	0,5	0,09	0,3	0,11	1,00

Dans le cas de véhicules destinés au transport des marchandises, le poids de la carrosserie diminue d'au moins 0,1 qui se trouve reporté sur le poids utile.

D'une façon générale la carrosserie constitue le poids le plus important. Il serait à désirer qu'on pût le diminuer.

AVENIR DE L'AUTOMOBILISME. — RÉFORMES LÉGALES A SOUHAITER

Nous allons seulement examiner la situation actuelle de l'automobilisme et indiquer dans quelle limite, à notre avis cette industrie devrait chercher un débouché dans les transports publics.

§ I. — Situation actuelle et à venir.

Le véhicule automobile est encore aujourd'hui le plus souvent un objet de luxe ; son prix élevé ne permet pas à tous de l'utiliser.

Le médecin de campagne, le voyageur de commerce commencent à l'employer.

Il commence aussi à remplir utilement le rôle de voiture de livraison.

Les fiacres électriques se multiplient. Leur généralisation est liée aux progrès des accumulateurs, dont le poids est encore excessif. En accumulateurs l'énergie d'un cheval-heure exige un poids de 37 kilogrammes, alors que pour les moteurs à vapeur à grosse consommation il suffit, pour cette même énergie, de 20 kilogrammes d'approvisionnement.

Il est difficile de savoir quel est le prix de revient journalier d'un semblable véhicule en France eu égard à la date récente de sa mise en service ; en Angleterre, d'après les renseignements qui ont été fournis, ce prix serait de 18 francs environ (1) pour un parcours moyen de 100 kilomètres par jour. Il serait donc inférieur au prix de revient d'un fiacre calculé d'après les résultats du concours de l'Automobile-Club.

L'automobile n'a pas encore détrôné le cheval pour le camionnage, l'omnibus. L'automobile doit, sauf quelques cas exceptionnels (pays sans routes entretenues), prendre la place du cheval. Elle ne peut songer à détrôner la voie ferrée ; sur celle-ci l'effort de traction est six fois moindre, d'où l'économie de transport ; la direction automatique, d'où la sécurité aux grandes vitesses. Il faut que l'automobile arrive à pouvoir concurrencer le camionnage à traction de chevaux, les voitures publiques et à remplacer les tramways partout où le trafic de la région à desservir est peu important, et où les frais de premier établissement d'une voie ferrée seraient hors de proportion avec ce trafic. Les expériences faites tant en France qu'en Angleterre sont remplies de promesses pour l'avenir. Cependant, il y a encore beaucoup à faire tant au point de vue du moteur, que du châssis et des roues.

Dans l'état actuel pour le transport des marchandises les conditions sont favorables. La vitesse commerciale de marche est de 7 à 8 kilomètres à l'heure. Le rendement utile varie de 30 à 50 0/0 du poids total, pour un parcours de 50 kilomètres environ.

Le problème, en ce qui concerne le camionnage, le transport des marchandises, est donc bien près d'être résolu. C'est d'ailleurs ce qui ressort du concours des poids lourds de Liverpool en 1898 et des concours de l'Automobile-Club, où on a bien établi que le camionnage était pratique avec des voitures automobiles.

En ne portant que les 2/3 de la charge utile on arrive à 0 fr. 30 par tonne kilométrique. L'expérience de MM. Fox frères est également convaincante. Cette

(1) Ce prix se décompose ainsi :

Administration, taxe et impôts	4,20	}	Ces chiffres nous ont été donnés par M. Bersey.
Entretien du matériel pneumatique et accumulateurs	4,00		
Personnel	6,00	}	Ces chiffres sont incertains, ils se rapprochent de ceux fournis dans le rapport des concours de fiacres en 1898.
Loyer des dépôts	0,50		
Fourniture du courant 24 kilowatts-heure à 0 fr. 10 c.	2,40		
TOTAL	<u>17,10</u>		

expérience, poursuivie pendant près de neuf mois par des industriels avant tout soucieux de leurs intérêts, a prouvé qu'un service assuré de cette manière pouvait, en prenant l'huile minérale comme combustible, procurer une économie de 90 livres sur les chevaux, économie qui ne serait pas inférieure à 140 livres, si on lui substituait du charbon.

Malheureusement, aussi bien en France qu'en Angleterre, les roues tombent rapidement hors d'usage. Les bandages métalliques sont martelés et leur assemblage avec la jante désorganisés. Il en résulte des frais d'entretien et de réparation très importants. C'est donc un point sur lequel doivent porter l'effort et l'attention des constructeurs.

TRANSPORT DES VOYAGEURS

En ce qui concerne le transport des voyageurs la situation est moins bonne. Il paraît difficile encore, sauf aux abords des très grandes villes et dans des cas exceptionnels, que les transports automobiles couvrent leurs frais. Il faudra donc recourir en général à une subvention.

La législation est la suivante :

La loi de finances du 13 avril 1898 a prévu l'établissement de services réguliers de voitures automobiles destinées au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, et qui pourraient être subventionnés par les départements ou les communes intéressées et par l'État. L'engagement de ce dernier est subordonné aux limites déterminées par l'article 14 de la loi du 11 juin 1880 (400.000 francs), pour l'ensemble des lignes situées dans un même département.

Mais les subventions de l'État ne peut être accordées qu'à des entreprises justifiant de moyens d'action suffisants pour transporter chaque jour, sur toute la longueur desservie au moins 10 tonnes de marchandises à une vitesse moyenne de 6 kilomètres et 60 voyageurs avec 2 tonnes de bagages et messageries à une vitesse moyenne de 12 kilomètres.

La subvention de l'État calculée d'après le parcours annuel des véhicules et leur capacité en marchandises, voyageurs, bagages et messageries, est limitée à 250 francs par kilomètre de longueur de voies publiques desservies quotidiennement; elle ne peut être supérieure à la moitié de la subvention totale allouée par les départements ou les communes, avec ou sans le concours des intéressés.

Elle peut cependant atteindre 300 francs par kilomètre et les trois cinquièmes de la subvention totale dans les départements où la valeur du centime est comprise entre 20.000 et 30.000 francs, elle peut atteindre même 350 francs et les deux tiers de la subvention totale dans les départements où la valeur du centime est inférieure à 20.000 francs.

Le contrat qui alloue la subvention est approuvé, sur le rapport du ministre des Travaux Publics, par un décret délibéré en Conseil d'État qui fixe le montant maximum du concours annuel de l'État.

Cette législation a déjà été appliquée dans certains départements notamment dans celui de la Meuse; le concours de l'État a été fixé, par le décret du 27 septembre 1898, à 5.700 francs au maximum, c'est-à-dire à 300 francs par kilomètre.

Là la subvention que l'entrepreneur doit recevoir tant de l'État que des communes et des particuliers est calculée à raison de un centime par place offerte aux voyageurs (tant à l'intérieur que sur la plate-forme) et par kilomètre parcouru, et de sept centimes et demi par tonne kilométrique de marchandises.

On peut se demander dans quel cas on devra préférer l'automobile, dans quel cas on devra préférer le tramway.

Une indication très utile est donnée à ce point de vue par la subvention nécessaire à faire vivre l'un ou l'autre. Lorsque l'automobile coûtera plus cher au département en général, celui-ci devra lui préférer le tramway. Nous avons eu occasion de faire ce calcul en détail à propos d'une demande en concession.

Nous avons trouvé que, pour une recette kilométrique annuelle de 1.500 francs, dans les conditions ordinaires, la subvention départementale annuelle nécessaire pour couvrir les dépenses de l'un ou l'autre mode de transport était la même. Les dépenses d'exploitation par train-kilomètre sont, en effet, sensiblement les mêmes pour un tramway ou un automobile sur route ; les charges de capital sont moindres pour la voiture automobile, qui représente moins de frais de premier établissement pour un faible trafic, mais la recette par train est aussi bien moindre, la capacité étant très inférieure.

Le capital engagé en atelier et installations fixes étant faible, on pourra, quand le trafic se sera développé suffisamment, transporter ailleurs les voitures automobiles et leur substituer le tramway.

Les diligences automobiles ont aussi leur place tout indiquée dans les zones frontières, où l'autorité militaire ne permet pas l'établissement de tramways dans certaines directions pour des raisons stratégiques.

Avant de clore ce rapport, nous croyons devoir appeler l'attention sur un danger qui, à notre avis, menace les transports publics par automobiles.

Le régime actuel, tel qu'il est défini par le décret du 10 mars 1899, est assez libéral ; l'arrêté ministériel du 20 avril 1866, relatif à l'emploi des locomotives sur les routes autres que les chemins de fer, est rapporté. Il ne reste donc aucune espèce de restriction en ce qui concerne le poids supporté par chaque essieu et la largeur des bandages.

Mais les ouvrages qui existent sur les routes, notamment les ponts métalliques des chemins vicinaux, ne sont pas construits en vue de supporter des voitures à deux essieux pesant en tout plus de huit tonnes, et encore de semblables voitures sont-elles supposées précédées de longues files de chevaux formant une charge faible. Des automobiles lourds, remorquant des véhicules chargés, pourraient donc produire des accidents. D'autre part, il résulte d'expériences anciennes que les essieux chargés de plus de 4.000 kilogrammes entraînent la dégradation rapide des routes. Il semble donc que, sous peine de dangers graves, d'augmentation considérable des frais d'entretien des chemins, on ne devrait pas dépasser huit tonnes pour les automobiles en charge. On pourrait également fixer le poids des véhicules remorqués de manière à ne pas mettre les ouvrages existants en péril.

Nous avons vu dans l'historique qui figure au commencement de ce rapport, à quelles réactions on s'expose quand des accidents viennent donner raison aux adversaires d'un régime de liberté trop étendue. Nous pensons donc qu'il y aurait intérêt à provoquer dès maintenant une réglementation générale des

poids à admettre pour les automobiles et pour les voitures remorquées. En outre de cette façon une simple vérification par le service des mines pourrait entraîner la délivrance d'une autorisation de circuler valable pour toute la France.

En Angleterre on a limité à trois tonnes le poids des automobiles à vide, et à quatre tonnes à vide celui d'un tracteur et de la voiture remorquée. Cette limitation semble excessive. Les juges du concours de Liverpool en ont fait, avec raison, l'observation.

Avant de donner la parole aux différents auteurs des communications, M. LE PRÉSIDENT se fait l'interprète des 3^e et 4^e Sections en remerciant MM. Cuénot et Mesnager de l'œuvre qu'ils ont accomplie et qui constitue la première étude théorique complète de la question de l'automobilisme.